

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LILIANNE DOS SANTOS MAIA BRUZ

BIODIVERSIDADE DE MINHOCAS E INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO
EM SISTEMAS INTEGRADOS E CONVENCIONAIS DE PRODUÇÃO

CURITIBA

2021

LILIANNE DOS SANTOS MAIA BRUZ

BIODIVERSIDADE DE MINHOCAS E INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO
EM SISTEMAS INTEGRADOS E CONVENCIONAIS DE PRODUÇÃO

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em
Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias,
Universidade Federal do Paraná, como requisito
parcial à obtenção do título de Doutora em Ciência
do Solo.

Orientador: Prof. Dr. George Gardner Brown

Coorientador: Prof. Dr. Renato Marques

CURITIBA

2021

Bruz, Lillianne dos Santos Maia

Biodiversidade de minhocas e indicadores de qualidade do solo em sistemas integrados e convencionais de produção. - Curitiba, 2021.
133f. : il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. George Gardner Brown

Coorientador: Prof. Dr. Renato Marques

1. Manejo do solo. 2. Solos - Qualidade. 3. Sistemas agrícolas.
I. Brown, George Gardner. II. Marques, Renato. III. Título IV. Universidade Federal do Paraná.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIA DO SOLO -
40001016014P4

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA DO SOLO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **LILIANNE DOS SANTOS MAIA BRUZ** intitulada: **BIODIVERSIDADE DE MINHOCAS E INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS INTEGRADOS E CONVENCIONAIS DE PRODUÇÃO**, sob orientação do Prof. Dr. GEORGE GARDNER BROWN, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 27 de Agosto de 2021.

Assinatura Eletrônica
30/08/2021 10:49:56.0
GEORGE GARDNER BROWN
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
30/08/2021 09:27:31.0
ALBERTO CARLOS DE CAMPOS BERNARDI
Avaliador Externo (EMBRAPA)

Assinatura Eletrônica
30/08/2021 08:53:49.0
CINTIA CARLA NIVA
Avaliador Externo (EMBRAPA CERRADOS - DF)

Assinatura Eletrônica
30/08/2021 09:21:31.0
RENATO MARQUES
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Rua dos Funcionários, 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 80035-050 - Tel: (41) 3350-5648 - E-mail: pgcisol@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 108884

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 108884

OFEREÇO

A minha irmã gêmea Lilian dos Santos Maia (*In Memoriam*), gratidão por dividir comigo o espaço sagrado uterino e pela sua breve existência, honro a sua vida.

DEDICO

Aos meus ancestrais por terem preparado o meu caminho, profunda gratidão pela vastidão dos seus sonhos, que de alguma forma, são hoje a minha verdade.

Aos meus amados, André (marido) e Artur (filho), vocês são a melhor parte de mim.

AGRADECIMENTOS

Ao grande mistério e ao criador de tudo o que há, gratidão por essa jornada e pelo bem mais precioso “a vida”.

A Gaia (mãe Terra) por ser o nosso abrigo e meu objeto de estudo, te honro.

A toda minha linhagem feminina e masculina, sem os quais não estaria aqui hoje, eterna gratidão por tornar a caminhada mais fácil para mim.

A minha família André (marido), Artur (filho) e Frida (felina), o amor, apoio, companheirismo, parceria, cumplicidade, alegria e compaixão de vocês foram essenciais para a finalização desse trabalho.

A minha Mãe (Francisca) pelos ensinamentos, dedicação, amor e uma vida inteira de orações, ao meu Pai (Edmilson) pela vida.

Aos parentes do Ceará, sobrinha (Sophia), Tias (Fátima, Neide, Rita e Regina), Tios (Fábio, Fabrício e Fernando), Primas (Fernanda, Luciana, Roberta, Julianne e Fabrícia) e Primos (Yago, Yan e Fernando Filho), aos pequenos (Valentina e Ravy) e os compadres (Vaneska e Talvanio), vocês fazem parte dessa conquista.

Aos parentes de Curitiba, sogra (Dona Tereza), cunhados (Iara Maria e Dilon), Daniel, Sônia, Emerson, Oneide, Gabriel, Gustavo, Marla, Cristina, Sérgio e Susan, vocês me proporcionaram acolhimento, apoio e carinho.

Ao meu orientador George Gardner Brown, pela oportunidade, aprendizado, conhecimento, orientação, sabedoria, conselhos, por todas as experiências vividas nas viagens de campo e principalmente por toda a compreensão, sensibilidade e amizade durante a minha gestação e pré-defesa, que Deus abençoe grandemente o senhor e sua família, minha eterna gratidão.

Ao Dr. Alberto, por ter aceitado a proposta deste trabalho, parceria e todo o apoio que foi desde a elaboração da amostragem de campo até a participação como membro de banca avaliadora, deixo aqui expresso a minha gratidão.

A Dra. Cintia Niva e Dr. Robério, por aceitarem serem membros da banca examinadora e por todo o momento de descontração vivido no campo de Brasília.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Paraná pela oportunidade do doutorado e pela contribuição na minha formação.

A Embrapa Florestas e todos os pesquisadores e laboratoristas envolvidos direta e indiretamente no trabalho.

Ao meu coorientador Renato Marques, pela amizade, conhecimento, atenção e boas conversas ao longo dessa jornada.

A Marie Bartz pela amizade, ensinamentos, identificação das minhocas, pelas histórias vividas em campo, sua força, determinação e luz, são exemplos de que não existe limite para realizar nossos sonhos.

A Samara, Priscilla, Simone, Mariana, Bruna e Juliana com as quais dividi não só moradia, como também parte da minha história, muitas trocas, longas conversas no apartamento 212, vocês marcaram a minha vida.

A Alessandra Santos, Nádia Mucha e Amanda Dias, pela amizade, parceria, cuidado e irmandade vivida durante o doutorado e para vida.

Ao círculo de mulheres, pelo apoio, reencontro e toda a egrégora de amor, união e força que vocês emanam, a todas in lak'ech.

Ao Padrinho, pai e amigo, Paulo César Granato, nossos lanços fraternos são dessa existência e outros multiversos.

A minha psicóloga Carol, por todo o cuidado e trabalho desenvolvido, hoje sou uma pessoa melhor graças a sua profissão, em muitos momentos você foi essencial, meu muito obrigado.

Aos amigos da pós-graduação Luana, Juliana, Selma, Aline, Ricardo, Mariana, Bruna, Zie, Marcos, Dione, Carol, Diego e Ederlan.

Aos amigos minhoqueiros Anne, Herlon, Wilian, Talita, Rafa Dudas, Rodrigo, Rodrigo Roani, Elodie e Carol, vocês tornaram os dias mais divertidos e cheios de histórias divertidas.

A todos que forma direta e indireta contribuíram para a realização desse trabalho, meu muito obrigado.

O homem científico não pretende alcançar um resultado imediato. Ele não espera que suas ideias avançadas sejam imediatamente aceitas. Seus trabalhos são como sementes para o futuro. Seu dever é lançar as bases para aqueles que estão por vir e apontar o caminho.

(NIKOLA TESLA)

RESUMO

Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs) têm sido amplamente propostos como modelo de recuperação de áreas degradadas, devido aos efeitos positivos sobre a fertilidade do solo e produção agrícola. No entanto, os impactos dos SIPAs sobre as propriedades biológicas do solo, particularmente sobre a população de minhocas, têm sido pouco estudados. As populações de minhocas são dinâmicas e sensíveis às perturbações no ambiente agrícola, e a mudanças nos atributos físicos e químicos do solo, tornando-as adequadas para avaliar os impactos dos SIPAs sobre o ambiente edáfico e a qualidade do solo. Mediante isso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial das minhocas como indicadoras dos SIPAs em abordagem conjunta com os atributos físicos e químicos do solo e a composição das comunidades de minhocas em diversos SIPAs e sistemas convencionais de manejo (pastoril, agropastoril, silvopastoril, agrosilvopastoril, lavoura de grãos), além de floresta nativa, em São Carlos-SP. Realizou-se a triagem manual de monólitos de solo (25 x 25 cm, até 20 cm de profundidade), de onde se retiraram minhocas e solo para análise química de rotina e granulométrica. Ao lado de cada monólito coletaram-se amostras indeformadas para avaliação da densidade aparente e porosidade total. Foi realizada a separação, identificação e pesagem das minhocas, e calculou-se o índice geral de qualidade do solo (GISQ) usando os atributos físicos, químicos e biológicos, visando comparar os diferentes sistemas de uso avaliados. Os dados foram submetidos a análise de componentes principais (ACP), teste de média (Anova) pelo teste de Tukey a 5% e 1% de probabilidade. Encontraram-se oito espécies de minhocas, sendo a porcentagem maior de espécies exóticas, especialmente *Pontoscolex corethrurus*. Os SIPAs tiveram abundância e biomassa de minhocas igual ou maior que os sistemas de pastagem, e mantiveram espécies exóticas e nativas. Além disso, apresentaram o maior GISQ. Diversas espécies de minhocas foram indicadoras de atributos químicos e/ou não físicos, e suas populações estiveram associadas aos SIPAs. Conclui-se que as minhocas podem ser usadas como biondicadoras da qualidade do solo em SIPAs.

Palavras-chave: Manejo do solo. Atributos biológicos. Engenheiros do ecossistema.

ABSTRACT

Integrated Crop-Livestock Systems (ICLSs) has been widely proposed as a model of degraded pasture recovery areas given the positive effects on soil fertility and agricultural production. However, the impacts of ICLSs on the biological properties of the soil, particularly on the earthworm population, have been poorly studied. Earthworm populations are dynamic and sensitive to disturbances in the agricultural environment, and changes in physical and chemical soil attributes, thus have suitable for evaluating the impacts of ICLSs on the edaphic environment and soil quality. Therefore, the objective of this work was to evaluate the potential of earthworms as indicators of ICLSs methods together with the physical and chemical attributes of the soil and the composition of earthworm communities in São Carlos – SP, in several ICLSs and conventional management systems (pastoral, agropastoral, silvopastoral, agrosilvopastoral, grain crops), besides to native forest. In the sampling was used the TSBF method which consists of a manual screening of soil monoliths (25 x 25 cm, up to 20 cm in depth). Soil samples were taken from each monolith for routine chemical and granulometric analysis, and undisturbed samples were collected next to each monolith for evaluation of bulk density and total porosity. The earthworms were separated, identified and weighed, and the general Indicator of Soil Quality (GISQ) was calculated using the physical, chemical and biological attributes, in order to compare the different land use systems evaluated. Data were subjected to principal component analysis (PCA), analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's test at 5% and 1% probability. The study of earthworm populations in ICLSs and conventional systems revealed the presence of eight species, with the highest percentage of exotic species. The greatest abundance and biomass of species was found in the integrated livestock forest system (ILF) when compared to other land use systems. ICLSs contribute to increasing the abundance and biomass of earthworms, and to sustaining both exotic and native species. Other earthworm species (*Dichogaster*, *Fimoscolex* and *Glossoscolex* sp.) were indicative of only some chemical attributes and not physical attributes. Earthworms can be used as soil quality bioindicators in ICLSs.

Keywords: Soil management. Biological attributes. Ecosystem engineers.

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA INTEGRADO LAVOURA PECUÁRIA FLORESTA (ILPF) NO BRASIL, PESQUISA REALIZADA PELO KLEFFMANN GROUP NA SAFRA 2015/2016.....	19
FIGURA 2 – CRESCIMENTO EM UMA DÉCADA, DE ÁREAS COM A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA (ILPF), EM MILHÕES DE HECTARES.....	19
FIGURA 3 – INTER-RELAÇÕES ENTRE ATIVIDADES DE MINHOCAS, PROPRIEDADES DO SOLO E O CRESCIMENTO DAS PLANTAS.....	24

CAPÍTULO 1

FIGURA 1 – LOCAIS DE AMOSTRAGENS NOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO NA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS RESPECTIVAMENTE, EM SÃO CARLOS – SP.....	32
FIGURA 2 – (A) ABUNDÂNCIA (Nº IND. m ⁻²) E (B) BIOMASSA (g m ⁻²) DE MINHOCAS NOS DIFERENTES SISTEMAS DE USO, SITUADOS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E NA UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS EM SÃO CARLOS – SP. LETRAS DIFERENTES EM CIMA DA COLUNA REPRESENTAM VALORES SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES ENTRE OS SISTEMAS AVALIADOS.....	45
FIGURA 3 – MATRIZ DE CORRELAÇÃO (VALOR DO COEFICIENTE DE SPEARMAN) DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS (3-A) E FÍSICOS (3-B) DOS SOLOS COM AS ESPÉCIES DE MINHOCAS (ABUNDÂNCIA E BIOMASSA) COLETADAS EM ÁREAS DE SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO E OUTROS ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAL, LOCALIZADOS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFScar) EM SÃO CARLOS – SP.....	49
FIGURA 4 – ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA COMBINADA COM COMPONENTE PRINCIPAL 1 (PC1) E O COMPONENTE PRINCIPAL 2 (PC 2), CONSIDERANDO, ABUNDÂNCIA (A) E BIOMASSA (B) DE MINHOCAS E VARIÁVEIS PRINCIPAIS E	

PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DOS SOLOS (VÁRIAVEIS RESPOSTAS), COLETADAS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCar) EM SÃO CARLOS – SP	51
FIGURA 5 – PROJEÇÃO DAS ÁREAS EM ESPAÇO FATORIAL PELA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP) DOS SUBINDICADORES QUÍMICOS (A-B), FÍSICOS (C-D), E BIOLÓGICOS (E-F), EM DIFERENTES SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO E OUTROS ECOSISTEMAS (AGRÍCOLAS E FLORESTAL), LOCALIZADOS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCar) EM SÃO CARLOS – SP	52

CAPÍTULO 2

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE USO DO SOLO AMOSTRADOS, NA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, SITUADOS EM SÃO CARLOS – SP.	70
FIGURA 2 – RIQUEZA TOTAL DE ESPÉCIES ENCONTRADAS NOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPAS) E SISTEMAS CONVENCIONAIS DE MANEJO, SITUADOS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E DA UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCar) EM SÃO CARLOS – SP.....	100
FIGURA 3 – PORCENTAGEM DE ESPÉCIES (A- MÉTODO TSBF; B- MÉTODO QUALITATIVO) ENCONTRADAS NOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPAs) E SISTEMAS CONVENCIONAIS DE MANEJO, SITUADOS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E DA UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCar) EM SÃO CARLOS – SP.	101

LISTA DE TABELAS

INTRODUÇÃO GERAL

TABELA 1 – PRINCIPAIS INDICADORES QUÍMICOS, FÍSICOS E BIOLÓGICOS E SUAS RELAÇÕES COM A QUALIDADE DO SOLO	21
--	----

CAPÍTULO 1

TABELA 1 – DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS DE USOS DO SOLO SELECIONADOS, LOCALIZADOS NA FAZENDA CANCHIM (EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE) E UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCar).	33
TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO DOS DIFERENTES SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAL EM SÃO CARLOS – SP.....	39
TABELA 3 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO DOS DIFERENTES SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAL EM SÃO CARLOS – SP.....	40
TABELA 4. ABUNDÂNCIA E BIOMASSA DE MINHOCAS NOS DOS DIFERENTES SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAL, SITUADOS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E NA UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCAR) EM SÃO CARLOS – SP.....	43
TABELA 5 - POPULAÇÕES DE MINHOCAS EM ÁREAS COM SIPAS NO BRASIL. DADOS RETIRADOS DE DIVERSAS FONTES.....	44
TABELA 6 – RIQUEZA DE ESPÉCIES, ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE SHANNON (H) E EQUITABILIDADE DE PIELOU (E), DAS MINHOCAS COLETADAS EM DIFERENTES SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAL EM SÃO CARLOS – SP.....	47
TABELA 7 - VALORES MÉDIOS DOS SUBINDICADORES E DO GISQ EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO DO SOLO NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCar) EM SÃO CARLOS – SP.....	54

CAPÍTULO 2

TABELA 1 – CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E TEXTURA DOS SOLOS EM DIFERENTES SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPAS), E SISTEMAS CONSERVACIONISTAS DE MANEJO, SITUADOS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E DA UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCAR) EM SÃO CARLOS – SP. PARA SIGNIFICADO DAS ABREVIACÕES, FAVOR CONSULTAR FIGURA 1.....	72
TABELA 2 – OCORRÊNCIA DE ESPÉCIES DE MINHOCAS (NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS) COLETADAS NO MÉTODO QUANTITATIVO (TSBF) E QUALITATIVO, RIQUEZA TOTAL E PORCENTAGENS DE EXÓTICAS E NATIVAS NOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPAS) E SISTEMAS CONSERVACIONISTAS DE MANEJO, SITUADOS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E DA UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCAR) EM SÃO CARLOS – SP. PARA SIGNIFICADO DAS ABREVIACÕES, FAVOR CONSULTAR FIGURA 1.....	74

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ACP	- Análise de componentes principais
ANOVA	- Análise de variância
COFM	- Coleção Fritz Müller Oligochaeta
EU	- Eucalipto
GISQ	- General Indicator of Soil Quality
ILF	- Integração lavoura floresta
ILP	- Integração lavoura pecuária
ILPF	- Integração lavoura pecuária floresta
IPF	- Integração pecuária floresta
LA	- Lavoura
PE	- Pastejo extensivo
PI	- Pastejo intensivo
QS	- Qualidade do solo
RDA	- Análise de redundância
SIPAs	- Sistemas integrados de produção agropecuária
SPD	- Sistema plantio direto
TSBF	- Tropical Soil Biology and Fertility Programme
UFSCar	- Universidade Federal de São Carlos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	16
1.1 SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPAs).....	16
1.2 PRINCIPAIS MODALIDADES DE SIPAs E SEUS BENEFÍCIOS PARA O SOLO.....	17
1.3 QUALIDADE DO SOLO E A MACROFAUNA EDÁFICA.....	21
1.4 MINHOCAS COMO BIOINDICADORAS DA QS.....	23
2 CAPÍTULO I: MINHOCAS COMO BIOIDICADORAS DA QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA.....	26
2.1 RESUMO.....	26
2.2 ABSTRACT	27
2.3 INTRODUÇÃO	28
2.4 MATERIAL E MÉTODOS	30
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
2.5.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO.....	36
2.5.2 ABUNDÂNCIA E BIOMASSA DE MINHOCAS.....	41
2.5.3 DIVERSIDADE DAS MINHOCAS	46
2.5.4 MINHOCAS COMO BIOINDICADORAS DE ATRIBUTOS EDÁFICOS	47
2.5.5 ÍNDICE GERAL DA QUALIDADE DO SOLO	50
2.7 REFERÊNCIAS.....	56
3 CAPÍTULO II: MINHOCAS EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA E OUTROS ECOSSISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS EM SÃO CARLOS – SP.....	67
3.1 RESUMO.....	67
3.2 ABSTRACT	67
3.3 INTRODUÇÃO	68
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	69
3.4.1 LOCAIS DE ESTUDO.	69
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
3.6 CONCLUSÕES	102
3.7 REFERÊNCIAS.....	103
4 CONCLUSÃO GERAL.....	107
5 REFERÊNCIAS.....	108

ANEXO 1 – QUADRO DE PLANEJAMENTO DOS PONTOS AMOSTRAIS UTILIZADOS NOS SISTEMAS INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA FLORESTA – ILPF.	126
ANEXO 2 – QUADRO DE PLANEJAMENTO DOS PONTOS AMOSTRAIS UTILIZADOS NOS SISTEMAS INTEGRAÇÃO PECUÁRIA FLORESTA – (IPF) E SISTEMAS INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA– (ILP).....	126
ANEXO 3 – QUADRO DE PLANEJAMENTO DOS PONTOS AMOSTRAIS UTILIZADOS NOS SISTEMAS CONVENCIONAIS – PASTAGEM INTENSIVA (PI), PASTAGEM EXTENSIVA (PE), LAVOURA (LA), EUCALIPTO (EU) E MATA NATIVA (MN).....	127
ANEXO 4 – TABELA - DENSIDADE (NO. INDIVÍDUOS POR m ²) E BIOMASSA TOTAL (PESO FRESCO EM ÁLCOOL 99%), EM gm ⁻² DE MINHOCAS, NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA FLORESTA (ILPF), SITUADO NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE EM SÃO CARLOS – SP.....	128
ANEXO 5 – TABELA - DENSIDADE (NO. INDIVÍDUOS POR m ²) E BIOMASSA TOTAL (PESO FRESCO EM ÁLCOOL 99%), EM gm ⁻² DE MINHOCAS, NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA (ILP), SITUADO NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE EM SÃO CARLOS – SP.....	129
ANEXO 6 – TABELA - DENSIDADE (NO. INDIVÍDUOS POR m ²) E BIOMASSA TOTAL (PESO FRESCO EM ÁLCOOL 99%), EM gm ⁻² DE MINHOCAS, NO SISTEMA INTEGRAÇÃO PECUÁRIA FLORESTA (IPF), SITUADO NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE EM SÃO CARLOS – SP.....	130
ANEXO 7 – MATRIZ DE CORRELAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS SOLOS COM AS ESPÉCIES DE MINHOCAS (ABUNDÂNCIA E BIOMASSA) COLETADAS NO SISTEMA ILPF, LOCALIZADO NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE EM SÃO CARLOS – SP.....	131
ANEXO 8 – MATRIZ DE CORRELAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS SOLOS COM AS ESPÉCIES DE MINHOCAS (ABUNDÂNCIA E BIOMASSA) COLETADAS NO SISTEMA ILP, LOCALIZADO NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE EM SÃO CARLOS – SP.....	132

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil ocupa o quarto lugar no mundo em termos de produção agrícola e uso do solo (FAO, 2017). Na safra de 2016/2017, o País atingiu o recorde máximo de produção de grãos, fornecendo alimento para mais de 150 países, contribuindo com 23% do PIB e 46% do valor das exportações (EMBRAPA, 2018). Em 2017, a ocupação do território brasileiro foi com: lavouras e florestas plantadas (9,0%), pastagens plantadas (13,3%), pastagens nativas (9,0%), áreas reservadas à preservação da mata nativa nas propriedades rurais (20,5%), mata nativa em unidades de conservação (13,1%), mata nativa em áreas indígenas (13,8%), mata nativa em áreas não cadastradas (18,9%) e cidades infraestruturas e outros (3,5%) (MIRANDA, 2017), respectivamente.

Diante da crescente demanda por alimentos, as regulamentações ambientais estão cada vez mais exigentes com os agricultores, reivindicando altos padrões de qualidade e produção (ASAI et al., 2018). Essas questões confirmam a importância de investir em estratégias de produção agropecuária que integrem diferentes sistemas produtivos, agrícolas, pecuários e florestais, dentro da mesma área (FAO, 2010). Com o intuito de intensificar a eficiência produtiva, beneficiar o meio ambiente e propiciar a recuperação ecológica (ASAI et al., 2018; SALTON et al., 2014), os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs) têm sido utilizados como modelo sustentável de produção (MORAES et al., 2014; FAO, 2010).

1.1 SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPAS)

No Brasil, o surgimento dos SIPAs se deu por meio dos imigrantes europeus que trouxeram o hábito da associação entre agricultura, pecuária e florestas, inicialmente sendo adaptado às regiões tropicais e subtropicais, por exemplo no Rio Grande do Sul, onde foi realizada a integração da cultura do arroz inundado com pastagens (BALBINO et al., 2011a).

Nos anos 80 foram desenvolvidas técnicas de recuperação de pastagens degradadas ou improdutivas, e na década de 90 a Embrapa Arroz e Feijão desenvolveu o “Sistema Barreirão”, que adotava o consórcio arroz-pastagem (KLUTHCOUSKI et al., 1991). Por meio deste sistema, foi possível restaurar e reformar grandes áreas com pastagens degradadas, principalmente no Brasil

central. Até hoje, esse modelo é usado com o intuito de preparar as áreas para a implementação do sistema integrado lavoura-pecuária (ILP), no sistema Santa Fé (ALVAREGA et al., 2006).

Por meio do Programa Nacional de Recuperação de Pastagens (Propasto), também foram testadas outras tecnologias para recuperação e produtividade de pastagens degradadas, em vários locais da Amazônia brasileira (DIAS-FILHO e SERRÃO, 1982). Depois, foi agregado a essas tecnologias o sistema ILP, com o objetivo de diversificar a atividade pecuária e reduzir os gastos de restauração de pastagens degradadas (VEIGA, 1998). Por volta de 1995, o termo integração lavoura pecuária estabelecia de forma ampla, os sistemas de produção com inserção de atividades pecuárias e agrícolas (BALBINO et al., 2011a).

Em 2001 foi consolidado o “Sistema Santa Fé”, que se baseia na produção consorciada de forrageiras tropicais (gênero *Urochloa* spp. Syn. *Brachiaria* spp.) e culturas de grãos (milho, sorgo, milheto e arroz), cuja finalidade é a produção de palhada (qualidade e quantidade) para o sistema plantio direto (SPD) e forragem para entressafra (KLUTHCOUSKI e AIDAR, 2003). A inserção do componente arbóreo associado a lavouras ou pastagens caracteriza um avanço do sistema ILP, com a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), um método de produção sustentável que agrega atividades agrícolas, pecuárias e florestais, efetivadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação (BALBINO et al., 2011b).

Os sistemas agroflorestais tiveram uma forte divulgação em trabalhos científicos a partir da associação dos sistemas agroflorestais e ILP dentro do tema ILPF, que complementa tecnologias direcionadas para sistemas integrados de produção (ALVES et al., 2015). O sistema ILPF pode ser utilizado de diferentes formas, podendo integrar dois ou três componentes em um sistema produtivo (EMBRAPA, 2016). A implementação do ILPF nos diferentes biomas brasileiros, depende de diversos fatores de natureza econômica e ambiental, características de cada região (BALBINO et al., 2011b).

1.2 PRINCIPAIS MODALIDADES DE SIPAS E SEUS BENEFÍCIOS PARA O SOLO

A combinação entre a produção agrícola, pecuária e florestal possui quatro modalidades (BALBINO et al., 2011a):

- Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF), que inclui os componentes lavoura, pecuária e floresta, integrados em uma mesma área em forma de rotação, consórcio ou sucessão. A lavoura pode ser instalada na fase inicial do componente florestal ou em ciclos durante o seguimento do sistema; este sistema também tem sido denominado de agrosilvopastoril.
- Integração Lavoura Floresta (ILF), que inclui os componentes lavoura e floresta, integrados em uma mesma área em forma de rotação, consórcio ou sucessão; este sistema também tem sido conhecido melhor como sistema agroflorestal.
- Integração Lavoura Pecuária (ILP), que consiste na rotação, consórcio ou sucessão de lavoura e pecuária na mesma área, podendo ocorrer em um mesmo ano agrícola ou por vários anos; este sistema também tem sido denominado de agropastoril.
- Integração Pecuária Floresta (IPF), que consiste no consórcio entre pecuária e floresta; este sistema também tem sido denominado de silvopastoril.

Atualmente o sistema ILPF e suas combinações têm sido adotados principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil (FIGURA 1), e estima-se que os SIPAs ocupavam 11.468.124 ha em todo território brasileiro em 2016 (LENZ et al., 2019; EMBRAPA, 2016). Em uma década, a área ocupada pelo sistema ILPF ampliou em aproximadamente em 10 milhões de hectares (FIGURA 2). Entre os pecuaristas que adotam os SIPAs, estima-se que até o ano de 2030 o espaço médio reservado ao ILPF alcance 20,6% do território agricultável de suas propriedades.

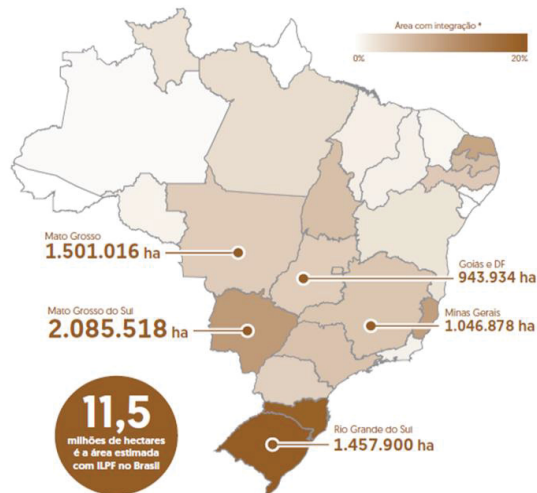


FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA INTEGRADO LAVOURA PECUÁRIA FLORESTA (ILPF) NO BRASIL, PESQUISA REALIZADA PELO KLEFFMANN GROUP NA SAFRA 2015/2016. FONTE: EMBRAPA (2016).

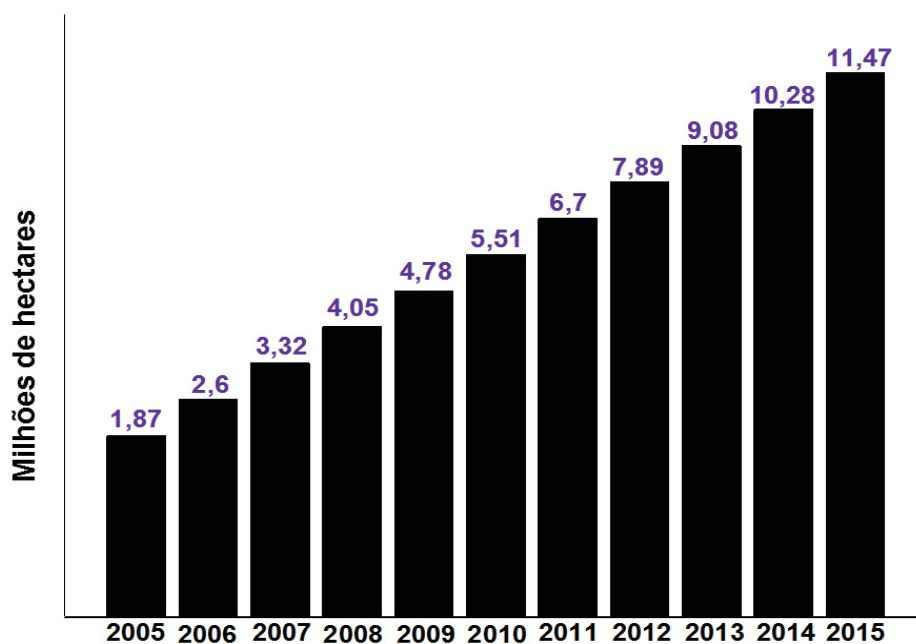


FIGURA 2 - CRESCIMENTO EM UMA DÉCADA, DE ÁREAS COM A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA (ILPF), EM MILHÕES DE HECTARES. FONTE: (REDESENHADO DE EMBRAPA 2016).

Os SIPAs são responsáveis por aproximadamente 50% da produção de alimentos no mundo (HERRERO et al., 2010), e são a base da produção dos países em desenvolvimento, onde sustentam 2 bilhões de pessoas (WRIGHT et al., 2012). Eles têm proporcionado avanços nos processos de produção, abrangendo melhorias

no mercado de trabalho, diminuição dos riscos associados à produção, estabilidade econômica, mais commodities na mesma área utilizada, distribuição igualitária dos produtos, maior garantia alimentar para atender a demanda dos consumidores em relação aos processos, e melhor qualidade da produção (FAO, 2010, SALVO et al., 2015).

Os recursos ambientais são utilizados de forma mais eficaz nos SIPAs, proporcionando melhoria na ciclagem de nutrientes e benefícios para o solo (CARVALHO et al., 2014). Esses sistemas contribuem para a recuperação de áreas degradadas com pastagens (ASSIS et al., 2015; SALTON et al., 2014; WRIGHT et al., 2012), além de diversas melhorias como a diminuição da erosão do solo e do desmatamento de florestas nativas (GIL et al., 2015; SOLTANI et al., 2015; SILVA et al., 2017; MAZZETTO et al., 2015; ETCHEBARNE e BRAZEIRO, 2016; CUNHA et al., 2016; de FIGUEIREDO et al., 2017; COSTA et al., 2018; PUTRA et al., 2017), maior sequestro de carbono no solo, a conservação da biodiversidade, e melhora na propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (MORAES et al., 2014; BALBINO et al., 2011a; KLUTHCOUSKI e STONE, 2003). Portanto, pode-se dizer que os SIPAs providenciam condições para melhorar a qualidade do solo (QS), ou seja, a capacidade de funcionamento do solo dentro dos limites de um ecossistema manejado ou natural, que permite a sustentabilidade biológica e preservação das plantas, animais e homens (BARETTA et al., 2011; BONE et al., 2010).

Contudo, o impacto dos SIPAs sobre as propriedades biológicas do solo, é ainda pouco conhecido no Brasil (VALANI et al., 2020), havendo apenas alguns relatos de pesquisas desenvolvidas na região sul (SOUZA et al., 2016) e nos Cerrados (BATISTA et al., 2014; SILVA et al., 2011a; PORTILHO et al., 2011; MARCHÃO et al., 2009; SILVA et al., 2008; BUSSINGUER, 2018). Diversos atributos biológicos podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo, pois retratam os impactos do uso da terra e da atividade gestora sobre a eficiência produtiva de um solo (BARETTA et al., 2011; SILVA et al., 2011b). Os bioindicadores indicam a situação de um ecossistema, podendo ser usados no biomonitoramento edáfico (ARAÚJO E MONTEIRO, 2007). Entre os diversos organismos vivendo no solo, a macrofauna edáfica tem sido proposta e usada frequentemente como bioindicadora da qualidade do solo (BARETTA et al., 2011).

1.3 QUALIDADE DO SOLO E A MACROFAUNA EDÁFICA

Pesquisas apontam (DORAN e PARKIN, 1996; SNAKIN et al., 1996), que na última década se fez necessário classificar os indicadores de qualidade de acordo com as propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos, estabelecendo parâmetros de avaliação dos mesmos (TABELA 1).

TABELA 1 - PRINCIPAIS INDICADORES QUÍMICOS, FÍSICOS E BIOLÓGICOS E SUAS RELAÇÕES COM A QUALIDADE DO SOLO.

Atributos	Principais Indicadores	Relação com a qualidade do solo
Químicos	pH do solo	Disponibilidade de nutrientes e atividade biológica
	Teor de Nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K)	Disponibilidade de nutrientes para plantas
	Matéria orgânica do solo (MOS)	Estabilidade, estrutura e fertilidade do solo
Físicos	Densidade do solo e infiltração	Porosidade do solo e movimento da água
	Capacidade de retenção da umidade	Disponibilidade e armazenamento da água
	Estrutura do solo	Retenção e transporte dos nutrientes e água
Biológicos	Biomassa microbiana	Atividade microbiana e reposição de nutrientes.
	Respiração do solo	Atividade microbiana
	Mineralização de N	Produtividade do solo e potencial de suprimento de nutrientes
	Formigas, coleópteros, minhocas, fauna epigeica, comunidade da macrofauna de invertebrados	Diversidade da fauna edáfica

FONTE: ARAÚJO E MONTEIRO (2007).

Mediante isso tem se destacado a integração de indicadores que possam gerar um valor (índice de qualidade do solo), que permita a comparação de vários sistemas de manejo do solo, em diferentes ecossistemas florestais, agrícolas e pecuários, ao longo do tempo (ARAÚJO et al., 2012). A avaliação da QS frequentemente envolve a exploração das propriedades do solo analisadas utilizando métodos estatísticos mais complexos ou multivariados (por ex., análise de co-inércia com parâmetros químicos, físicos e biológicos), e, frequentemente, o cálculo de um Indicador Geral de Qualidade do Solo (GISQ – General Indicator of Soil Quality), como o proposto por VELÁZQUEZ et al. (2007). Este índice possibilita

o acompanhamento de mudanças na QS ao longo do tempo e pode direcionar a implementação de tecnologias e a restauração dos solos (HUERTA et al., 2009).

Devido às restrições de tempo e custo, tem-se procurado atributos que possam ser eficientes e analisados rapidamente (BROWN e DOMÍNGUEZ, 2010). Entre esses, os parâmetros biológicos são mais sensíveis (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007; BRUSSAARD et al., 2007), e a relação entre os atributos edáficos e a diversidade de organismos edáficos, permite identificar grupos funcionais mais vulneráveis ao sistema de uso, podendo incluí-los como bioindicadores da qualidade e funcionamento do solo (ABREU et al., 2014).

A fauna edáfica inclui organismos que vivem dentro do solo por pelo menos uma parte essencial de seu ciclo de vida, e que representam aproximadamente 25% de todas as espécies conhecidas no planeta (DECAËNS et al., 2006). Pode ser classificada pelo comprimento do seu corpo, de forma que os indivíduos maiores de 4 mm são classificados como macrofauna, os organismos entre 0,2 e 4,0 mm compõem a mesofauna e a microfauna é composta por pequenos seres cujas dimensões só podem ser visualizadas com o auxílio de microscopia óptica (FAO, 2008).

Na macrofauna do solo estão inclusos mais de 20 grupos taxonômicos compostos por diplópodes, formigas, minhocas, cupins, aranhas, grilos, baratas, besouros, centopeias, e tatuzinhos, entre outros (BROWN et al., 2015). Possuem hábito alimentar bem diversificado, alimentando-se de madeira (xilófagos), restos vegetais e serrapilheira (detritívoros), plantas vivas ou raízes (rizófagos, fitófagos), outros organismos (predadores, necrófagos), matéria orgânica humificada (humívoros) e solo (geófagos), existindo também aqueles que se alimentam de muitas fontes diferentes (onívoros) (BROWN et al., 2015). As minhocas, formigas e cupins também têm sido consideradas engenheiras do ecossistema, por influenciarem a estrutura do solo por bioturbação (produzindo ninhos, galerias e agregados), e por afetarem desse modo, a disponibilidade de recursos para os outros organismos (LAVELLE et al., 1997).

A biodiversidade do solo é de suma importância para a preservação da capacidade dos ecossistemas em fornecer simultaneamente serviços ecossistêmicos e várias funções no solo (GUERRA et al., 2019). A redução da biodiversidade da fauna edáfica tem ocorrido de forma extensa, devido ao uso intensivo do solo e práticas de gestão precárias, acarretando alterações na cadeia

trófica local (ROUSSEAU et al., 2010; 2013) e modificando a diversidade e estrutura das comunidades da fauna do solo (PEÑA-PEÑA e IRMLER, 2016). Os organismos do solo são sensíveis às perturbações no ambiente agrícola, provocadas pelo manejo das culturas e do solo, sendo também afetados pela cobertura vegetal e a quantidade e qualidade da matéria orgânica, pH, temperatura, umidade e textura do solo (BARETTA et al., 2006b; NOGUEIRA et al., 2006; BENAZZI et al., 2013).

As diversas práticas agrícolas e sistemas de produção empregadas nos SIPAs podem influenciar positivamente, negativamente, ou ainda, não surtirem efeitos nas comunidades da macrofauna edáfica. Por exemplo, o preparo do solo pode diminuir as populações de minhocas e cupins (STORK e EGGLETON, 1992), enquanto a implantação de pastagens pode aumentá-las (BARROS et al., 2003; DECAËNS et al., 1994). A combinação dos diferentes sistemas contribui para maior diversidade da composição de serrapilheira e condições de nichos diferenciados, favorecendo os habitantes da serrapilheira como: Aranae, Myriapoda, larvas de Diptera e Coleoptera (SANTOS et al., 2008). Já a inserção do componente arbóreo contribui para o aumento da biomassa (BALBINO et al., 2011b) e a colonização por minhocas (URIBE et al., 2012).

1.4 MINHOCAS COMO BIOINDICADORAS DA QS

As minhocas têm sido amplamente recomendadas como bioindicadores da QS, por serem importantes organismos do sistema solo, de fácil amostragem, frequentes e simples de identificar (BUCKERFIELD et al. 1997; PAOLETTI 1999; BROWN e DOMÍNGUEZ, 2010; BARTZ et al., 2013; SIMIONI et al., 2016; SANTOS et al., 2019). São consideradas engenheiras de solo, pois, influenciam positivamente na estrutura, aeração e capacidade de retenção do solo, e por atuarem na ciclagem dos nutrientes e decomposição da matéria orgânica do solo (BISPO et al., 2009; FRÜND et al., 2010). Além disso, os excrementos das minhocas, também chamados de coprólitos, oriundos do seu processo alimentar, possuem elevado teor de nitrogênio mineral e outros nutrientes disponíveis para as plantas (VAN GROENIGEN et al., 2018). Desta forma, as minhocas contribuem para melhorar as características físicas e químicas do solo, além de alterarem a comunidade microbiana e sua atividade, especialmente na rizosfera, afetando geralmente de forma positiva a produtividade vegetal (FIGURA 3), tanto da parte aérea das plantas quanto das raízes (BROWN et al., 1999; VAN GROENIGEN et al., 2014).

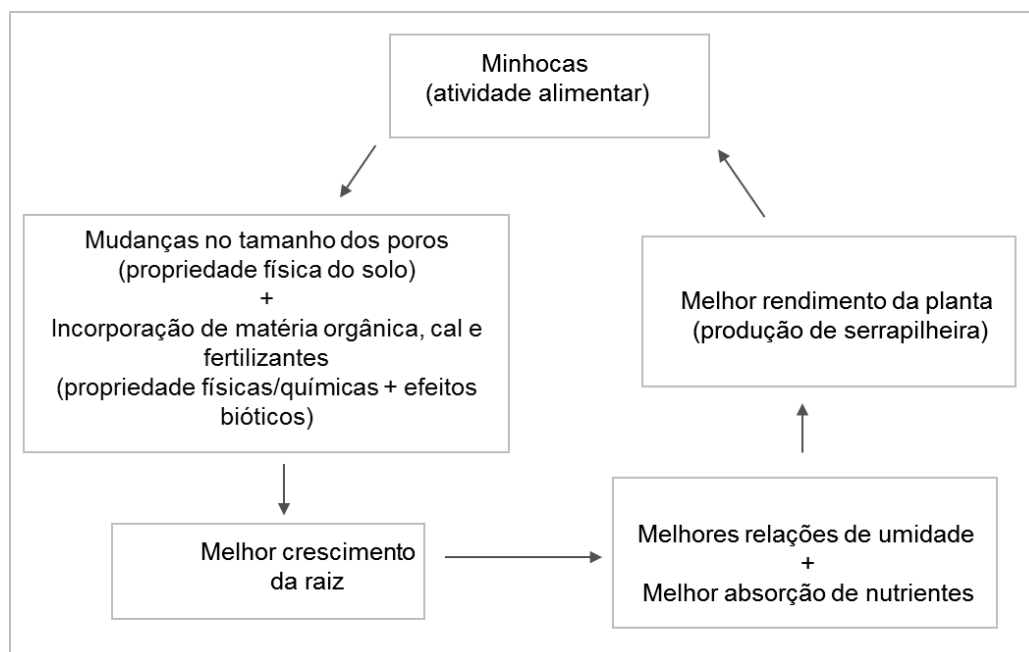


FIGURA 3 - INTER-RELAÇÕES ENTRE ATIVIDADES DE MINHOCAS, PROPRIEDADES DO SOLO E O CRESCIMENTO DAS PLANTAS. FONTE: (ADAPTADO DE SYERS E SPRINGETT, 1983).

O solo como habitat da fauna edáfica pode ser afetado pelo manejo e uso do solo, acarretando alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos, que também podem afetar diretamente ou indiretamente as populações de minhocas (SANTOS et al., 2019). Outros fatores que influenciam a abundância e diversidade de minhocas são as condições climáticas, o tipo de solo e a cobertura vegetal (BROWN e DOMÍNGUEZ, 2010). As minhocas são importantes para a QS, e com isso deve-se prevenir a extinção desses organismos e de sua biodiversidade, para não acarretar a degradação do ecossistema solo (SANTOS et al., 2019). Mediante isso é importante avaliar a QS, com o intuito de identificar e aprimorar sistemas de uso solo mais sustentáveis (MEA, 2005; PULLEMAN et al., 2012; BÜNEMANN et al., 2018).

Estudos realizados por LAVELLE et al., (2021); SANTOS et al., (2019); VELASQUEZ et al., (2012); utilizaram as minhocas como parâmetro no subindicador biológico, no cálculo do GISQ, com a finalidade de avaliar o desempenho dos ecossistemas, facilitando o monitoramento das mudanças na QS ao longo do tempo, e a comparação entre a mesma em diferentes ecossistemas.

Contudo, considerando a inexistência de trabalhos sobre as comunidades de minhocas nos SIPAs, o presente trabalho tem por objetivo: 1) avaliar seu potencial

como bioindicadores de qualidade do solo nesses sistemas em abordagem conjunta com atributos químicos e físicos e 2) caracterizar a comunidade de minhocas presentes nas áreas de SIPAs, sistemas convencionais e área nativa. A hipótese desse estudo é que os SIPAs têm maior Indicador Geral de Qualidade do Solo (GISQ) em relação aos sistemas convencionais de produção agropecuária (pastagem, lavoura) e que possuem maiores populações e biodiversidade de minhocas em relação aos sistemas convencionais de produção agropecuária (pastagem, lavoura), havendo maiores populações e diversidade no SIPA mais diversificado (ILPF).

2 CAPÍTULO I: MINHOCAS COMO BIOIDICADORAS DA QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA.

2.1 RESUMO

Os sistemas integrados de produção (SIPA's), vem sendo utilizados como modelos de uso sustentável do solo e contribuem positivamente para a qualidade do solo (QS). A avaliação da QS, pode ser realizada por meio de indicadores que são sensíveis ao manejo do solo, incluindo atributos químicos, físicos e biológicos do solo, gerando um índice geral da qualidade do solo (GISQ). Entre os atributos biológicos mais usados para avaliar a QS, estão as populações de minhocas. No entanto, poucos trabalhos têm feito avaliação da QS em geral, usando atributos diversos em SIPAs. Portanto esse trabalho avaliou a QS e gerou um índice de qualidade geral do solo (GISQ) em diversos SIPAs e sistemas produtivos convencionais (pastoril, agropastoril, silvopastoril, agrosilvopastoril, lavoura de grãos) em São Carlos-SP, usando como base para o subindicador biológico, a comunidade de minhocas. Avaliaram-se atributos químicos (H+Al, Al, pH CaCl₂, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, soma de bases, a capacidade de troca de cátions, P disponível, matéria orgânica do solo), físicos (granulometria, porosidade total, umidade, densidade) e biológicos (abundância e biomassa de minhocas, riqueza de espécies, índices de diversidade de Shannon e Pielou), para gerar o GISQ de SIPAs e sistemas tradicionais de manejo em São Carlos – SP. Avaliou-se o GISQ em três sistemas integrados (ILPF, ILP, IPF), duas pastagens (PE e PI), uma lavoura de milho (*Zea mays*) em plantio direto (LA) e uma floresta de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) (EU), com duas repetições por sistema de uso. Foram coletados 212 monólitos de solo, com dimensão de 25 x 25 cm (método TSBF) até 20 cm de profundidade, de onde foram triadas e separadas as minhocas e as amostras de solo para realização de análises químicas, granulometria e umidade do solo. Os SIPA's promoveram a qualidade do solo, e a abundância de minhocas nos SIPA's ILPF e IPF foi maior do que na LA. O índice geral de qualidade do solo (GISQ), foi maior no sistema ILPF (0.6), menor no EC (0,3) e intermediário nos demais sistemas de uso. A abundância total e da espécie *P. corethrurus*, particularmente, associou-se positivamente à porosidade total do solo, e, portanto, podem ser indicadores da qualidade física do solo. Os SIPA'S contribuem para a aumentar a abundância e biomassa de minhocas, e para sustentar tanto espécies exóticas quanto nativas.

Palavras-chave: Abundância, Biomassa, Parâmetros biológico, Atributos químicos, Sistemas de uso solo.

2.2 ABSTRACT

Integrated Crop-Livestock Systems (ICLSs) have been used as models for sustainable land use and contribute positively to soil quality (SQ). The SQ assessment can be performed using indicators that are sensitive to soil management, including chemical, physical and biological soil attributes, generating a general Indicator of Soil Quality (GISQ). Among the biological attributes most used to assess SQ are earthworm populations. The objective of this is to evaluate using the QS and generate a general soil quality index (GISQ) in productive systems, agropastoral, diverse pastoral, silvopastoral, agrosilvopastoral, grain farming) in São Carlos-SP, as a basis for the biological sub-indicator, the community of earthworms. However, few studies have evaluated SQ in general, using different attributes in ICLSs. Chemical attributes were evaluated (H+Al, Al, pH CaCl₂, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, sum of bases, cation exchange capacity, available P, soil organic matter), physical (granulometry, total porosity, moisture, density) and biological (earthworm abundance and biomass, species richness, Shannon and Pielou diversity indexes), to generate the GISQ of ICLSs and traditional management systems in São Carlos – SP. The GISQ was evaluated in three integrated systems (ILPF, ILP, IPF), two pastures (PE and PI), a corn crop (*Zea mays*) under no-tillage (LA) and a commercial eucalyptus (*Eucalyptus sp.*) forest (EC), with two repetitions per use system. A total of 212 soil monoliths were collected, measuring 25 x 25 cm (TSBF method) up to 20 cm depth, from which the earthworms and soil samples were sorted and separated for chemical analysis, granulometry and soil moisture. ICLSs promoted soil quality, particularly, the abundance of earthworms in ICLSs ILPF and IPF was greater than in LA. The general soil quality index (GISQ) was higher in the ILPF system (0.6), lower in the EC (0.3) and intermediate in the other land use systems. The total abundance and of the species *P. corethrurus*, in particular, was positively associated with the total porosity of the soil, and, therefore, can be indicators of the physical quality of the soil; ICLSs contribute to increasing the abundance and biomass of earthworms, and to sustaining both exotic and native species.

Keywords: Abundance, Biomass, Biological parameters, Chemical attributes, Land use systems.

2.3 INTRODUÇÃO

Os solos são importantes provedores de diversos serviços ambientais essenciais para a vida na terra, além de serem lar de >40% das espécies conhecidas (FAO, 2020). Contudo, 33% dos solos mundiais estão degradados (FAO, 2015), e a biodiversidade da biota edáfica está ameaçada por diversos estressores de origem principalmente antrópica (FAO, 2020). Nesse sentido, sistemas conservacionistas e sistemas integrados de produção (SIPA's), são modelos de uso sustentável da terra, e mais lucrativos e produtivos que os sistemas tradicionais (KICHEL et al., 2014). Esses sistemas apresentam custos de produção menores, melhores rendimentos, redução no uso de pesticidas, e colaboram para amenizar as alterações climáticas, aprimorar a segurança alimentar e a qualidade do solo (QS) (VALANI et al., 2020; COSTA et al., 2018; SÁ et al., 2017).

A QS pode ser definida como a habilidade do solo de operar dentro dos limites do meio ambiente e relacionar-se benéficamente com o ecossistema (LARSON e PIERCE, 1994). Para avaliar a QS se utilizam indicadores que são sensíveis ao manejo do solo e às alterações associadas às funções do solo (KLEIN e KLEIN, 2014). Esses indicadores podem ser parâmetros físicos, químicos e biológicos (ARAÚJO et al., 2012) que devem, preferivelmente, ser medidos simultaneamente, e avaliados de uma forma holística, integrada, como por exemplo, o método GISQ (VELÁZQUES et al., 2007), que possibilita monitorar as alterações na QS no decorrer do tempo, e pode conduzir a implantação de tecnologias de restauração do solo. Contudo, esse método tem sido pouco usado no Brasil, com apenas três estudos de caso na Amazônia (VELÁSQUEZ et al., 2012; LAVELLE et al., 2016; DEMETRIO, 2019), e quatro na Mata Atlântica (SILVA et al., 2015; CAMARGO, 2016; ZAGATTO et al., 2019; VASCONCELOS, 2020), comparando o GISQ em diferentes sistemas de uso. Até o momento, não foi realizado nenhum estudo na região do Cerrado e nem em SIPAs.

É importante avaliar a QS, com a finalidade de identificar e aprimorar sistemas de uso do solo mais sustentáveis (MEA, 2005; PULLEMAN et al., 2012; BÜNEMANN et al., 2018). No entanto, o Brasil carece de programas de monitoramento da QS em âmbito nacional, e poucos trabalhos (SANTOS et al., 2019; SIMIONI et al., 2016, BARTZ et al., 2013; BROWN e DOMÍNGUEZ, 2010)

foram realizados para classificar a QS utilizando bioindicadores. Nos estudos integrando diversos atributos e indicadores de QS, frequentemente se avaliam propriedades afetadas pelas práticas agrícolas, como a densidade do solo e a agregação (SILVA et al., 2005). Entre os parâmetros químicos frequentemente avaliados, incluem-se três categorias: i) medidores de processos ou comportamento, caracterizados pelo teor de carbono orgânico e pH do solo; ii) nutrientes disponíveis, como o nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mn); e iii) a presença de agrotóxicos, metais pesados, fosfato e nitratos, que são indicativos de ambientes contaminados (GOMES e FILIZOLA, 2006).

Para os bioindicadores o GISQ recomenda a macrofauna, mas há casos de uso da mesofauna e atributos microbiológicos (ZAGATTO et al., 2019), e estruturas biogênicas (CÉCILLON et al., 2009) para essa finalidade. Contudo, as comunidades de minhocas (incluindo identificação em nível específico) ainda não têm sido usadas como um dos subindicadores biológicos no cálculo do GISQ (somente no conjunto da macrofauna, ou sua biomassa e densidade total). As minhocas têm sido amplamente recomendadas e reconhecidas como bioindicadoras da QS (SANTOS et al., 2019; SIMIONI et al., 2016, BARTZ et al., 2013; BROWN e DOMÍNGUEZ, 2010), uma vez que, a abundância é altamente influenciada pelas condições do solo e suas populações são modificadas de acordo com a prática de manejo utilizada (BARTZ et al., 2013). A existência de um número elevado de minhocas pode proporcionar uma diversidade de funções ecossistêmicas tais como: mineralização dos nutrientes, decomposição da matéria orgânica, agregação, infiltração de água, sequestro de carbono, emissão e troca de gases, controle biológico e recuperação de solos contaminados ou degradados (LAVELLE et al., 2006; BROWN et al., 2015).

Em sistemas mais diversificados, espera-se encontrar maior riqueza e diversidade de minhocas. Portanto, espera-se que nos SIPAs haverá maiores populações e biodiversidade de minhocas em relação aos sistemas tradicionais de produção agropecuária (pastagem, lavoura), sendo as maiores populações e biodiversidade encontradas no SIPA mais diversificado (ILPF) que possuirá maior índice geral de qualidade do solo em relação aos sistemas tradicionais de produção agropecuária (pastagem, lavoura). O presente trabalho, portanto, teve como objetivo avaliar a QS e gerar um índice de qualidade geral do solo (GISQ) em diversos SIPAs e sistemas produtivos convencionais (pastoril, agropastoril, silvopastoril,

agrosilvopastoril, lavoura de grãos) em São Carlos-SP, usando como base para o subindicador biológico, a comunidade de minhocas.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

2.4.1 LOCAIS DE COLETA

As coletas de solo e de minhocas foram realizadas num experimento de longa duração instalado na Embrapa Pecuária Sudeste (Fazenda Canchim, 21° 57'S, 47° 50' W), e no campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), ambos no município de São Carlos-SP, situados a 856 m de altitude e em relevo plano a suave ondulado. O clima da região é do tipo Tropical de Altitude (Cwa), conforme a classificação de Köppen, com duas estações do ano bem definidas: estação seca, que compreende os meses de abril a setembro, com temperatura média de 19,9 °C e 250 mm de chuva e uma estação chuvosa, de outubro a março, com temperatura média anual de 23 °C e 1100 mm de chuva. O solo das áreas avaliadas foi classificado como Latossolo Vermelho-amarelo Distrófico, textura média/argilosa (CALDERANO FILHO et al., 1998), com teor médio de argila de 300 g kg⁻¹.

2.4.2 HISTÓRICO DA ÁREA E DESCRIÇÃO DOS SIPAS

A área experimental da Embrapa Pecuária Sudeste, até o ano de 1930 foi uma fazenda que cultivava café, implementado no século XIX. A partir da década de 1940 o local passou a se chamar Fazenda Canchim, e em 1974 estabeleceu-se a Embrapa Pecuária Sudeste.

Desde o ano de 2011 implementaram-se e estão sendo monitorados cinco sistemas de produção (FIGURA 1), incluindo: i) Pastejo intensivo (PI): estabelecido com pastagem rotacionada de *Urochloa brizantha* sendo manejada em condição de sequeiro com correção do solo e fertilizações anuais; ii) Pastejo Extensivo (PE), com produção de gado em pastejo contínuo da gramínea *Urochloa decumbens*; iii) Integração-Pecuária-Floresta (IPF), estabelecido com pastagem rotacionada de *U. brizantha*, arborizado com eucalipto (*Eucalyptus urograndis* clone GG100); iv) Integração-Lavoura-Pecuária (ILP), estabelecido em ciclos de rotação de culturas a cada três anos, sendo um ano com lavoura e três anos com pastagem rotacionada de *U. brizantha*, que nos períodos de renovação é implantada simultaneamente com

a lavoura de milho; v) Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), semelhante ao anterior, com rotação da pastagem de *Urochloa brizantha* com lavoura a cada três anos e com árvores de *E. urograndis* (clone GG100). Maiores informações sobre os sistemas encontram-se na TABELA 1.

Cada um dos cinco sistemas tinha duas repetições de área, de 3 ha cada, sendo que nos quatro primeiros (PI, ILP, IPF e ILPF) cada área foi conduzida em pastejo rotacionado em seis piquetes em cada área (área aproximada de 5.000 m² por piquete) com 6 dias de ocupação animal e trinta dias de descanso, e adubação anual. Nas pastagens rotacionadas (PI, IPF, ILP e ILPF) a recomendação de calagem é anual, sendo calculada para elevar a saturação de base para 60%. Na adubação de fósforo (P) é utilizado o superfosfato simples (18% P₂O₅), visando aumentar o teor de P no solo para 12 mg dm⁻³. Como fonte de Potássio (K), utilizou-se o cloreto de potássio (KCl 60% K₂O), com o objetivo de aumentar o teor de K trocável a 3% da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo. A adubação nitrogenada também foi realizada anualmente, variando entre 150 e 200 kg de nitrogênio (N) por ha, sendo aplicados na forma de uréia (CH₄N₂O) 45% N e sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄) 20% N. O pastejo nos sistemas foi realizado com animais de corte, da raça Canchim, na fase de recria, com lotação ajustada em função da oferta de forragem pré-pastejo.

Foram também selecionados dois sistemas de uso do solo tradicionais para serem avaliados, sendo eles: uma área irrigada por pivô central, cultivada com milho (*Zea mays* L.), que representa a Lavoura (LA) com 18,9 ha, situada na Embrapa Pecuária Sudeste, e uma área de plantio de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) (EU), em área da Universidade de São Carlos (UFSCar), estabelecida desde 1994, com área total de 200 ha, e situada nas proximidades da Embrapa (21° 57'44,1" S, 47° 52' 22,8" W) (TABELA 1; FIGURA 1).

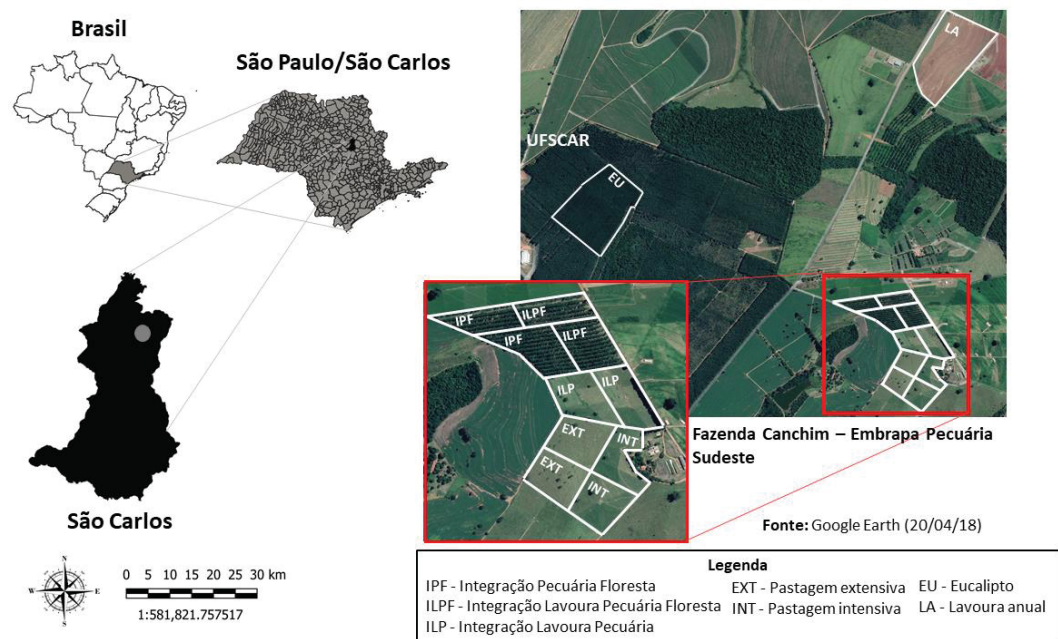


FIGURA 1 – LOCAIS DE AMOSTRAGENS NOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO, ÁREAS (AGRÍCOLAS E FLORESTAL), NA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS RESPECTIVAMENTE, EM SÃO CARLOS – SP. FONTE: O AUTOR, (2021).

TABELA 1 – DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS DE USO DO SOLO SELECIONADOS, LOCALIZADOS NA FAZENDA CANCHIM (EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE) E UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCar).

Sistema de uso do solo	Descrição
Integração-Lavoura-Pecuária Floresta (ILPF)	Em abril de 2011 foram plantadas árvores de <i>E. urograndis</i> (clone GG100), em linhas simples, com espaçamento de 15 metros entre linhas e dois metros entre plantas, caracterizando uma densidade de 333 árvores por hectare. A pastagem usada foi capim Piatã (<i>Urochloa brizantha</i> sin. <i>Brachiaria brizantha</i>). A renovação da pastagem ocorre em um terço de cada área por ano agrícola (2 piquetes), com a semeadura do capim simultaneamente com a cultura do milho (<i>Zea mays</i> L. var. DKR 390 PRO 2), para fins de silagem. O plantio ocorre no mês de novembro e a colheita em fevereiro/março. A densidade de plantio de milho é de 5 plantas por metro linear, e espaçamento entre linhas de 0,8 m.
Integração-Pecuária-Floresta (IPF)	Iniciado em 2011, os componentes (florestal e pastagem), seguindo o mesmo modelo utilizado no sistema ILPF.
Integração-Lavoura-Pecuária (ILP)	Implementado em 2011, seguindo o mesmo padrão do sistema ILPF, para os componentes pastagem e lavoura.
Lavoura (LA)	Estabelecida há mais de 10 anos, com cultivo de milho (<i>Zea mays</i> L.), irrigada por sistema de pivô central.
Eucalipto (EU)	Implantada há 24 anos (UFSCar), com plantio de eucalipto (<i>Eucalyptus</i> sp.), com apenas um corte do eucalipto, ocorrido no ano de 2007.
Pastagem Extensiva (PE)	Área usada a mais de 30 anos, com pastagem do capim <i>Urochloa decumbens</i> (Sin. <i>Brachiaria decumbens</i>) e manejada de forma extensiva sem utilização de insumos.
Pastagem Intensiva (PI)	Pastagem de <i>Urochloa brizantha</i> , a mesma dos sistemas ILPF, IPF e ILP.

FONTE: O AUTOR, (2021).

2.4.3 AMOSTRAGEM DAS MINHOCAS

Foram realizados dois tipos de amostragem em fevereiro de 2018: quantitativo e qualitativo. O método quantitativo usado foi uma modificação do método padrão do Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF) descrito em ANDERSON E INGRAM (1993), e consistiu na retirada de monólitos de solo 25 x 25 cm até 20 cm de profundidade, e na catação manual das minhocas, seguida da conservação em recipientes de plásticos contendo álcool absoluto. O método qualitativo consistiu na retirada de amostras de solo ao acaso (monólitos de 25 x 25 cm até 20 cm de profundidade), e em diversos nichos onde se poderiam encontrar minhocas (abaixo da serapilheira, de esterco, troncos podres e pedras, dentro de troncos podres, áreas mais baixas) dentro de cada parcela nos sistemas de uso.

Os sistemas de uso PE, PI, LA e EC, foram amostrados usando um transecto com 10 amostras em dois blocos, totalizando 20 pontos amostrais por tratamento. Nos sistemas de uso com componente florestal, ILPF e IPF foram considerados os renques das árvores, e os pontos amostrais foram distribuídos em 4 repetições na linha e 6 na entrelinha, totalizando 40 amostras no IPF e 60 no ILPF. No ILPF também se realizaram amostras em piquetes com pastagem e em sub-parcelas com lavoura, sendo 6 repetições na lavoura e 10 nas áreas de pastagem. Já no sistema ILP foram 6 repetições na lavoura e 10 nas áreas de pastagem (16 amostras por parcelas), totalizando 32 amostras (ANEXO 1 e 2). No total, foram coletadas 212 amostras de TSBF.

As minhocas coletadas foram identificadas com o auxílio de um microscópio estereoscópico binocular (lupa) e separadas em nível de família e gênero, com base nas características morfológicas externas e internas (observadas). Foi quantificada a abundância e biomassa dos indivíduos capturados. Os dados obtidos dos monólitos foram extrapolados para m².

2.4.4 ÍNDICES ECOLÓGICOS

A partir da abundância de cada táxon obtiveram-se os índices de diversidade Shannon e Pielou usando o programa Past (HARPER e RYAN, 2001). O Índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') é fundamentado na teoria de LUDWIG E REYNOLDS (1988). Quanto maior o valor de H', maior a diversidade da área em estudo. Ele é calculado utilizando a fórmula:

$$H' = - \sum p_i \cdot \log p_i \text{ em que: } p_i = n_i/N;$$

sendo n_i = valor de importância de cada grupo e N = total dos valores de importância.

A uniformidade dos grupos foi calculada através do Índice de Equabilidade de Pielou (e) que representa a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes (PIELOU, 1975). Seu valor apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima) e é calculado utilizando a fórmula:

$$(e) = H' / \log S$$

onde: H' = Índice de Shannon e S = Número total de grupos na comunidade.

2.4.5 ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO

De cada monólito coletaram-se amostras de solo nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, e realizaram-se análises químicas de rotina conforme metodologia da EMBRAPA (TEIXEIRA et al., 2017). Foram determinados: acidez potencial ($H+Al$), alumínio (Al^{3+}), pH em $CaCl_2$ (0,01M), bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+), soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (CTC), fósforo (P) disponível e matéria orgânica do solo (MOS), relação cálcio e magnésio (Ca/Mg), relação cálcio e potássio (Ca/K) e sulfato ($S-SO_4$). Ao lado de cada monólito, foram retiradas amostras para a realização de análises granulométricas cálculo da densidade do solo, porosidade total e umidade gravimétrica pelo método do anel volumétrico. Todos os procedimentos foram realizados de acordo com a metodologia da EMBRAPA (TEIXEIRA et al., 2017).

2.4.6 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE GERAL DE QUALIDADE DO SOLO (GISQ)

O cálculo do índice geral de qualidade do solo (GISQ) se realizou segundo VELASQUEZ et al. (2007), obedecendo as seguintes etapas: (i) análise de componentes principais (ACP) de cada um dos conjuntos de variáveis analisadas (atributos químicos, físicos, abundância e biomassa das espécies de minhocas) e avaliação da significância de sua variação entre os tipos de uso da terra; ii) identificação das variáveis que melhor diferenciam locais de acordo com a qualidade do solo; (iii) geração de sub-indicadores para as qualidades (química, física e biológica) do solo, com valores variando de 0,10 a 1,00; (iv) combinação dos três sub-indicadores em um indicador único geral (soma dos sub-indicadores). A ACP reduz os dados das variáveis originais em combinações lineares construídas em componentes principais que explicam uma grande parte da variabilidade total

original. Uma análise discriminante permite o cálculo das distâncias matemáticas entre os sistemas de uso da terra, e usa um teste de permutação que calcula a inércia total inter-classe para cada distribuição aleatória dos indivíduos dentro dos grupos.

As variáveis utilizadas para a qualidade física do solo foram: densidade do solo, porosidade total, umidade gravimétrica e granulometria (teores de areia, argila e silte). Para a qualidade química utilizou-se: pH em CaCl_2 , carbono (C), fósforo (P), K, Al, relação cálcio e magnésio (Ca/Mg), relação cálcio e potássio (Ca/K) e sulfato (S-SO_4). Para a qualidade biológica os parâmetros foram: abundância de cada táxon de minhocas (*Dichogaster* sp., *Glossoscolex* sp., *Fimoscolex* sp., *Pontoscolex corethrurus* e Juvenis não identificados), abundância total e riqueza.

2.4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para avaliar as diferenças nos atributos químicos, físicos, abundância, biomassa total e de cada espécie de minhoca, e os índices de diversidade entre os diferentes tratamentos avaliados, os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de médias a 5% de significância pelo teste de Tukey, quando detectada distribuição normal dos dados, e pelo teste de Kruskal Wallis para dados não paramétricos, utilizando o programa Statistica 7 e SigmaPlot 11.0 (STATSOFT, 2004; SYSTAT SOFTWARE, 2016). Nas áreas de ILP e ILPF, avaliou-se, usando ANOVA possíveis diferenças entre a abundância total e das espécies de minhocas nas sub-parcelas com lavoura e com pastagem, e no IPF e ILPF, avaliou-se a presença dos renques de eucalipto em relação à pastagem. Para verificar relação entre os atributos químicos e físicos do solo avaliados e a comunidade de minhocas, realizou-se uma análise de redundância (RDA), utilizando o programa R (R CORE TEAM, 2015) e matriz de correlações, usando o programa Statistica 7.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.5.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO

Todos os sistemas de uso apresentaram solos ácidos em pH CaCl_2 , variando entre 4,22 (EC) e 5,55 (ILP), sendo os maiores valores encontrados em LA e ILP e o menor pH em EU, onde a acidez potencial (H+Al) também foi significativamente mais alta que nos demais sistemas (TABELA 2). Pesquisas

realizadas por KLUG et al. (2020) e MASCHIO et al. (2014) em florestas de eucalipto também encontraram baixos teores de pH CaCl_2 . Pode-se atribuir tal fato à não aplicação periódica de corretivos de acidez do solo (KLUG et al., 2020), o que também é evidenciado pelo baixo teor de Ca e baixo valor de SB no EU da UFSCar.

O maior teor de Al^{3+} foi encontrado em PE, diferindo estatisticamente do sistema LA. Os cátions disponíveis (Ca^{2+} e Mg^{2+}) foram mais expressivos no sistema ILP quando comparados aos outros (ILPF) e (IPF), no entanto o maior teor de potássio (K^+) ocorreu no ILPF. Os menores teores de matéria orgânica foram encontrados no EU e na LA, associados aos maiores teores de areia que nos demais sistemas (TABELA 2 e 3), o que favorece a oxidação da MO devido a pouca proteção que essa fração exerce sobre a conservação do Carbono (BALIEIRO et al., 2008). O manejo mais intenso do solo, particularmente em LA, e a ausência de rotação incluindo pastagens, que contribuem para aumentar os teores de MO no solo (LOURENTE et al., 2007), pode também ser um fator importante para os baixos teores de MO nesses dois sistemas.

Os teores de MO nos SIPA's variaram de 17,65 g/dm³ (IPF) a 19,72 g/dm³. Pesquisas realizadas por BIELUCZYK et al., (2020), também constataram o incremento da MO em SIPA's, atribuindo o aporte de C às raízes das braquiárias (LOSS et al., 2012b; SALTON et al., 2011) e ao pastoreio intensivo, que possibilita a renovação das raízes e decomposição contínua dos exsudatos, ricos em polissacarídeo.

Houve um incremento de fósforo (P) nos sistemas LA e ILPF (TABELA 2), diferente dos resultados encontrados por SILVA et al., (2008), que constatou maiores teores de P em ILP. O acúmulo de P na camada superficial do solo ocorre devido à sua baixa mobilidade (CENTURION et al., 1985; RHEINHEIMER e ANGHINONI, 2001), e pode ser atribuído à adubação superficial realizada nesses sistemas (ALMEIDA et al., 2005).

A porcentagem de umidade do solo variou de 6,2 (LA) à 13,6 (PI), e não houve diferença significativa entre os sistemas integrados (ILPF, ILP, IPF), mas os mesmos diferiram dos sistemas LA e EU (maiores teores de areia) (TABELA 3). Estudos realizados por PEZZOPANE et al., (2020), na mesma área obtiveram resultados superiores de umidade nos sistemas ILP (0,23) e ILPF (0,21), e os baixos teores de umidade encontrados, podem ser atribuídos a maior quantidade de água absorvida pelas raízes das árvores e consequentemente maior drenagem em

decorrência da melhor estruturação do solo, promovida pelos sistemas radiculares das árvores (BENAVIDES et al., 2009; MCIVOR et al., 2008).

A densidade do solo foi maior na LA do que nos demais sistemas (TABELA 3), provavelmente devido ao trânsito intenso de maquinário nesse sistema para os tratamentos culturais (semeadura, aplicação de insumos, incluindo adubação e fitossanitários), que tende a causar compactação do solo. Os SIPA's tendem a promover a qualidade física do solo, já que disponibilizam um aporte de fitomassa e incorporam gramíneas forrageiras como a *U. brizantha* que tende a melhorar a estrutura física do solo (PARISOTO et al., 2018; Santos et al., 2011).

TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO DOS DIFERENTES SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, ECOSSISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAL EM SÃO CARLOS – SP.

Localidade	Sistemas de uso	Atributos químicos									
		pH	H + Al	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC	P	C
		CaCl ₂	mg/dm ³								
Embrapa Pecuária Sudeste	ILPF	5,31 ^{abc}	2,928 ^b	0,07 ^{ab}	2,975 ^{cd}	1,331 ^{bcd}	0,17 ^a	4,485 ^{abod}	7,41 ^{abc}	25,00 ^b	19,72 ^a
	ILP	5,55 ^a	1,841 ^{cd}	0,02 ^{ab}	4,160 ^a	1,832 ^a	0,11 ^{abcd}	6,099 ^a	7,94 ^{abc}	16,28 ^{cd}	19,56 ^a
	IPF	5,11 ^{abc}	2,582 ^{bc}	0,12 ^{ab}	2,372 ^{cd}	1,063 ^{bode}	0,05 ^d	3,474 ^{de}	6,31 ^{ef}	11,08 ^{cd}	17,65 ^a
	LA	5,50 ^a	2,475 ^{bc}	0,00 ^b	3,615 ^{abc}	1,818 ^{ab}	0,16 ^{ab}	5,590 ^{abc}	8,07 ^{ab}	69,78 ^a	10,97 ^b
	PI	5,40 ^{ab}	1,735 ^d	0,20 ^{ab}	3,470 ^{abc}	1,588 ^{abc}	0,10 ^{bcd}	5,148 ^{abod}	6,88 ^{cdef}	13,35 ^{cd}	22,11 ^a
UFSCar	PE	4,96 ^c	3,030 ^b	0,50 ^a	2,095 ^{de}	0,953 ^{ef}	0,14 ^{abc}	3,195 ^{ef}	6,22 ^f	11,78 ^{cd}	21,55 ^a
	EU	4,22 ^d	4,803 ^a	0,37 ^{ab}	1,080 ^e	0,625 ^f	0,07 ^{cd}	1,798 ^f	6,60 ^{def}	8,55 ^d	10,56 ^b

FONTE: O AUTOR, (2021)

TABELA 3 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO DOS DIFERENTES SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, ECOSSISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAL EM SÃO CARLOS – SP.

Localidade	Sistemas de uso	Textura	Atributos Físicos					
			Areia	Argila	Silte	Umidade	Densidade	Porosidade Total
				(g kg ⁻¹)			%	
Embrapa Pecuária Sudeste	ILPF	Franco Argilo Arenoso	632,15 ^{bc}	300,95 ^{bc}	66,90 ^{ab}	12,14 ^b	1,26 ^b	37,27 ^b
	ILP	Franco Argilo Arenoso	625,55 ^{ab}	319,72 ^c	54,73 ^a	12,85 ^{ab}	1,22 ^b	42,06 ^c
	IPF	Franco Argilo Arenoso	605,82 ^a	317,92 ^c	76,26 ^{bc}	12,80 ^{ab}	1,30 ^b	35,39 ^b
	LA	Franco Arenoso	744,03 ^d	189,03 ^a	66,94 ^{ab}	6,20 ^d	1,45 ^a	27,90 ^a
	PI	Franco Argilo Arenoso	657,75 ^c	275,25 ^b	67,00 ^{ab}	13,60 ^{ab}	1,21 ^b	33,96 ^b
	PE	Franco Argilo Arenoso	639,83 ^{bc}	285,75 ^{bc}	74,42 ^{ac}	12,61 ^{bc}	1,33 ^b	36,51 ^{bc}
UFSCar	EU	Franco Argilo Arenoso	711,55 ^d	212,20 ^a	76,25 ^{bc}	8,71 ^e	1,21 ^b	40,10 ^{bc}

FONTE: O AUTOR, (2021).

2.5.2 ABUNDÂNCIA E BIOMASSA DE MINHOCAS

Ao todo, considerando tanto as amostras quantitativas quanto as qualitativas, encontraram-se oito espécies de minhocas nas áreas avaliadas, pertencentes a cinco famílias (TABELA 4). As maiores abundâncias (193 e 148 indiv. m^{-2}) foram encontradas nos sistemas ILPF e IPF (TABELA 5, FIGURA 2-A), com presença de duas espécies nativas (*Fimoscolex* n.sp.7 e *Glossoscolex* n.sp.9) e diversas exóticas (*P. corethrurus* e *Dichogaster* spp.). Antes da implementação dos SIPAs, as áreas da fazenda Canchim tinham cultivos de café e pastagens, sistemas de uso que favorecem a presença de maiores números de minhocas e de espécies nativas (particularmente as pastagens) (BROWN e JAMES, 2007; NUNES., 2006; BARTZ et al. 2009, 2014). Estudos realizados por BRIGANTE, (2000) na fazenda Canchim em áreas de pastagens também obtiveram altas populações de minhocas, e podemos inferir que dentro dos sistemas ILPF e IPF a presença das gramíneas associado ao pastoreio intensivo e ao processo de decomposição e da renovação das raízes, contribuem para o aporte de MO BIELUCZYK et al., (2020), e consequentemente estimulam a população de minhocas.

De fato, a abundância de minhocas nos plantios de *Eucalyptus* e nos SIPAs ILPF e IPF foi maior do que na LA, corroborando com resultados encontrados por outros autores (NUNES et al., 2006; BARTZ et al., 2014; NADOLNY et al., 2020). Isso confirma a importância também do componente florestal para a abundância de minhocas nos SIPAs. Contudo, a maior parte dos dados disponíveis sobre minhocas em SIPAs são para o bioma da Mata Atlântica, e nenhum deles incluiu a identificação das minhocas coletadas (NADOLNY et al., 2020; TABELA 5), sendo esse estudo o primeiro a fazer identificação das mesmas em SIPAs. Até o momento, somente um IPF e dois ILPFs foram avaliados: os dois locais do Paraná tiveram baixa abundância de minhocas (<20 indiv. m^{-2}), e somente o ILPF de Planaltina-DF (MARCHÃO et al., 2009), apresentou alta abundância (386 indiv. m^{-2}). Isso ressalta a necessidade de maiores esforços de coleta em SIPAs, particularmente em IPF e ILPF, tanto no Brasil quanto globalmente, para entender melhor como esses sistemas afetam as populações de minhocas (NADOLNY et al., 2020).

A abundância encontrada nas áreas de ILP variou entre 0 indiv. m^{-2} em Dourados-MS (SILVA et al., 2006) e 474 indiv. m^{-2} em Jardim Olinda-PR (FRANCHINI et al., 2009), nas áreas no bioma Mata Atlântica. No Cerrado, a adoção de ILP com plantio direto e rotação de culturas incluindo culturas de cobertura e fase

de pastagem, pode aumentar a densidade de minhocas, chegando a >400 indiv. m^{-2} em Planaltina-DF (MARCHÃO et al., 2009), mas apenas 96 indiv. m^{-2} em Correntina-BA (MARCHÃO et al., 2008). Isso se deve principalmente à ausência da perturbação do solo e à adição de matéria orgânica morta acima e dentro do solo, fatores importantes para as populações de minhocas em um dado local (LAVELLE et al., 2001; BROWN et al., 2003).

TABELA 4. ABUNDÂNCIA E BIOMASSA DE MINHOCAS NOS DOS DIFERENTES SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, ECOSSISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAL, SITUADOS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E NA UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCAR) EM SÃO CARLOS – SP.

Origem, Famílias e espécies de minhocas	SISTEMAS DE USO													
	ABUNDÂNCIA (N° Indivíduo m ²)							BIOMASSA (gm ⁻²)						
	ILPF	ILP	IPF	EU	LA	PI	PE	ILPF	ILP	IPF	EU	LA	PI	PE
Exóticas														
Rhinodrilidae														
<i>Pontoscolex corethrurus</i>	108*	61*	154,8*	121,6*	20*	52*	56*	14,84	8,80	25,60	22,09	2,24	7,43	7,49
Acanthodrilidae														
<i>Dichogaster affinis</i>	0*	2,5*	0	0	0	0*	0	0	0,02	0	0	0	0	0
<i>Dichogaster bolaii</i>	4,8*	17,5*	3,2	0	7,2	4*	8,8	0,10	0,32	0,08	0	0,17	0,06	0,23
<i>Dichogaster saliens</i>	0	0	0	0	0,8*	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0
<i>Dichogaster juvenis</i>	0*	9,5	0	0	2,4	0	0	0	0,09	0	0	0,06	0	0
Megascolecidae														
<i>Megascolecidae juvenis</i>	0*	0	0	0	0	0,8	1,6	0	0	0	0	0	0	0
Nativas														
<i>Ocnerodrilidae sp.</i>	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0
Glossoscolecidae														
<i>Fimoscolex n.sp.7</i>	0,53*	5	0,8	0	8,8	9,6	4,8	0,03	0,11	0,01	0	0,26	0,25	0,17
Glossoscolex n.sp.9														
<i>Glossoscolecidae juvenis</i>	0	0,5	1,2	0	0	4,8	0	0	0,09	0,15	0	0	0,61	0
<i>Glossoscolecidae juvenis</i>	0	0	1,6	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0
Juvenis não identificados	17,6	2,5	8,8	0	2,4	10,4	28,8	0,35	0,11	0,39	0	0,06	0,18	1,03
Pedaços	Não quantificados (apenas pesados)							2,01	0,48	2,30	1,90	0,68	0,69	0,96

* Asterisco denota que a espécie foi encontrada nas amostras qualitativas. FONTE: O AUTOR, (2021).

TABELA 5 - POPULAÇÕES DE MINHOCAS EM ÁREAS COM SIPAS NO BRASIL. DADOS RETIRADOS DE DIVERSAS FONTES.

Local e Estado	Tipo de SIPA	Abundância (Indiv. m ⁻²)	Referência
Cerrado			
Planaltina-DF	ILP	16-448	Marchão et al., (2009)
	ILPF	381	Businguer, (2018)
Correntina-BA	ILP	0-96	Marchão et al., (2008)
Maracaju-MS	ILP	3-109	Batista et al., (2014)
	ILP	282	Lourente et al., (2007)
Mata Atlântica			
Dourados-MS	ILP	0-27	Silva et al., (2006)
	ILP	9-10	Portilho et al., (2011)
Ponta Grossa-PR	ILP	21-62	Zagatto, (2014)
	ILPF	4-9	Zagatto, (2014)
Jardim Olinda-PR	ILP	19-474	Franchini et al., (2009)
Cianorte-PR	IPF	20	Jardevski e Silva, (2005)
Três Barras-SC	ILP	135	Clasen, (2011)

FONTE: O AUTOR, (2021)

Outro sistema com alta abundância foi o EU, mas nesse observou-se exclusivamente a presença de *P. corethrurus*. No Brasil, o *Eucalyptus* é uma das espécies florestais mais plantadas, mas a serrapilheira dessa árvore possui baixa qualidade nutricional para minhocas (BERNHARD-REVERSAT et al., 2001). Contudo a grande tolerância da espécie *P. corethrurus* por solos com diferentes condições físicas e químicas, pode explicar sua presença e dominância no EU. Na revisão de MASCHIO et al. (2014); em floresta de eucalipto, também foram encontradas altas populações de minhocas, e ampla distribuição de *P. corethrurus*, mundialmente.

No IPF e ILPF, não houve diferença significativa na abundância das minhocas na linha vs. entrelinha das árvores, na pastagem e na lavoura (Anexos 4 e 6). O mesmo ocorreu nas linhas vs. entrelinhas do milho nas lavouras do ILP e ILPF (Anexo 4 e 5). Enquanto aos subcomponentes dos sistemas, observou-se apenas diferença na abundância de minhocas entre a pastagem e a lavoura, no sistema ILP (Anexo 5) e na área pastejada e não pastejada do IPF (Anexo 6).

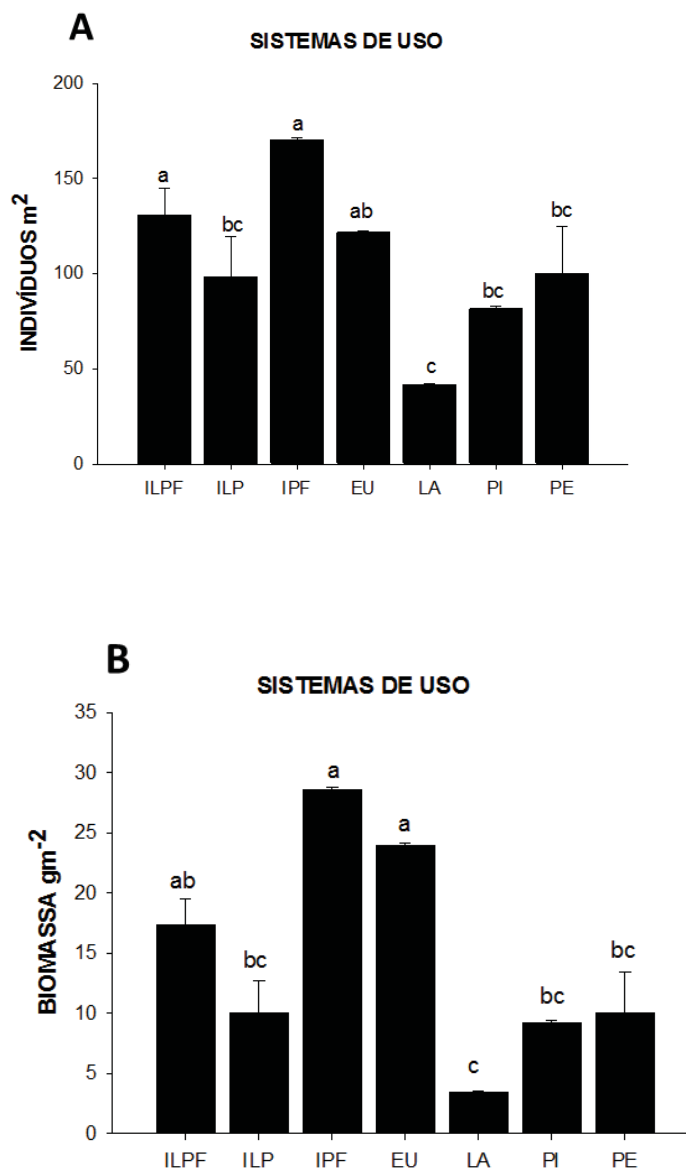


FIGURA 2 – (A) ABUNDÂNCIA (Nº IND. m^{-2}) E (B) BIOMASSA ($g m^{-2}$) DE MINHOCAS NOS DIFERENTES SISTEMAS DE USO, SITUADOS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E NA UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS EM SÃO CARLOS – SP. LETRAS DIFERENTES EM CIMA DA COLUNA REPRESENTAM VALORES SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES ENTRE OS SISTEMAS AVALIADOS.

FONTE: O AUTOR, (2021).

No IPF e EU observaram-se maiores valores de biomassa (TABELA 4 e FIGURA 2-B) quando comparado aos demais sistemas de uso do solo, mas em EU, foi somente encontrada a espécie *P. corethrurus*. MASCHIO et al. (2014) também encontraram grande parte da biomassa (90%) atribuída a essa espécie em plantios de eucalipto em Colombo-PR. Nos SIPAs e no EU, a alta população e biomassa de minhocas pode estar favorecendo a estruturação do solo por meio da produção de galerias e coprólitos (excrementos), e a estimulação da atividade microbiana, ajudando a promover também o crescimento vegetal (BROWN et al., 2004). De fato, nesse sistema foi encontrado o segundo valor mais alto de porosidade total do solo entre os sistemas de uso avaliados (Tabela 3). As minhocas ingerem e defecam solo ao cavar, criando assim, uma rede de galerias (abertas ou fechadas) horizontais e verticais, beneficiando a infiltração de água e a troca de gases. Já os coprólitos podem ter formas irregulares, globulares, tubulares ou granulares (BROWN et al., 2004), e são nichos de mais alta disponibilidade de nutrientes e de atividade de microrganismos mineralizadores (BARTZ et al., 2010; VAN GROENIGEN et al., 2019).

Os menores valores de biomassa foram encontrados em PI, PE e LA (FIGURA 2-B), e podem ser atribuídos as espécies de minhocas dos gêneros *Dichogaster*, *Fimoscolex* e *Glossoscolex*, que geralmente possuem tamanhos inferiores a 5 cm, e baixa biomassa individual. Esses resultados se assemelham aos de SAUTTER et al. (2006) e BROWN et al. (2003) em áreas de culturas anuais no Paraná, onde encontrou-se biomassa muito baixa para esses gêneros de minhocas.

2.5.3 DIVERSIDADE DAS MINHOCAS

Os valores dos índices de Shannon variaram de 1,18 a 0,67, enquanto os valores de Pielou foram de 0,90 a 0,57 (TABELA 6). Os valores dos índices de Shannon observados nos sistemas integrados ILPF, ILP, IPF, não foram diferentes aos da PE e do EU, mas foram maiores que na PI e LA. No caso dos sistemas integrados a maior diversidade de espécies poderia ser devido a uma maior variedade do aporte vegetal, que promove uma matéria orgânica diversificada (SILVEIRA et al., 2016), já que a diversidade de minhocas pode ser influenciada pela diversidade e tipo de vegetação (LAVELLE, 1996; BROWN et al., 2006).

Os sistemas de uso ILPF (0,82) e IPF (0,84) tiveram índices de Pielou semelhantes que o EU, e maiores que o ILP, PE e LA. O maior valor do sistema EU (0,90), se justifica pela dominância absoluta de uma única espécie encontrada (*P. corethrurus*) (CIANCIARUSO et al., 2009). Contudo, no ILPF e IPF, a diversificação do sistema e a presença de árvores parece estar estimulando a equitabilidade da comunidade de minhocas. O aumento na diversidade de espécies no sistema produtivo e também na biodiversidade do solo é um importante passo em direção à uma agricultura mais sustentável, e também pode afetar a produtividade (BENDER et al., 2014). Nesse sentido, os resultados desse trabalho mostram como os SIPAs são importantes também para a riqueza e diversidade de minhocas, particularmente comparado com os sistemas mais intensivos (LA) ou a monocultura (EU). As condições ambientais criadas pelo manejo em SIPAs, aumentam a reciclagem e rotatividade da MOS favorecendo a atividade da fauna no solo (VALANI et al., 2020).

TABELA 6 – RIQUEZA DE ESPÉCIES, ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE SHANNON (H) E EQUITABILIDADE DE PIELOU (E), DAS MINHOCAS COLETADAS EM DIFERENTES SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, ECOSSISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAL EM SÃO CARLOS – SP.

ÍNDICES DE DIVERSIDADE	SISTEMAS DE USO						
	ILPF	IPF	ILP	PI	PE	LA	EU
RIQUEZA total (no. espécies)	5	3	5	6	4	4	1
SHANNON	1,06 ^a	1,09 ^a	0,83 ^a	0,67 ^b	1,04 ^a	0,67 ^b	1,18 ^a
PIELOU	0,82 ^a	0,84 ^a	0,57 ^b	0,85 ^a	0,57 ^b	0,60 ^b	0,90 ^a

FONTE: O AUTOR, (2021)

2.5.4 MINHOCAS COMO BIOINDICADORAS DE ATRIBUTOS EDÁFICOS

A abundância e biomassa total das minhocas, considerando todos os tratamentos esteve negativamente relacionada com diversos atributos químicos do solo (Ca, pH, CTC, P) e o teor de areia, mas positivamente relacionada com a umidade do solo, H+Al, Al e S (FIGURA 3 A e B). Esses atributos estiveram também

significativamente correlacionados com a abundância e biomassa da espécie *P. corethrurus*, a mais abundante e amplamente distribuída das espécies encontradas nos sistemas de uso avaliados. Portanto, a presença dessa minhoca esteve associada a solos mais pobres quimicamente, particularmente os do EU. Isso pode ser observado também nas figuras da RDA (FIGURA 4), que mostram a abundância e biomassa total fortemente relacionada com essa espécie, e no outro extremo do eixo 1 principal da RDA, associado a um gradiente de fertilidade do solo. Contudo, a matriz de correlações realizada apenas usando os sistemas integrados ILP e ILPF também mostraram uma relação positiva entre a abundância total de minhocas e de *P. corethrurus* e a acidez potencial (H+Al) em ambos os sistemas, e negativa com a abundância total e a SB em ILP (ANEXOS 7 e 8). Essas relações, somadas com a associação positiva da abundância e biomassa total, e de *P. corethrurus* com alguns atributos físicos como a umidade, teor de silte e aporosidade, e negativos com a areia parece confirmar que essa espécie se dá melhor em solos mais pobres quimicamente, e em solos menos arenosos e com melhor estruturação.

Em contraste, as outras espécies de minhocas encontradas não tiveram uma forte associação negativa com os atributos químicos do solo (FIGURA 3-A), ao contrário, demonstrando correlações positivas com o pH (*Dichogaster* sp.), Ca/K (*Fimoscolex* sp.) e o teor de C no solo (Megascolecidae), situações encontradas principalmente nos SIPAs ou com presença de somente pastoreio (PI, PE), respectivamente. Apesar de significativas, essas relações possuem um valor de correlação (R) muito baixo, indicando que outros fatores são mais importantes na explicação de suas populações. Nesse sentido, os resultados desse trabalho demonstram que os sistemas de uso são importantes determinantes da comunidade de minhocas, que também podem ser afetadas pelas práticas culturais adotadas (DEMETRIO et al., 2020).

Na RDA da abundância (FIGURA 4A), o primeiro eixo (CP1) explicou 74,3% da variação nos dados, e o segundo eixo (CP2) 7,8%. As espécies de *Dichogaster* e *P. corethrurus* mostraram preferências diferentes, com as *Dichogaster* spp. sendo influenciadas mais pelos teores de P e pH (parâmetros químicos) e de areia. Como mencionado anteriormente, a *P. corethrurus* esteve negativamente associada à acidez do solo, P e aos cátions, e positivamente associada aos teores de S e silte. Na RDA da biomassa (FIGURA 4B), o eixo 1 explicou 82,7% e o eixo 2 10% da variação nos dados, mas os resultados foram similares aos observados com a

densidade. As outras espécies encontradas não mostraram clara associação entre as variáveis explicativas selecionadas, e não apresentaram muita diferença entre si. Isso possivelmente se deva à baixa abundância das mesmas nos sistemas de uso avaliados (TABELA 4).

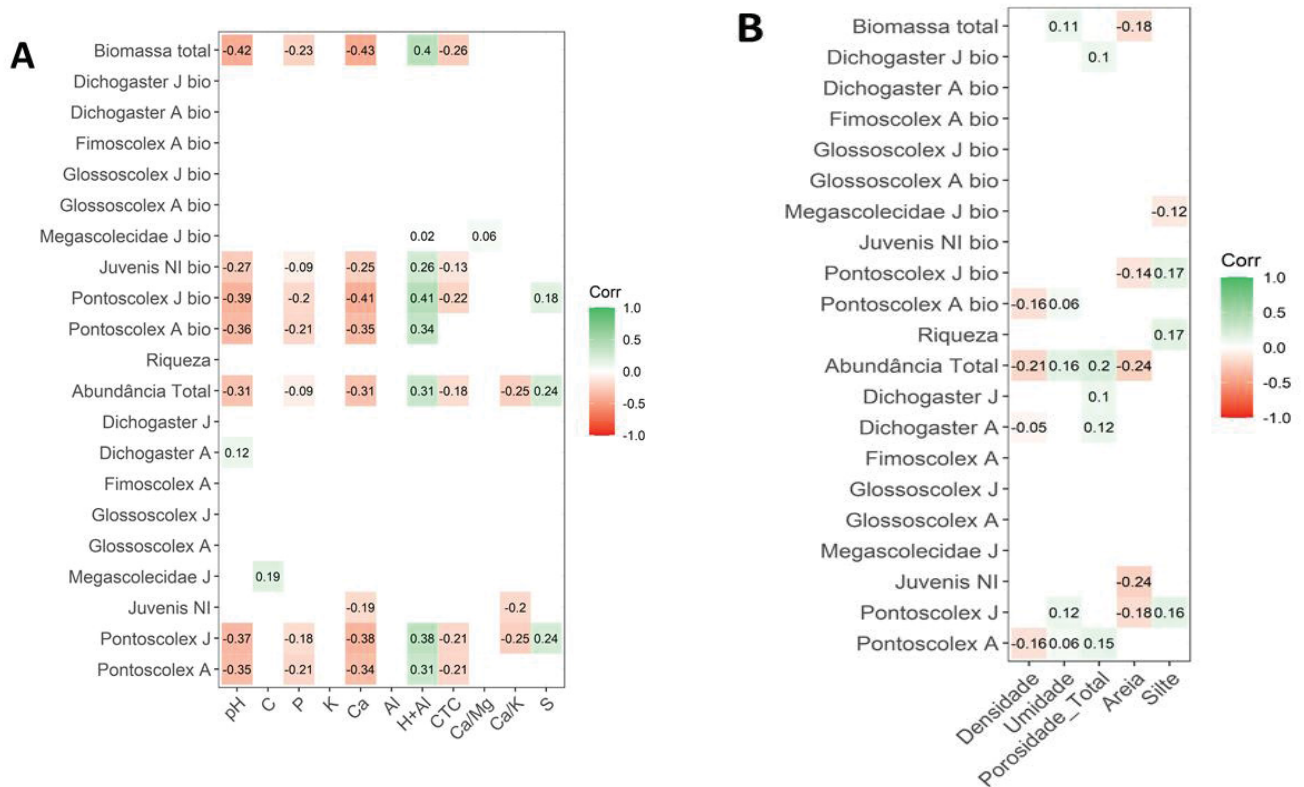


FIGURA 3 – MATRIZ DE CORRELAÇÃO (VALOR DO COEFICIENTE DE SPEARMAN) DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS (3-A) E (3-B) ATRIBUTOS FÍSICOS DOS SOLOS COM AS ESPÉCIES DE MINHOCAS (ABUNDÂNCIA E BIOMASSA) COLETADAS EM ÁREAS DE SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO E OUTROS ECOSSISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAL, LOCALIZADOS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCar) EM SÃO CARLOS – SP. FONTE: O AUTOR, (2021).

LEGENDA: (pH em CaCl; C: carbono orgânico; P_res: fósforo; K_res: potássio; Ca: cálcio; Al: alumínio; H +Al: acidez potencial; CTC: capacidade de troca catiônica; Ca/Mg: relação cálcio/magnésio; Ca/K: relação cálcio/potássio; S: enxofre).

Muitas pesquisas realizadas no Brasil, tem evidenciado a relação entre as populações de minhocas e os atributos do solo, especialmente pH, Ca, Mg, P, Al, matéria orgânica, textura e densidade aparente (BROWN et al., 2003; SILVA, 2010; LIMA, 2011; BARETTA et al., 2013; BARTZ et al., 2013). Entretanto essas relações

são complexas de determinar, uma vez que o solo é um ambiente multivariado onde muitos fatores atuam e interagem simultaneamente, influenciando-o como hábitat para a atividade e desenvolvimento das populações de minhocas (NADOLNY et al., 2020). No presente caso, pudemos mostrar como as espécies endogeicas polihumicas e epiendogeicas de *Dichogaster* se diferenciaram enquanto ao nicho preferencial, da endogeica mesohumica *P. corethrurus*, ajudando a evidenciar como elas podem co-existir em grandes quantidades no mesmo local, assim evitando competição por recursos (alimento e espaço). Já a relação positiva do teor de C com as Megascolecidae confirma a importância desse recurso alimentar para manutenção dessas minhocas epiendogeicas, que tendem a se alimentar mais na camada superficial e palhada sobre o solo (Brown et al., 2003, 2006).

2.5.5 ÍNDICE GERAL DA QUALIDADE DO SOLO

Os dois primeiros eixos da ACP (CP1 e CP2) feita usando os subindicadores químicos responderam por 50,6% da variância nos dados (FIGURA 5A e 5B), e separaram o sistema EU dos demais sistemas avaliados. Essa separação do EU é principalmente devido ao menor pH e maior teor de Al associado ao EU e ao primeiro eixo da ACP (CP1), em relação aos demais sistemas. O segundo eixo esteve associado aos teores de K e P no solo, e levou a uma leve separação dos sistemas com maiores teores desses nutrientes (LA, ILPF) daqueles com menores teores (PI e IPF).

A ACP dos subindicadores físicos (FIGURA 5C e 5D), explicou 70,1% da variância nos dados nos dois primeiros eixos, sendo o primeiro eixo responsável por separar os sistemas LA, EU e PE dos demais, a partir das frações granulométricas (teores de areia, silte e argila), e densidade e umidade do solo. Nos sistemas PI, IPF, ILPF e ILP a densidade e umidade, assim como os teores de argila foram mais altos que nos demais sistemas. O segundo eixo esteve relacionado principalmente com a porosidade total, e separou a LA e PI (menor porosidade) da PE e EU.

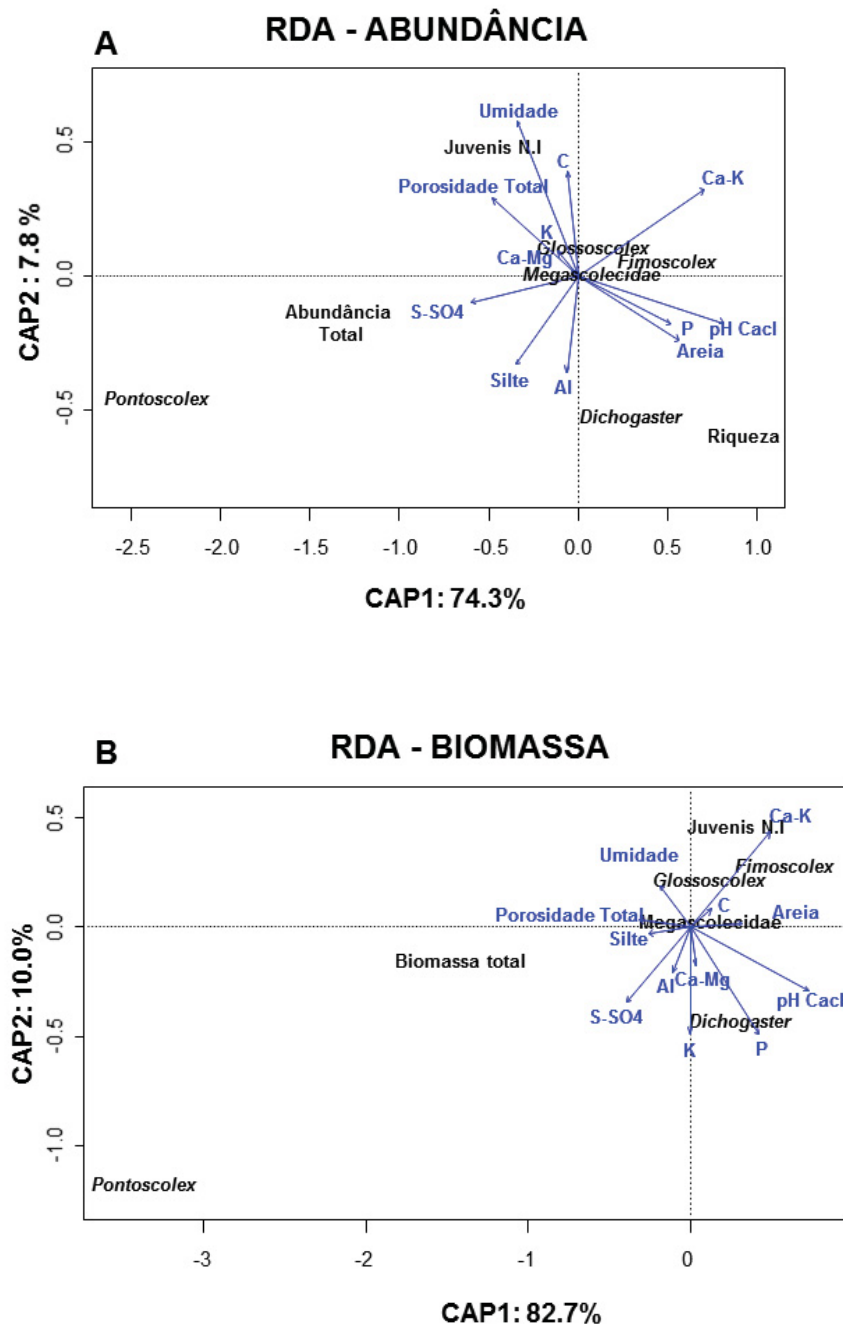


FIGURA 4 – ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA COMBINADA COM COMPONENTE PRINCIPAL 1 (PC1) E O COMPONENTE PRINCIPAL 2 (PC 2), CONSIDERANDO, ABUNDÂNCIA (A) E BIOMASSA (B) DE MINHOCAS E VARIÁVEIS PRINCIPAIS E PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DOS SOLOS (VÁRIAVEIS RESPOSTAS), COLETADAS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCar) EM SÃO CARLOS – SP. LEGENDA: ATRIBUTOS QUÍMICOS: S-SO₄ (SULFATO); Ca-Mg (RELAÇÃO CÁLCIO E MAGNÉSIO); Ca-K (RELAÇÃO CÁLCIO E POTÁSSIO); Al (ALUMÍNIO); K (POTÁSSIO); P (FOSFORO); C (CARBONO); ATRIBUTOS FÍSICOS: UMIDADE; POROSIDADE TOTAL; AREIA; SILTE; FONTE: O AUTOR, (2021).

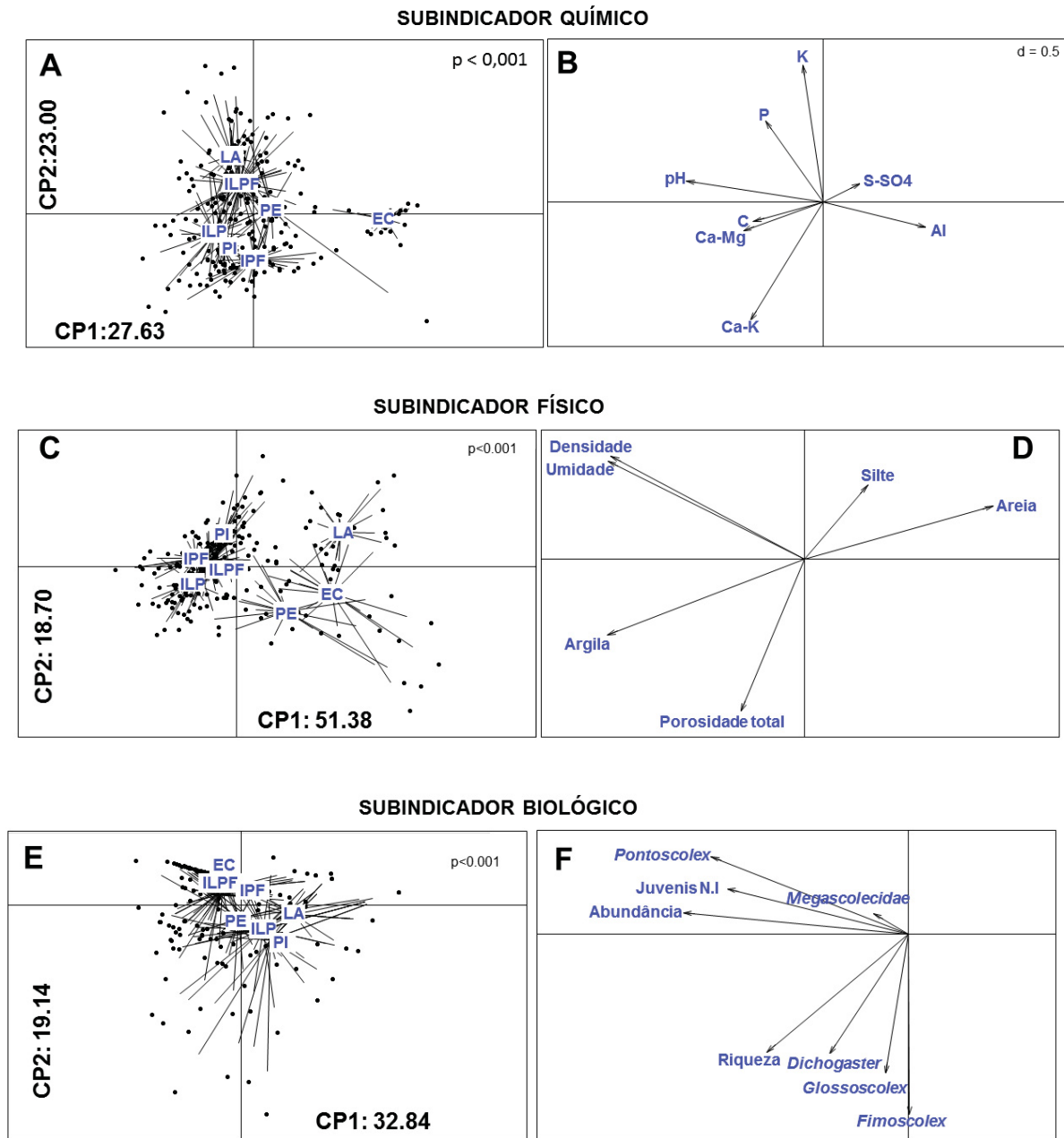


FIGURA 5 – PROJEÇÃO DAS ÁREAS EM ESPAÇO FATORIAL PELA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP) DOS SUBINDICADORES QUÍMICOS (A-B), FÍSICOS (C-D), BIOLÓGICOS (E-F), EM DIFERENTES SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO E OUTROS ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAL, LOCALIZADOS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCar) EM SÃO CARLOS – SP. FONTE: O AUTOR, (2021).

Já a soma dos dois primeiros eixos da ACP dos subindicadores biológicos (FIGURA 5E e 5F) explicou 51,5% da variância dos dados, e separou principalmente os sistemas LA, PI e ILP do EU e ILPF. Essa separação deveu-se, principalmente à abundância das minhocas, particularmente a espécie *P. corethrurus* e os juvenis não identificados, encontrados em maior quantidade no EU. O segundo eixo separou principalmente o EU da PI, e deveu-se à presença de outras espécies de minhocas (*Dichogaster*, *Fimoscolex*, e *Glossoscolex* spp.) mais abundantes na PI e ausentes no EU.

Os valores dos subindicadores químicos, físicos e biológicos (TABELA 7) mostram que, para o subindicador químico apenas o sistema EU (0,2) foi classificado como tendo baixa qualidade, enquanto as áreas ILPF, IPF, PE e LA tiveram maior qualidade, todos com valor igual a 0.5. Este subindicador, cujos valores variam entre 0,1 e 1, tem por objetivo avaliar a fertilidade do solo, especialmente o fornecimento dos nutrientes para as plantas, e consequentemente a qualidade dos solos de sustentar a produção primária (VELÁSQUEZ et al., 2007). As propriedades químicas refletem na qualidade da água, no poder tampão e no desenvolvimento das plantas (GOMES, 2011), e com isso podemos inferir que baixos valores de qualidade química poderiam causar o comprometimento da produtividade agrícola, numa escala futura. Nesse sentido, apenas o EU representaria um sistema degradado quimicamente, precisando de correção de fertilidade, apesar de todos os sistemas estarem com valores médios, que podem ser melhorados com técnicas de restauração do equilíbrio da fertilidade, já que o subíndice considera os atributos de forma conjunta.

No subindicador físico, o menor valor de qualidade também foi encontrado em EU (0,3) e os sistemas com maior qualidade (0,6) foram IPF, PE e PI (TABELA 7). Este subindicador está correlacionado principalmente com a estrutura física do solo, que reflete as funções e propriedades hidráulicas do solo, como infiltração e armazenamento de água no perfil do solo (SANTOS et al., 2019). Novamente, apenas o EU demonstrou ser um sistema degradado fisicamente, necessitando de atenção, enquanto à recuperação das propriedades físicas. Por se tratar de um plantio abandonado, sugere-se nesse caso a realização de novos estudos utilizando uma área de plantio de EU, devidamente e adequadamente manejada.

O subindicador biológico, calculado utilizando os dados de diversidade e abundância das espécies de minhocas nos diferentes sistemas de uso do solo, apresentou os menores valores de qualidade em ILP e PI, (0,3) enquanto o maior valor foi encontrado no ILPF (0,5). Contudo, todos os sistemas tiveram notas baixas ou médias, indicando que uma melhoria na qualidade biológica dos solos de todos eles é desejável. Não obstante, é a primeira vez que se realiza o cálculo de GISQ usando apenas a comunidade de minhocas, e seria importante realizar outros trabalhos similares para confirmar a utilidade da comunidade de minhocas como indicador usando o GISQ.

O índice geral de qualidade do solo (GISQ), foi maior no sistema ILPF (0,6), menor no EU (0,3) e intermediário nos demais sistemas de uso. Com isso, podemos inferir que o sistema ILPF possui a melhor qualidade geral do solo em relação aos demais sistemas de uso, confirmando a hipótese de que o sistema mais completo teria a melhor qualidade do solo.

TABELA 7 - VALORES MÉDIOS DOS SUBINDICADORES E DO GISQ EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO DO SOLO NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCar) EM SÃO CARLOS – SP.

Sistemas de Uso	Subindicadores			GISQ TOTAL
	Biológicos	Físico	Químico	
ILPF	0.5	0.5	0.5	0.6
ILP	0.3	0.5	0.4	0.4
IPF	0.4	0.6	0.5	0.5
EU	0.4	0.3	0.2	0.3
PE	0.4	0.6	0.5	0.5
PI	0.3	0.6	0.4	0.4
LA	0.4	0.5	0.5	0.5

FONTE: O AUTOR, (2021)

Uma melhor qualidade do solo é esperada em sistemas que integram maior diversidade no tempo e no espaço, e esse experimento em São Carlos também tem mostrado a importância dos ILPFs para o acúmulo de C no solo (Carvalho et al., 2010; SANTOS et al., 2009), e para a qualidade física do solo (VALANI et al., 2020), além da produtividade (KICHEL et al., 2014).

2.6 CONCLUSÕES

Os SIPAs contribuem para aumentar a abundância e biomassa de minhocas, e para sustentar tanto espécies exóticas quanto nativas;

Na monocultura do EU encontrou-se alta abundância de apenas uma espécie (*P. corethrurus*);

A abundância total e da espécie *P. corethrurus*, particularmente, esteve associada negativamente a diversos atributos químicos do solo relacionados com sua fertilidade, sendo que essa espécie não parece ser indicadora de boa fertilidade química do solo;

A abundância total e da espécie *P. corethrurus*, particularmente, esteve associada positivamente à porosidade total do solo e, portanto, podem ser indicadores da qualidade física do solo;

Outras espécies de minhocas (*Dichogaster*, *Fimoscolex* e *Glossoscolex* sp.) foram indicadoras positivas de apenas alguns atributos químicos, e não de atributos físicos;

O uso das comunidades de minhocas como subindicador biológico é promissor, entretanto no cálculo do GISQ deve ser revisto com outros estudos de caso;

O índice geral da qualidade do solo (GISQ), revelou que o ILPF possui a melhor qualidade do solo comparado aos demais sistemas de uso analisados, confirmando o importante papel desse sistema na promoção da sustentabilidade agrícola.

2.7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J.A.; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.D.; ZOLDAN JÚNIOR, W.A. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.29 (3), p. 437-445, 2005.

ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. Tropical Soil Biology and Fertility: A handbook of methods. 2 edition. Oxford: Oxford University Press; 1993.

ARAÚJO, E.A.D.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.5 (1), p.187-206, 2012.

BALIEIRO, F.D.C.; OLIVEIRA, W.C.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. D.; PICCOLO, M. D.C.; JACCOUD, C. F. Fertilidade e carbono do solo e uso da água pelo eucalipto numa Topossequência em Seropédica, RJ. **Revista Árvore**, v. 32 (1), 2008.

BARETTA, D.; TESTA, M.; ROCHA, E.; LUCIANER, E.; BARTZ, M.L.C.; BROWN, G.G.; SIMIONI, F.J.; PAIANO, D.; SPAGNOLLO, E.; WILDNER, L. do P.; VEIGA, M. da. As minhocas e suas relações com atributos físico-químicos no Oeste e Meio-Oeste do Estado de Santa Catarina. In: SEMINÁRIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENÇÃO – CEO/UDESC, 3., 2013, Chapecó. [Anais]. Chapecó: **UDESC**, 2013.

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; ORSO, R.; MAFRA, Á. L.; BARETTA, D. The influence of land use systems on soil and surface litter fauna in the western region of Santa Catarina. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45(5), p. 880–887. 2014.

BARTZ, M. L. C.; COSTA, A. C. S. da; TORMENA, C. A.; SOUZA JUNIOR, I. G.; BROWN, G. G. Sobrevivência, produção e atributos químicos de coprólitos de

minhocas em um Latossolo Vermelho distroférrico (Oxisol) sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Zoológica Mexicana**, nesp. 2, p. 261-280, 2010.

BARTZ, M.L.C.; PASINI, A.; BROWN, G.G. Earthworms as soil quality indicators in Brazilian no-tillage systems. **Applied Soil Ecology**, v.69, p.39-48, 2013.

BENAVIDES, R.; DOUGLAS, G.B.; OSORO, K. (2009). Silvopastoral in New Zealand: review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. **Agroforestry Systems**, v.76, p. 327–350, 2009.

BERNHARD-REVERSAT, F.; LOUMETO, J.J.; LACLAU, J.P. Litterfall, litter quality and decomposition changes with eucalypt hybrids and plantation age. In: BERNHARD-REVERSAT, F. (Ed.). Effect of exotic tree plantations on plant diversity and biological soil fertility in the Congo savanna: with special reference to eucalypts. Bogor: CIFOR, p.23-30. 2001.

BIELUCZYK, W.; PICCOLO, M.D.C.; PEREIRA, M.G.; MORAES, M.T.D.; SOLTANGHEISI, A.; BERNARDI, A.C.D.C.; PEZZOPANE, J.R.M.; OLIVEIRA, P.P.A.; MOREIRA, M.Z.; CAMARGO, P.B.D.; DIAS, C.T.D.S.; BATISTA, I.; CHERUBI, M.R. Integrated farming systems influence soil organic matter dynamics in southeastern Brazil. **Geoderma**, v.371, p.114368, 2020.

BRIGANTE, J. Comparação de Algumas Comunidades de Macrofauna e Microrganismos de Solo, Encontrados em Áreas de Mata e Pastagens, em um Latossolo, SÃO CARLOS/SP. 2000. 105 p. **Tese(doutorado)–Universidade Federal de São Carlos**, 2016.

BROWN, G.G.; BENITO, N.P.; PASINI, A.; SAUTTER, K.D.; GUIMARÃES, M. de F.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná state, Brazil. **Pedobiologia**, v.47, p.764-771, 2003.

BROWN, G.G.; DOMÍNGUEZ, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas, **Acta Zoológica Mexicana**, v.26, p. 1–18, 2010.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W. Biodiversidade, biogeografia e ecologia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. (Ed.). Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia. Londrina: **Embrapa Soja**, p.297-381. 2007.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; SAUTTER, K.D.; PASINI, A.; BENITO, N.P.; NUNES, D.H.; KORASAKI, V.; SANTOS, É.F. dos; MATSUMURA, C.; MARTINS, P.T.; PAVÃO, A.; SILVA, S.H. da; GARBELINI, G.; TORRES, E. Avaliação das populações de minhocas como bioindicadores ambientais no Norte e Leste do Estado do Paraná. In: SARAIVA, O.F. (Ed.). Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 2003: manejo de solos, plantas daninhas e agricultura de precisão. Londrina: **Embrapa Soja**, p.30-46. (Embrapa Soja. Documentos, 253). 2004.

BROWN, G.G.; RÖMBKE, J.; HOFER, H.; VERHAAG, M.; SAUTTER, K.D.; SANTANA, D.L.Q. Biodiversity and function of soil animals in Brazilian agroforestry systems. In: GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, E.; FREITAS, M.S.; VIANA, A.P.; JASMIN, J.M.; MARCIANO, C.R.; CARNEIRO, J.G.A. (Eds). Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentado. UENF, Campos dos Goytacazes, p. 217-242, 2006.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S. de A.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G. de A.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SILVA, E. da; ANTONIOLLI, Z. I.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P. M.; SOUSA, J. P.; CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília, DF, Embrapa, 2015.

BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; BEYN, G.; GOEDE, R.; FLESKENS, L.; GEISSEN, V.; KUYOER, T. W.; MÄDER, P.; PULLEMAN, M.; SUKKEL, W.; van GROENIGEN, J. W.; BRUSSAARD, L. Soil quality – A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 120, p. 105-125, 2018.

BUSSINGUER, A. P. Efeito de diferentes usos do solo no cerrado sobre a composição da fauna edáfica, BRASÍLIA/DF. 2018. 119 p. **Tese(doutorado)–Universidade de Brasília**, 2016.

CALDERANO FILHO, B.; SANTOS, H.G.; FONSECA, O.O.M.; SANTOS, R.D.; PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C. Os solos da Fazenda Canchim, Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste, São Carlos, SP: Levantamento semi detalhado, propriedades e potenciais. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS/São Carlos: **Embrapa-CPPSE**. (Embrapa—CNPS. Boletim de Pesquisa, 7). (Embrapa—CPPSE. Boletim de Pesquisa, 2), p. 1 –107. 1998;

CAMARGO, F. F. Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em sistemas agroflorestais agroecológicos na área de preservação ambiental Serra da Mantiqueira, MG. 2016. 241 p. **Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras**, 2016.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J.C.; SILVA, L.M.N.; MELLO, C.R.D.; CERRI, C.E.P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.277-289. 2010.

CÉCILLON, L.; CASSAGNE, N.; CZARNES, S.; GROS, R.; VENNETIER, M.; BRUN, J-J. Predicting soil quality indices with near infrared analysis in a wildfire chronosequence. **Science of the Total Environment**, Elsevier, v. 407 (3), p.1200-1205. 2009.

CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I.; FERNANDES, F.M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 1985; 9 (3): 267-270.

CIANCIARUSO, M.V.; SILVA, I.A.; BATALHA, M.A. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. **Biota Neotropical**, v.9(3), p.093-103, 2009.

COSTA, M.; SCHOENEBOOM, J.; OLIVEIRA, S.; VIÑAS, R.; DE MEDEIROS, G. A socio-eco- efficiency analysis of integrated and non-integrated crop-livestock-forestry systems in the Brazilian Cerrado based on LCA. **Journal of Cleaner Production**, v.171, p.1460–1471, 2018.

DEMETRIO, W. C. Fauna invertebrada e qualidade do solo em terras pretas amazônicas e solos adjacentes: Soil macroinvertebrates and soil quality in Amazonian dark earths and adjacent soils. 2019. 119 p. Tese (Doutorado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

FAO. Food and Agricultural Organization of the United Nations. World reference base for soil resources 2014: international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps (FAO. World Soil Resources Report 106). Rome: **FAO**, 2015. 192p.

FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; PASINI, A.; SACOMAN, A.; SILVA, J.R. da; FRANÇA, C.; CARRARA, R. Abundância e diversidade da macrofauna do solo em diferentes fases de um sistema de integração lavoura-pecuária no Arenito Paranaense. In: WORKSHOP INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA EMBRAPA. Anais. Brasília: **Embrapa**, 2009.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2006.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2006.

HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v.4(1), p.9, 2001.

HUERTA, E.; KAMPICHLER, C.; GEISSEN, V.; OCHOA-GAONA, S.; JONG, B.; HERNÁNDEZ-DAUMÁS. Towards an ecological index for tropical soil quality based on soil macrofauna. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1056–1062, 2009.

KICHEL, A. N.; COSTA, J. A. A.; ALMEIDA, R. G.; PAULINO, V. T. Systems integration croplivestock-forest (iCLF) - Experiences in Brazil. *Boletim de Indústria Animal*, v. 71(1), p. 94–105. 2014.

KLEIN, C.; KLEIN, V.A. Influência do manejo do solo na infiltração de água. **Revista Monografias Ambientais**, v.13, p.3915-3925, 2014.

KLUG, I.; MAFRA, Á.L.; FRIEDERICH, A.; RECH, C.; FERT NETO, J.; Soil chemical properties in forestry plantations replacing native vegetation in high-altitude grasslands. **Ciências Florestal**, v. 30, n. 2, p. 279-290, 2020.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society American (Special Publication, 35), p.37-52, 1994.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology International**. v.9, p. 3-16, 1996.

LAVELLE, P.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; BROWN, G.; DESJARDINS, T.; MARIANI, L.; ROSSI, J.-P. SOM management in the tropics: why feeding the soil macrofauna? **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.61, p.53-61, 2001.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.-P. Soil invertebrates and ecosystem services. **Eur. Journal of Soil Biology**. v.42, p.S3–S15. 2006.

LAVELLE, P.; DOLÉDEC, S.; DE SARTRE, X.A.; DECAËNS, T.; GOND, V.; GRIMALDI, M.; OSZWALD, J.; HUBERT, B.; RAMIREZ, B.; VEIGA, I.; DE SOUZA, S.; DE ASSIS, W.S.; MICHELOTTI, F.; MARTINS, M.; FEIJOO, A.; BOMMEL, P.; CASTAÑEDA, E.; CHACON, P.; DESJARDINS, T.; DUBS, F.; GORDILLO, E.; GUEVARA, E.; FONTE, S.; DEL PILAR HURTADO, M.; LENA, P.; LIMA, T.;

MARICHAL, R.; MITJA, D.; MIRANDA, I.; OTERO, T.; PRAXEDES, C.; POCCARD, R.; DE ROBERT, P.; RODRIGUEZ, G.; SANABRIA, C.; TSELOUIKO, S.; VELASQUEZ, A.; VELASQUEZ, E.; VELASQUEZ, J. Unsustainable landscapes of deforested Amazonia: an analysis of the relationships among landscapes and the social, economic and environmental profiles of farms at different ages following deforestation. **Global Environmental Change**, v.40, p.137–155, 2016.

LIMA, O.G. de. Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em plantios florestais e floresta ombrófila mista na Embrapa Florestas, Colombo-PR. 2011. 67p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2011.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.P.; PERIN, A.; COUTINHO, F.S.; ANJOS, L.H.C. Particulate organic matter in soil under different management systems in the Brazilian Cerrado. **Soil Research**, v. 50, p.685–693, 2012b.

LOURENTE, E.R.P.; SILVA, R.F. da; SILVA, D.A. da; MARCHETTI, M.E.; MERCANTE, F.M. Macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.29, p.17-22, 2007.

LUDWIG, J.A.; REYNOLDS, J.F. John Wiley and Sons. Nova York. **Statistical Ecology**. p.1 – 337, 1988.

MARCHÃO, R. L. VILELA, L.; SANTOS JUNIOR, J. de D.G.; SÁ, M.A.C. de; BERGAMASCHI, L.C.; BORTONCELLO, L.R. Impacto de sistemas agrícolas nos atributos físicos, químicos e macrofauna num Latossolo do oeste baiano. **Embrapa Cerrados: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** No. 228, 30p., 2008.

MARCHÃO, R.L.; LAVELLE, P.; CELINI, L.; BALBINO, L.C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol. **Pesquisa agropecuária Brasileira**. Brasília, v.44 (8), p.1011-1020, 2009.

MASCHIO, W.; VEZZANI, FM.; BROWN, G.G. Earthworm populations in *Eucalyptus* spp. plantations at Embrapa Forestry, Brazil (Oligochaeta). **Advances in Earthworm Taxonomy VI** (Annelida: Oligochaeta). Proceedings 01 the 6th International Oligochaete Taxonomy Meeting (6th IOTM), Palmeira de Faro, Portugal, 2014.

MCIVOR, I.; DOUGLAS, G.B.; HURST, S.; HUSSAIN, Z.; FOOTE, A.G. Structural root growth of young veronese poplars on erodible slopes in the southern North Island, New Zealand. **Agroforestry Systems**, v.72, p. 75–86, 2008.

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington DC, **Island Press**, 1st ed, 2005.

NUNES, D.H. Espécies de minhocas em ecossistemas degradados de Jaguapitã-PR. 2006. 71p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2006.

PARISOTO, G. J.; PEREIRA, P. V. D. M.; ZAWADNEAK, M. A. C. DA SILVA, L. X. Diversidade de insetos como indicador de sustentabilidade em diferentes sistemas de manejo de produção orgânica. **XX EGEMA**, p.1-14. 2018.

PIELOU, E.C. Indices of Diversity and evenness. In Ecological Diversity. Wiley Interscience. New York. p.1– 65, 1975.

PULLEMAN, M.; CREAMER, R.; HAMER, U.; HELDER, J.; PELOSI, C.; PÉRÈS, G.; RUTGERS, M. Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services-an overview of European approaches. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 4, p. 529–538, 2012.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. 2015.

RHEINHEIMER D.S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36 (1), p.151-160, 2001.

SÁ, J. C. M.; LAL, R., CERRI, C. C.; LORENZ, K.; HUNGRIA, M.; FACCIO CARVALHO, P. C. Low carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. **Environment International**, v. 98, p. 102–112. 2017.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1349–1356., 2011.

SANTOS, A.; MAIA, L. D. S.; FERREIRA, T.; DEMETRIO, W. C.; NADOLNY, H. S.; RIBEIRO, L.V.; SCHIEDECK, G.; COSTA, F. A. D.; BARTZ, M. L. C.; BROWN, G.G. Minhocas como bioindicadoras da qualidade do solo em ecossistemas na Embrapa Clima Temperado. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, p.37, 2019.

SANTOS, G. G.; MARCHÃO, RL.; SILVA, E. M.D.; SILVEIRA, P. M. D.; BECQUER, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46 (10), 2011.

SAUTTER, K.D.; BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; PASINI, A.; NUNES, D.H.; BENITO, N.P. Present knowledge on earthworm biodiversity in the State of Paraná, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v.42, p.296–300, 2006.

SILVA, E. D.; VELÁSQUEZ, E.; SANTOS, A.; BARTZ, M. L. C.; LAVELLE, P.; BROWN, G. G. Indicador general de calidad del suelo en diferentes sistemas de uso del suelo en el Sur de Brasil. En: **Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología**. La Plata, Argentina. 2015.

SILVA, E. da. Impact des plantations forestières sur l'abondance et la diversité des vers de terre, et sur les attributs physiques et chimiques du sol: mémoire de stage. Colombo: Embrapa Florestas: Universidade do Paraná; [Paris]: Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne, 49p., 2010.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do alto do Rio Grande-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 4, Lavras, Julho/Agosto, 2005.

SILVA, R.F. da; AQUINO, A.M. de; MERCANTE, F.M.; GUIMARÃES, M. de F. Populações de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) em um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de uso do solo. **Ciência Rural**, v.36, p.673-677, 2006.

SILVEIRA, E.R.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; JAMHOUR, J. Diversidade e papel funcional da macrofauna do solo na integração lavoura pecuária. **Revista Técnico Científica do CREA-PR**, v. 4, p.1-16, 2016.

SIMIONI, F.J.; BARTZ, M.L.C.; WILDNER, L.D.O.P.; SPAGNOLLO, E.; VEIGA, M.; BARETTA, D. Economic and soil quality indicators in soybean crops grown under integrated crop-livestock and winter-grain cultivation systems. **Ciência Rural**, v. 46(7), p.1165–1171, 2016.

SOUZA, E.D.D.; COSTA, S.E.V.G.D.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. D.F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a Intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.33, p.1829-1836, 2009.

STATSOFT INC. Programa computacional Statistica 7.0. E.A.U. 2004. SYSTAT SOFTWARE INC. SigmaPlot. Version 11. 2016.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G.; EDITORES TÉCNICOS. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Embrapa, 2017.

VALANI, G.P.; MARTÍNI, A.F.; DA SILVA, L.F.S.; BOVI, R.C.; COOPER, M. Soil quality assessments in integrated crop-livestock-forest systems: a review Running title: Soil quality and crop-livestock-forest systems. **Soil Use Manage**, v. 37, p.22–36, 2020.

VAN GROENIGEN, J.W.; VAN GROENIGEN, K.J.; KOOPMANS, G.F.; STOKKERMANS, L.; VOS, H.J.J.; LUBBERS, I.M. How fertile are earthworm casts? A meta-analysis. **Geoderma** v.338, p.525–535. 2019.

VASCONCELOS, T. C. de. Atributos do solo como indicadores de qualidade para avaliação de áreas em processo de restauração ativa na Mata Atlântica. (Tese – Doutorado). **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba. 2020.

VELÁSQUEZ, E. et al. Soil macrofauna-mediated impacts of plant species composition on soil functioning in Amazonian pastures. **Applied Soil Ecology**, v. 56, p. 43–50, 2012.

VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P., ANDRADE, M. GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v.39, p.3066–3080, 2007.

ZAGATTO, M. R. G.; PEREIRA, A. P. D. A.; SOUZA, A. J. D.; PEREIRA, R. F.; BALDESIN, L. F.; PEREIRA, C. M.; ... CARDOSO, E. J. B. N. Interactions between mesofauna, microbiological and chemical soil attributes in pure and intercropped *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* plantations. **Forest Ecology and Management**, v.433, p.240– 247. 2019.

3 CAPÍTULO II: MINHOCAS EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA E OUTROS ECOSSISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS EM SÃO CARLOS – SP

3.1 RESUMO

Os Sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs), tem sido utilizados na recuperação de solos degradados, e esse modelo de sistema de uso do solo gera vários benefícios, incluindo a melhora da qualidade do solo e da população de minhocas. Nesse trabalho avaliou-se a ocorrência de minhocas e a riqueza de espécies em SIPAs, sistemas convencionais de produção agropecuária (pastagem, lavoura) e florestal (plantio de *Eucalyptus* sp.), e mata nativa na Fazenda Canchim (Embrapa Pecuária Sudeste) e no campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), no município de São Carlos, São Paulo, Brasil. Utilizaram-se dois métodos de coleta de minhocas: quantitativo (triagem manual de monólitos) e qualitativo (busca ativa em nichos) em três sistemas integrados de produção (agrosilvopastoril, silvopastoril, e agropastoril), três sistemas tradicionais (pecuária extensiva, intensiva e lavoura anual) e dois sistemas florestais (floresta Atlântica nativa, plantio de *Eucalyptus*), totalizando oito sistemas de uso do solo. Foram coletadas 232 amostras, identificando-se e classificando-se taxonomicamente as minhocas coletadas. Encontraram-se oito espécies de minhocas, sendo a maior porcentagem de minhocas exóticas e duas novas espécies nativas (*Fimoscolex* n.sp.7 e *Glossoscolex* n.sp.9).

Palavras-chave: 1. Biodiversidade; 2. Riqueza de espécies; 3. Manejo do solo; 4. Espécies exóticas e nativas.

3.2 ABSTRACT

Integrated Crop-Livestock Systems (ICLSs) have been used in the recovery of degraded soils, this land use system model generates several benefits for the ecosystem, including the improvement of earthworm biodiversity. Earthworms inserted by human activities are considered exotic species and native species are usually found in natural ecosystems. The aim of this work was to evaluate the occurrence of earthworms and species richness in Integrated production systems and traditional agricultural production (pasture, crops), as well as native forest. The research was carried out at Fazenda Canchim (Embrapa Pecuária Sudeste) and at the campus of the Universidade de São Carlos (UFSCar), in the city of São Carlos, São Paulo state, Brazil. Two methods of TSBF and qualitative collection were used in three integrated production systems (iLPF, iPF, iLP), three traditional systems (PE, PI and LA) and two forest systems (MN and EC), totaling eight land use systems. A total of 232 samples were collected, screening, identification and taxonomic classification of the collected earthworms were carried out. Eight earthworm species were found, with most of the individuals collected being of exotic earthworms. Two new native species (*Fimoscolex* n.sp.7 and *Glossoscolex* n.sp.9) were also found.

Keywords: 1. Biodiversity; 2. Species richness; 3. Soil management; 4. Exotic and native species.

3.3 INTRODUÇÃO

O gerenciamento cauteloso do solo é um fator essencial da agricultura sustentável, fornecendo um nível valioso para a regulação do clima e um caminho de amparo aos serviços ecossistêmicos e da biodiversidade (FAO, 2020). Os Sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs), vem sendo usados na reestruturação de solos degradados e recuperação de pastagens (ASSIS et al., 2015). Esse sistema reduz os impactos negativos nas funções ecossistêmicas dos solos (VALANI et al., 2020), favorece o incremento de carbono no solo, contribui para a ciclagem de nutrientes e favorece a biota do solo (SIMIONI et al., 2016; BARETTA et al., 2014; BARTZ et al., 2011).

A biodiversidade do solo é a variedade de vida abaixo do solo, compreendendo genes, espécies, todas as comunidades, e complexos ecológicos aos quais contribuem e pertencem, desde micro-habitats do solo até paisagens, sendo essencial para as funções do solo e serviços do ecossistema associados aos solos. Por isso, é fundamental manter a biodiversidade do solo para garantir essas funções (FAO, 2020). Os organismos (meso e macrofauna) que habitam o solo e a serapilheira, desempenham papéis importantes nos processos edáficos, tais como: decomposição da matéria orgânica, ciclagem dos nutrientes, taxa de infiltração da água, agregação e porosidade (BARETTA et al., 2011; HUERTA e WAL, 2012).

Entre os organismos melhor conhecidos e mais importantes para os processos físicos do solo estão as minhocas (SIMIONI et al., 2016; BARETTA et al., 2014; BARTZ et al., 2011). As minhocas atuam como reguladores da atividade microbiana, e como agentes fragmentadores do material vegetal, modificando estruturalmente o solo (LAVELLE, 1996). Estudos realizados por NADOLNY et al., (2020), consideraram 765 locais do território brasileiro constatando a abundância de minhocas no bioma da Mata Atlântica (64%), e em menor proporções na Amazônia (17%), Cerrado (12%), Pampa (3%), Caatinga (3%) e Pantanal (1%). É importante ressaltar que a maioria dos pesquisadores brasileiros, realizam seus estudos na Mata Atlântica, classificado com um hot spot de biodiversidade (MYERS et al., 2000) com 144 espécies conhecidas de minhocas (BROWN e JAMES, 2007).

A diversidade de minhocas pode ser estudada pela abordagem taxonômica, que relaciona a identificação de diferentes espécies, e a sua quantificação para

trabalhos de viés mais ecológico. Em relação a biogeografia das minhocas, a riqueza de espécies de um dado local e sua composição em espécies de minhocas nativas e exóticas, pode dar uma indicação de seu nível de perturbação (FRAGOSO et al., 1997).

São consideradas espécies exóticas as minhocas inseridas pelas atividades humanas. Também existem espécies peregrinas, que são aquelas que chegam de outros locais, e frequentemente são também exóticas (LEE, 1985, 1987). Geralmente as espécies nativas são restringidas a ecossistemas naturais com vegetação nativa (campo nativo, floresta primárias e secundária), entretanto frequentemente se encontram em valores baixos de abundância (SAUTTER et al., 2006). A maioria das minhocas nativas são extinguidas de seu habitat quando ocorre a mudança de florestas e pastagens nativas para cultivos anuais, acarretando a dominância de espécies exóticas ou peregrinas (FRAGOSO et al., 1997).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar a comunidade de minhocas em SIPAs e sistemas conservacionistas de produção agropecuária e avaliar o seu potencial como indicador de sistemas de uso do solo.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 LOCAIS DE ESTUDO.

O presente estudo foi realizado na Fazenda Canchim (Embrapa Pecuária Sudeste) e no campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), no município de São Carlos, São Paulo, Brasil, (FIGURA 1). Até o ano de 1930 a área experimental da Embrapa Pecuária Sudeste era uma de fazenda café, na década de 1940 adotou-se o nome de fazenda Canchim e em 1974 consolidou-se a Embrapa Pecuária Sudeste, com diversas áreas experimentais.

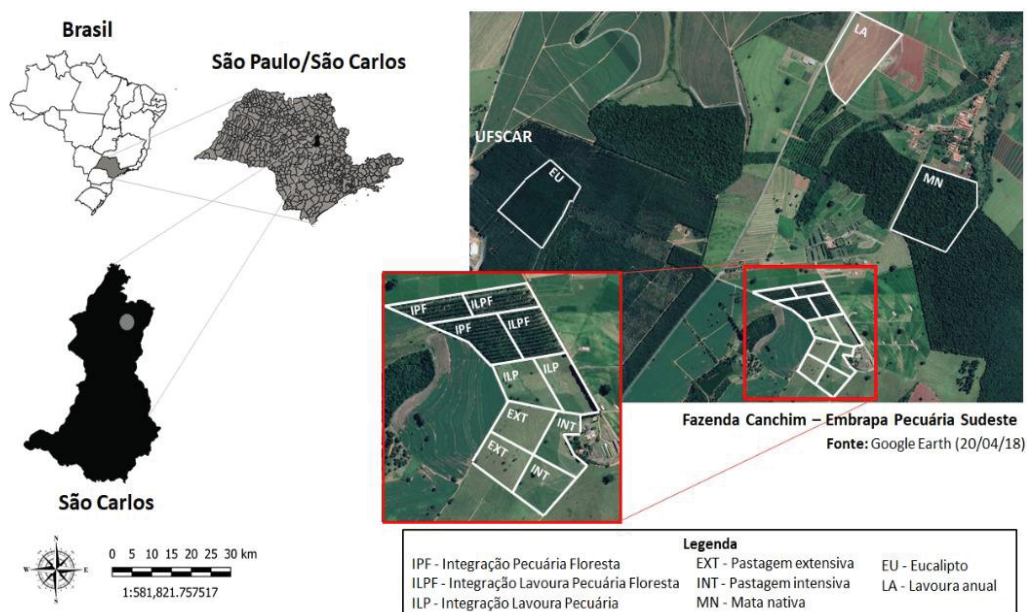


FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE USO DO SOLO AMOSTRADOS, NA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, SITUADOS EM SÃO CARLOS – SP. FONTE: O AUTOR, (2021).

O clima da região é o Tropical de Altitude (Cwa), de acordo com classificação de Köppen, com dois períodos bem definidos, sendo o período seco de abril a setembro, com temperatura média de 19,9 °C e 250 mm de chuva e o período chuvoso de outubro a março, com temperatura média anual de 23 °C e 1100 mm de precipitação. O solo dos locais de estudo foi classificado como Latossolo Vermelho-amarelo Distrófico, com textura média/argilosa (CALDERANO FILHO et al., 1998), e teor médio de argila de 300 g kg⁻¹.

Desde 2011 instalaram-se e vêm sendo avaliados cinco sistemas de produção: Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), Integração-Lavoura-Pecuária (ILP), Integração-Pecuária-Floresta (IPF), Pastejo intensivo (PI) e Pastejo Extensivo (PE), em um experimento com duas repetições de aprox. 3 ha cada. Nos sistemas PI, ILP, IPF e ILPF é realizada adubação anual, com condução de pasto (*Urochloa brizantha*) rotacionado em seis piquetes (cada piquete tem aproximadamente de 5.000 m² de área), com ocupação animal de 6 dias e trinta dias de descanso.

Foi realizada uma coleta em fevereiro de 2018, onde foram selecionados oito sistemas de uso do solo, sendo eles: IPF, constituído com pastagem rotacionada, arborizado com eucalipto (*Eucalyptus urograndis* clone GG100); ILP com ciclos de

rotação de culturas a cada três anos, sendo, um ano com lavoura e três anos com pasto rotacionado, que nos períodos de renovação é estabelecido simultaneamente com a lavoura de milho; ILPF semelhante ao sistema anterior, com rotação de lavoura e pasto a cada três anos e componente florestal de eucalipto do clone GG100; PI, constituído por pastagem rotacionada, fertilizações e correção de solo anuais e manejada em condição de sequeiro; PE com produção de gado em pastagem contínua de *Urochloa decumbens*; Lavoura (LA) cultivada com milho (*Zea mays* L.) irrigada por pivô central, com 18,9 ha; um fragmento de floresta estacional semidecídua (MN) com 120 ha; e uma área de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) (EU), situada nas proximidades da Embrapa (21° 57'44,1" S, 47° 52' 22,8" W), com área total de 200 ha e plantada em 1994. Somente a EU está em área pertencente a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), enquanto todos os demais sistemas estão situados na Embrapa Pecuária Sudeste. As características químicas e a textura do solo de cada sistema se encontram sintetizadas na TABELA 1.

TABELA 1 – CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E TEXTURA DOS SOLOS EM DIFERENTES SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPAS), E SISTEMAS CONSERVACIONISTAS DE MANEJO, SITUADOS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E DA UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCAR) EM SÃO CARLOS – SP. PARA SIGNIFICADO DAS ABREVIACOES, FAVOR CONSULTAR FIGURA 1.

Sistemas de uso	Coordenadas Geográficas	pH [CaCl ₂]	H + Al	Al ³⁺	mmol _c /dm ³			K ⁺	P	C	Textura do solo
					Ca ²⁺	Mg ²⁺					
					mg/dm ³						
ILPF	21°58'11.93"S 47°51'7.88"W	5,31	9,28	0,78	29,75	13,31		1,78	25,00	19,72	Franco Argilo Arenoso
ILP	21°58'22.98"S 47°51'8.82"W	5,55	8,41	0,24	41,60	18,32		1,16	16,28	19,56	Franco Argilo Arenoso
IPF	21°58'15.13"S 47°51'17.53"W	5,11	5,82	1,28	23,72	10,63		0,53	11,08	17,65	Franco Argilo Arenoso
MN	21°57'48.89"S 47°50'34.12"W	5,25	2,98	1,78	32,08	5,58		1,47	15,78	33,56	Franco Argilo Arenoso
EU	21°57'44.14"S 47°52'22.84"W	4,22	8,03	3,70	10,80	6,25		0,75	8,55	10,56	Franco Argilo Arenoso
LA	21°57'14.29"S 47°50'54.46"W	5,50	4,75	0,00	36,15	18,18		1,62	69,78	10,97	Franco Arenoso
PI	21°58'30.76"S 47°51'2.77"W	5,40	7,35	0,28	34,70	15,88		1,00	13,35	22,11	Franco Argilo Arenoso
PE	21°58'32.12"S 47°51'6.34"W	4,96	0,30	5,08	20,95	9,53		1,47	11,78	21,55	Franco Argilo Arenoso

FONTE: O AUTOR, (2021)

3.4.2 AMOSTRAGEM DE MINHOCAS

As minhocas foram coletadas usando dois tipos de amostragem: quantitativa e qualitativa. A amostragem quantitativa consistiu na modificação do método padrão Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF) descrito em ANDERSON e INGRAM (1993), que se baseia na retirada de monólitos de solo 25 x 25 cm até 20 cm de profundidade. A amostragem qualitativa se deu com a retirada aleatória de pelo menos 10 amostras de solo (monólitos de 25x25 cm até a camada de 20 cm) dentro de cada área escolhida, incluindo o solo sensu-stricto e nichos (abaixo de serapilheira, troncos ou pedras, dentro de troncos podres, dentro ou abaixo de esterco do gado, em locais mais baixos das parcelas, dentro da parcela/área de amostragem).

Todas as espécies encontradas nesse estudo foram tombadas e armazenadas na Coleção Fritz Müller Oligochaeta (COFM), na Embrapa Florestas, em Colombo, Brasil. Também foram tombados casulos e minhocas juvenis não identificadas, em decorrência do seu estado de desenvolvimento imaturo. Os números tombo, ser referem ao registro da COFM.

Nos sistemas de uso PE, PI, LA, MN e EU, foram coletados 10 pontos amostrais, utilizando um transecto em cada bloco, totalizando 20 amostras por sistema. Já nos sistemas de uso com componente florestal, ILPF e IPF foram incluídos os renques das árvores, e os pontos amostrais consistiram em 4 repetições na linha e 6 na entrelinha, totalizando 60 amostras no ILPF e 40 no IPF. No sistema ILP amostraram-se 10 pontos nas áreas de pastagem e 6 pontos na lavoura, sendo 16 amostras por bloco, totalizando 32 amostras. Em total coletaram-se 232 amostras de TSBF.

As minhocas coletadas foram acondicionadas em recipientes com álcool absoluto, e após a identificação, mantidas em álcool 80%. A identificação foi realizada com base na literatura taxonômica e chaves de MICHAELSEN (1900), RIGHI (1990) e BLAKEMORE (2002), e separadas em níveis de espécie, gênero e família (indivíduos juvenis).

Os indivíduos coletados pelos métodos TSBF e qualitativo foram somados e as espécies identificadas nos oito sistemas de uso estão apresentadas na (TABELA 2), com o número total de indivíduos por espécie. Também foi calculada a, riqueza total de espécies (número de espécies) e a porcentagem de espécies nativas e exóticas / peregrinas.

TABELA 2 – OCORRÊNCIA DE ESPÉCIES DE MINHOCAS (NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS) COLETADAS NO MÉTODO QUANTITATIVO (TSBF) E QUALITATIVO, RIQUEZA TOTAL E PORCENTAGENS DE EXÓTICAS E NATIVAS NOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPAS) E SISTEMAS CONSERVACIONISTAS DE MANEJO, SITUADOS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E DA UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCAR) EM SÃO CARLOS – SP. PARA SIGNIFICADO DAS ABREVIACOES, FAVOR CONSULTAR FIGURA 1.

Minhocas (Famílias e Espécies)	Sistemas de uso e método de coleta															
	Método Quantitativo (TSBF)								Método Qualitativo							
	ILPF	ILP	IPF	MN	EU	LA	PI	PE	ILPF	ILP	IPF	MN	EU	LA	PI	PE
Exóticas																
Rhinodrilidae																
<i>Pontoscolex corethrurus</i>	405	122	387	1	152	25	65	70	176	60	169	0	56	13	30	49
Acanthodrilidae																
<i>Dichogaster affinis</i>	0	5	0	0	0	0	0	0	14	1	0	0	0	0	1	0
<i>Dichogaster bolau</i>	18	35	8	0	0	9	5	11	9	0	8	0	0	0	1	
<i>Dichogaster saliens</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Dichogaster Juvenil</i>	0	19	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Megascolecidae*	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Megascolecidae juvenis</i>	0	0	0	1	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Nativas																
<i>Ocnerodrilidae sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
Glossoscolecidae																
<i>Fimoscolex n.sp.7</i>	2	10	2	0	0	11	12	6	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glossoscolex n.sp.9</i>	0	1	3	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glossoscolecidae juvenil</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de indivíduos																
	425	192	404	3	152	49	89	89	203	61	177	0	56	16	39	49
Riqueza Total																
	3	6	4	2	1	5	5	4	6	2	2	0	1	2	4	1
% de sp. Exóticas																
	99,52	94,27	98,51	100	100	77,55	97,78	100	99,50	100	100	0	100	100	82,05	100
% sp. Nativas																
	0,48	5,73	1,49	0	0	22,45	20,22	0	0,50	0	0	0	0	0	17,95	0

FONTE: O autor (2021)

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Família Acanthodrilidae

Dichogaster (Diplothecondrilus) affinis (Michaelson, 1890)

COFMBRSP0661, 10 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'11.9"S 47°51'07.9"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0665, 2 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'18.6"S 47°51'03.1"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0676, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'12.9"S 47°51'07.5"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0682, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.1"S 47°51'04.1"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0753, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'37.2"S 47°51'05.5"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0788, 5 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'21.1"S 47°51'04.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0804, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP

(21°58'23.1"S 47°51'07.2"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

***Dichogaster (Diplothecondrilus) bolau* (Michaelson, 1891)**

COFMBRSP0662, 5 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'11.9"S 47°51'07.9"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0669, 6 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'12.1"S 47°51'08.6"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0677, 2 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'12.9"S 47°51'07.5"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0683, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.1"S 47°51'04.1"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0688, 7 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.1"S 47°51'04.1"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0699, 1 camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem segundo ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'15.6"S 47°51'05.6"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0702, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem segundo ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos

– SP (21°58'14.5"S 47°51'07.6"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0707, 4 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem segundo ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'15.8"S 47°51'06.5"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0711, 3 adultos, camada superficial (0–20 cm) em sistema de pecuária extensiva, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'30.2"S 47°51'07.2"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0717, 4 adultos, camada superficial (0–20 cm) em sistema de pecuária extensiva, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'31.5"S 47°51'06.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0721, 7 adultos, camada superficial (0–20 cm) em sistema de pecuária extensiva, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'33.1"S 47°51'07.3"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0728, 5 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.7"S 47°51'19.0"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0731, 2 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'15.2"S 47°51'16.9"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0734, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.7"S 47°51'19.4"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0737, 5 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente não

pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.7"S 47°51'19.0"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0744, 5 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.5"S 47°51'12.1"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0750, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'30.8"S 47°51'02.8"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0758, 3 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'30.8"S 47°51'03.2"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0770, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'29.6"S 47°51'01.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0776, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'35.6"S 47°51'05.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0783, 2 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'22.6"S 47°51'09.0"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0789, 24 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'21.1"S 47°51'04.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0798, 3 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente recém pastejado, Fazenda

Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'25.9"S 47°51'06.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0801, 3 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'26.1"S 47°51'02.1"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0813, 3 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'24.1"S 47°51'00.5"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0822, 2 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°57'14.3"S 47°50'55.1"W); 26 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0828, 7 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°57'13.0"S 47°50'53.1"W); 26 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

Dichogaster (Diplothecondrilus) saliens (Beddard 1893)

COFMBRSP0820, 3 adultas, camada superficial (0–20 cm) em Lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°57'13.6"S 47°50'53.2"W); 26 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0823, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°57'14.3"S 47°50'55.1"W); 26 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

Dichogaster juvenil

COFMBRSP0678, 1 juvenil, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'12.9"S 47°51'07.5"W); 21 Fevereiro de

2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0684, 1 juvenil, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.1"S 47°51'04.1"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0790, 13 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'21.1"S 47°51'04.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0799, 4 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'25.9"S 47°51'06.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0809, 1 juvenil, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'23.3"S 47°51'06.7"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0814, 1 juvenil, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'24.1"S 47°51'00.5"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0824, 1 juvenil, camada superficial (0–20 cm) em Lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°57'14.3"S 47°50'55.1"W); 26 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0829, 2 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°57'13.0"S 47°50'53.1"W); 26 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

Família Glossoscolecidae

***Fimoscolex n.sp.7* (nova espécie)**

COFMBRSP0692, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.5"S 47°51'05.7"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0699, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem segundo ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'15.6"S 47°51'05.6"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0706, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem segundo ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'15.8"S 47°51'06.5"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0743, 2 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.5"S 47°51'12.1"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0756, 2 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'37.2"S 47°51'05.5"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0761, 2 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'30.8"S 47°51'03.2"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0774, 8 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'35.6"S 47°51'05.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0782, 2 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária,

componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'22.6"S 47°51'09.0"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0786, 3 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'21.1"S 47°51'04.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0797, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'25.9"S 47°51'06.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0812, 4 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'24.1"S 47°51'00.5"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0827, 11 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°57'13.0"S 47°50'53.1"W); 26 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

***Glossoscolex* n.sp.9 (nova espécie)**

COFMBRSP0757, 2 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'37.2"S 47°51'05.5"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0762, 2 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'30.8"S 47°51'03.2"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0775, 2 adultos, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'35.6"S 47°51'05.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P.

Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0787, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'21.1"S 47°51'04.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

Glossoscolecidae juvenil

COFMBRSP0747, 4 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.2"S 47°51'12.1"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

Família Megascolecidae

***Amyntas* sp.**

COFMBRSP0816, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em floresta estacional semidecídua, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°57'48.9"S 47°50'33.6"W); 24 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

Megascolecidae juvenil

COFMBRSP0685, 1 juvenil, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.1"S 47°51'04.1"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0817, 1 juvenil, camada superficial (0–20 cm) em floresta estacional semidecídua, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°57'48.9"S 47°50'33.6"W); 24 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0722, 2 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em sistema de pecuária extensiva, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'33.1"S 47°51'07.3"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

COFMBRSP0771, 1 juvenil, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'29.6"S 47°51'01.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

Família Rhinodrilidae

***Pontoscolex (Pontoscolex) corethrurus* (Müller, 1857)**

COFMBRSP0660, 2 adultos e 15 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'11.9"S 47°51'07.9"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0664, 5 adultos e 13 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'18.6"S 47°51'03.1"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0668, 8 adultos e 42 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'12.1"S 47°51'08.6"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0672, 21 adultos e 52 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'18.8"S 47°51'03.5"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0675, 10 adultos e 39 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'12.9"S 47°51'07.5"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0681, 7 adultos e 13 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos

– SP (21°58'17.1"S 47°51'04.1"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0687 9 adultos e 40 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'13.0"S 47°51'09.3"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0691 10 adultos e 57 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.5"S 47°51'05.7"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0695, 13 adultos e 24 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem segundo ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.3"S 47°51'06.3"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0698, 13 adultos e 22 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem segundo ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'15.6"S 47°51'05.6"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0701, 11 adultos e 79 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem segundo ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.5"S 47°51'07.6"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0705, 18 adultos e 58 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem segundo ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'15.8"S 47°51'06.5"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0710, 1 adulto e 10 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em sistema de pecuária extensiva, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos –

SP (21°58'32.1"S 47°51'06.3"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0712, 5 adultos e 33 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em sistema de pecuária extensiva, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'30.2"S 47°51'07.2"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0715, 10 adultos e 26 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em sistema de pecuária extensiva, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'31.5"S 47°51'06.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0719, 10 adultos e 24 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em sistema de pecuária extensiva, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'33.1"S 47°51'07.3"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0724, 26 adultos e 42 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'15.1"S 47°51'17.5"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0727, 11 adultos e 22 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.7"S 47°51'19.0"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0730, 24 adultos e 92 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'15.2"S 47°51'16.9"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0733, 24 adultos e 104 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.7"S 47°51'19.4"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0736, 13 adultos e 30 juvenis, camada superficial

(0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.7"S 47°51'19.0"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0739, 7 adultos e 18 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.5"S 47°51'12.1"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0742, 18 adultos e 57 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.7"S 47°51'19.4"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0746, 9 adultos e 59 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.2"S 47°51'12.1"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0749, 3 adultos e 3 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'30.8"S 47°51'02.8"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0752, 3 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'37.2"S 47°51'05.5"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0755, 2 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'30.8"S 47°51'03.2"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0760, 1 juvenil, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'37.6"S 47°51'05.5"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P.

Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0764, 3 adultos e 15 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'29.9"S 47°51'01.7"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0767, 3 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'36.0"S 47°51'05.3"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0769, 22 adultos e 32 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'29.6"S 47°51'01.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0773, 2 adultos e 6 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'35.6"S 47°51'05.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0778, 4 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'23.0"S 47°51'08.8"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0779, 4 adultos e 5 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'20.8"S 47°51'04.5"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0781, 7 adultos e 10 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'22.6"S 47°51'09.0"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0785, 16 adultos e 24 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'21.1"S 47°51'04.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz,

W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0792, 2 adultos e 1 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'26.0"S 47°51'05.9"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0794, 7 adultos e 25 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'25.6"S 47°51'02.3"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0796, 1 adultos e 2 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'25.9"S 47°51'06.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0800, 13 adultos e 46 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'26.1"S 47°51'02.1"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0803, 1 juvenil, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'23.1"S 47°51'07.2"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0806, 3 adultos e 8 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'24.4"S 47°51'00.2"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0808, 1 adulto, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'23.3"S 47°51'06.7"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0811, 2 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente não pastejado, Fazenda Canchim,

Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'24.1"S 47°51'00.5"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0815, 1 juvenil, camada superficial (0–20 cm) em floresta estacional semidecídua, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°57'48.9"S 47°50'34.1"W); 24 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0818, 2 adultos e 6 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°57'14.3"S 47°50'54.5"W); 26 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0819, 1 adultos e 4 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°57'13.6"S 47°50'53.2"W); 26 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0821, 2 adultos e 8 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°57'14.3"S 47°50'55.1"W); 26 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0826, 3 adultos e 12 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°57'13.0"S 47°50'53.1"W); 26 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0831, 5 adultos e 24 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Eucalipto, Universidade de São Carlos (UFScar), São Carlos – SP (21°57'44.1"S 47°52'22.8"W); 27 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0833, 6 adultos e 21 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Eucalipto, Universidade de São Carlos (UFScar), São Carlos – SP (21°57'44.6"S 47°52'08.8"W); 27 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0835, 21 adultos e 51 juvenis, camada superficial (0–20 cm) em Eucalipto, Universidade de São Carlos (UFScar), São Carlos – SP (21°57'45.0"S 47°52'22.6"W); 27 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0837, 21 adultos e 59 juvenis,

camada superficial (0–20 cm) em Eucalipto, Universidade de São Carlos (UFScar), São Carlos – SP (21°57'44.9"S 47°52'08.3"W); 27 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

Família Ocnerodrilidae (Beddard, 1891)

COFMBRSP0768, 7 adultos não identificados em nível de espécies, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'36.0"S 47°51'05.3"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

Casulos

COFMBRSP0667, 4 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'18.6"S 47°51'03.1"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0671, 15 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'12.1"S 47°51'08.6"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0674, 44 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'18.8"S 47°51'03.5"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0680, 8 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'12.9"S 47°51'07.5"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0690, 21 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'13.0"S

47°51'09.3"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0694, 26 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.5"S 47°51'05.7"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0697, 7 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem segundo ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.3"S 47°51'06.3"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0700, 4 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem segundo ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'15.6"S 47°51'05.6"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0704, 20 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem segundo ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.5"S 47°51'07.6"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0709, 12 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem segundo ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'15.8"S 47°51'06.5"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0714, 4 casulos, camada superficial (0–20 cm) em sistema de pecuária extensiva, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'30.2"S 47°51'07.2"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0718, 9 casulos, camada superficial (0–20 cm) em sistema de pecuária extensiva, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'31.5"S 47°51'06.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0723, 14 casulos, camada

superficial (0–20 cm) em sistema de pecuária extensiva, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'33.1"S 47°51'07.3"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0726, 7 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'15.1"S 47°51'17.5"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0729, 13 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.7"S 47°51'19.0"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0732, 11 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'15.2"S 47°51'16.9"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0735, 43 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.7"S 47°51'19.4"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0738, 10 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.7"S 47°51'19.0"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0741, 9 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.5"S 47°51'12.1"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0745, 12 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.7"S 47°51'19.4"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

COFMBRSP0748, 21 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.2"S 47°51'12.1"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0751, 1 casulo, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'30.8"S 47°51'02.8"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0754, 1 casulo, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'37.2"S 47°51'05.5"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0759, 3 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'30.8"S 47°51'03.2"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0763, 1 casulo, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'37.6"S 47°51'05.5"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0766, 1 casulo, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'29.9"S 47°51'01.7"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0772, 11 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'29.6"S 47°51'01.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0777, 4 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'35.6"S 47°51'05.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0780, 2 casulos, camada superficial

(0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'20.8"S 47°51'04.5"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0784, 8 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'22.6"S 47°51'09.0"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0791, 23 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'21.1"S 47°51'04.4"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0795, 2 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'25.6"S 47°51'02.3"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0802, 5 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'26.1"S 47°51'02.1"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0805, 1 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'23.1"S 47°51'07.2"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0807, 2 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'24.4"S 47°51'00.2"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0810, 2 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'23.3"S 47°51'06.7"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

COFMBRSP0825, 6 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°57'14.3"S 47°50'55.1"W); 26 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0830, 12 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°57'13.0"S 47°50'53.1"W); 26 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0832, 7 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Eucalipto, Universidade de São Carlos (UFScar), São Carlos – SP (21°57'44.1"S 47°52'22.8"W); 27 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0834, 2 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Eucalipto, Universidade de São Carlos (UFScar), São Carlos – SP (21°57'44.6"S 47°52'08.8"W); 27 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0836, 11 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Eucalipto, Universidade de São Carlos (UFScar), São Carlos – SP (21°57'45.0"S 47°52'22.6"W); 27 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0838, 22 casulos, camada superficial (0–20 cm) em Eucalipto, Universidade de São Carlos (UFScar), São Carlos – SP (21°57'44.9"S 47°52'08.3"W); 27 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

Juvenis Não Identificados

COFMBRSP0663, 7 juvenis não identificados, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'11.9"S 47°51'07.9"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0666, 2 juvenis não identificados, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'18.6"S 47°51'03.1"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0670, 20 juvenis não

identificados, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'12.1"S 47°51'08.6"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0673, 9 juvenis não identificados, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente lavoura, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'18.8"S 47°51'03.5"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0679, 4 juvenis não identificados, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'12.9"S 47°51'07.5"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0686, 2 juvenis não identificados, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.1"S 47°51'04.1"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0689, 14 juvenis não identificados, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'13.0"S 47°51'09.3"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0693, 12 juvenis não identificados, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem primeiro ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.5"S 47°51'05.7"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores. COFMBRSP0696, 3 juvenis não identificados, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem segundo ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.3"S 47°51'06.3"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

COFMBRSP0703, 1 juvenil não identificados, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem segundo ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'14.5"S 47°51'07.6"W); 21 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

COFMBRSP0708, 6 juvenis não identificados, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária floresta, componente pastagem segundo ano, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'15.8"S 47°51'06.5"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

COFMBRSP0713, 8 juvenis não identificados, camada superficial (0–20 cm) em sistema de pecuária extensiva, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'30.2"S 47°51'07.2"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, G. G. Brown, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

COFMBRSP0725, 4 juvenis não identificados, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'15.1"S 47°51'17.5"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

COFMBRSP0740, 1 juvenil não identificado, camada superficial (0–20 cm) em Integração pecuária floresta, componente não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'17.5"S 47°51'12.1"W); 22 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

COFMBRSP0765, 1 juvenil não identificado, camada superficial (0–20 cm) em Sistema de pastagem intensiva, não pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'29.9"S 47°51'01.7"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

COFMBRSP0793, 4 juvenis não identificados, camada superficial (0–20 cm) em Integração lavoura pecuária, componente recém pastejado, Fazenda Canchim, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP (21°58'26.0"S 47°51'05.9"W); 23 Fevereiro de 2018; L. S. Maia-Bruz, W.C. Demetrio, A. Santos, M. L. C. Bartz, L.P. Feliciano, D.F. Primo, C.H. Fernandes, coletores.

Considerando todas as amostras e sistemas avaliados, foram encontradas oito espécies de minhocas, pertencentes a cinco famílias e seis gêneros (TABELA 2). Desse total duas espécies de minhocas são nativas e uma de origem desconhecida, mas provavelmente nativa (*Ocnerodrilidae* sp.). As duas nativas (*Fimoscolex* n.sp.7 e *Glossoscolex* n.sp.9) são novas espécies para ciência, que serão descritas em um trabalho futuro. O restante corresponde a cinco espécies exóticas: *P. corethrurus*, *D. affinis*, *D. bolau*, *D. saliens* e uma *Amyntas* sp., além de alguns juvenis da família exótica *Megascolecidae* (provavelmente *Amyntas* sp.), os quais não puderam ser identificados em nível específico (TABELA 2).

Esse trabalho apresenta dados pioneiros sobre a riqueza de espécies (FIGURA 2) em SIPAs, que variou entre quatro e seis espécies, sendo 82 a 100 dos indivíduos coletados de espécies exóticas, e de 0,5 a 22% de espécies nativas, de forma que, em todas áreas estudadas, a maior porcentagem encontrada foi de exóticas (TABELA 2; FIGURA 3). Normalmente, solos agrícolas apresentam alta incidência de espécies exóticas de minhocas em relação à vegetação nativa (BROWN e JAMES, 2007). No presente caso, confirmou-se a alta proporção de espécies exóticas, mas na mata nativa não foram encontradas espécies nativas de minhocas, ao contrário das áreas de pastagem e sistemas integrados. Na MN observou-se a menor ocorrência de minhocas (TABELA 2, FIGURA 2 e 3), e apenas indivíduos da família exótica *Megascolecidae* e um indivíduo da espécie peregrina *P. corethrurus*. Considerando o estágio avançando de regeneração, esperava-se encontrar as espécies novas de *Fimoscolex* e *Glossoscolex* também em MN, uma vez que essas espécies frequentemente habitam ecossistemas naturais (SAUTTER et al., 2006). Possivelmente, com maior esforço de amostragem na MN se poderiam encontrar minhocas nativas, já que nesses habitats a densidade de espécies nativas é frequentemente muito baixa (BROWN e JAMES, 2007).

Na área de Eucalipto (EU), predominou a espécie *P. corethrurus* (TABELA 2, FIGURA 3), bastante encontrada em solos antrópicos, com acúmulo de carbono orgânico e nutrientes oriundos das práticas de queima e desmatamento (MARICHAL et al., 2010). Esses resultados se assemelham aos de MASCHIO et al. (2014), que encontrou predomínio dessa espécie em plantios de *Eucalyptus* em Colombo-PR. Os plantios florestais podem alterar a fertilidade do solo e consequentemente a biodiversidade, acarretando a perda de espécies endêmicas nativas, favorecendo o surgimento e dominância de algumas espécies, normalmente invasoras ou exóticas

(DECAËNS et al.; 2006, GONZÁLEZ et al., 2006). Na revisão de MASCHIO et al. (2014) espécies exóticas de minhocas, e particularmente *P. corethrurus*, predominaram em diversos plantios de *Eucalyptus* ao redor do mundo. Entretanto, pouco se sabe sobre o efeito de invasão de novas áreas por espécies exóticas sobre a diversidade, abundância e biomassa de espécies nativas na região tropical em geral, e no Brasil em particular (GONZÁLEZ et al., 2006, BROWN et al. 2006).

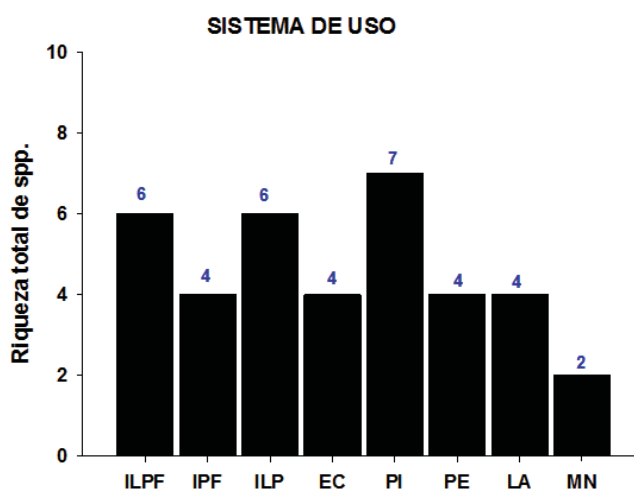


FIGURA 2 – RIQUEZA TOTAL DE ESPÉCIES ENCONTRADAS (AMOSTRAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS) NOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPAS), SISTEMAS TRADICIONAIS DE MANEJO E FLORESTA NATIVA, SITUADOS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E DA UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCAR) EM SÃO CARLOS – SP. PARA SIGNIFICADO DAS ABREVIações, FAVOR CONSULTAR FIGURA 1.

FONTE: O AUTOR, (2021).

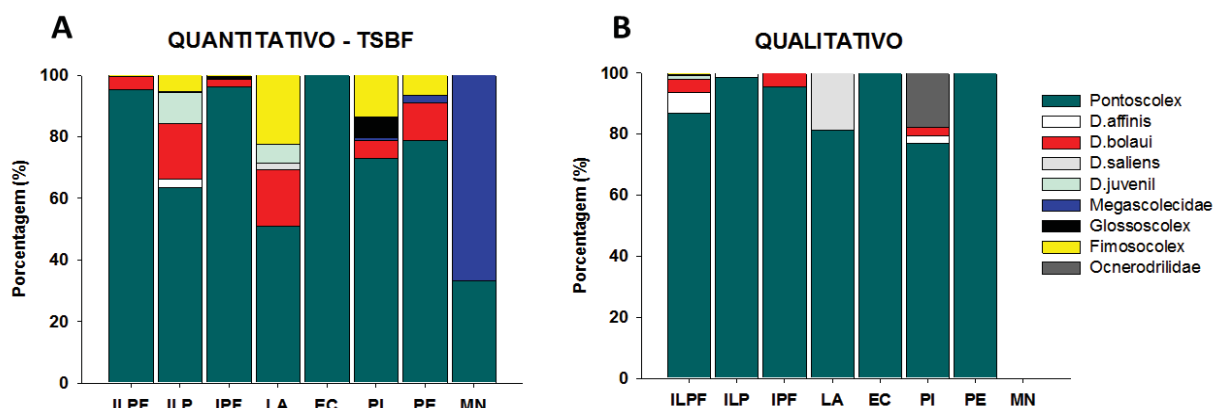


FIGURA 3 – PROPORÇÃO DO NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA ESPÉCIE COLETADA COM O MÉTODO TSBF (A) E MÉTODO QUALITATIVO (B), NOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPAS), SISTEMAS TRADICIONAIS DE MANEJO E FLORESTA NATIVA, SITUADOS NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE E DA UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS (UFSCAR) EM SÃO CARLOS – SP. PARA SIGNIFICADO DAS ABREVIACÕES, FAVOR CONSULTAR FIGURA 1.

FONTE: O AUTOR, (2021)

Nos SIPAs, coletou-se maior número de indivíduos quando comparado aos sistemas tradicionais (LA, EC, PE e PI) (TABELA 2), mas também houve maior número de amostras nesses sistemas. Numa recente pesquisa realizada por NADOLNY et al. (2020), constatou-se que a abundância de minhocas tende a ser alta em pastagens e sistemas integrados de produção, provavelmente em decorrência do aporte de nutrientes, cobertura vegetal constante, ausência de perturbação do solo, e incremento da matéria orgânica, que afetam a quantidade e qualidade da serapilheira, e consequentemente a temperatura do solo (CURRY, 2004). De fato, as novas espécies encontradas de *Fimoscolex* n.sp.7 e *Glossoscolex* n.sp.9, foram encontradas nos SIPA's, mas também na lavoura em plantio direto (LA) e na pecuária intensiva (TABELA 2). Isso comprova que esses sistemas de uso promovem ambientes favoráveis para a conservação dessas espécies.

A maior riqueza total de espécies foi encontrada na PI (7 espécies) e no ILPF e ILP (6 espécies), onde a presença da pastagem, com o aporte mais contínuo de matéria orgânica e a adubação nitrogenada, promove alta produtividade, e aporte de resíduos, necessários para manter altas populações de minhocas. Contudo, foi apenas no ILP e na LA, onde houve mais alta presença de espécies nativas, que

representaram pouco mais de 20% dos indivíduos coletados nas amostras quantitativas.

Levando em conta o aumento da pressão antrópica sobre os ecossistemas naturais latino-americanos, a vulnerabilidade de muitos destes, e o poder invasor de certas espécies exóticas, a totalidade da flora e fauna desses ambientes pode estar prejudicada. Mediante isso, a ocorrência das espécies nativas e exóticas (FRAGOSO et al., 1997, BROWN e JAMES 2007), pode ser usada como indicador do estado de conservação. A presença de minhocas nativas em áreas amplamente perturbadas, indica que o manejo utilizado nas áreas da Embrapa tem possibilitado a conservação dessas espécies, que precisam ser monitoradas ao longo do tempo para garantir a viabilidade de suas populações.

3.6 CONCLUSÕES

O estudo das populações de minhocas nos SIPAs, floresta nativa, e sistemas conservacionistas, revelou a presença de oito espécies, sendo a porcentagem maior de espécies exóticas, apesar de terem sido também encontradas duas novas espécies nativas, comprovando desta forma que as minhocas nativas podem sobreviver nesses sistemas de uso da terra.

O maior número de indivíduos coletados foi nos SIPAs, e a maior riqueza de espécies foi encontrada no sistema PI, ILP e ILPF, demonstrando que esses sistemas beneficiam a diversidade de minhocas.

3.7 REFERÊNCIAS

ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. Tropical Soil Biology and Fertility: A handbook of methods. 2 edition. Oxford: **Oxford University Press**; 1993.

ASSIS, P.C.R.; STONE, L.F.; MEDEIROS, J.C.; MADARI, B.E.; OLIVEIRA, J.M.; WRUCK, F.J. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.309-316, 2015.

BARETTA, D.; BARTZ, M.L.C.; FACHINI, I.; ANSELMINI, R.; ZORTÉA, T.; MALUCHE-BARETTA, C.R.D. Soil fauna and its relation with environmental variables in soil management systems. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, p.871-879, 2014.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; SEGAT, J.C.; GEREMIA, E.V.; OLIVEIRA FILHO, L.C.I.; ALVES, M.V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: Klauberger Filho O, Mafrá AL. (Org.). **In: Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.119-170, 2011.

BARTZ, M.L.C.; BROWN, G.G.; ROSA, M.G.; LOCATELLI, M.; JAMES, S.W.; BARETTA, D. Minhocas *Urobenus* sp.: das matas para as áreas sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.124, p.6-7, 2011.

BLAKEMORE, R.J. Cosmopolitan Earthworms—An Eco-Taxonomic Guide to the Peregrine Species of the World. VermEcology, Kippax, 2002, p.426. [CD-ROM].

BROWN, G.G.; JAMES, S.W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. (Eds.), Minhocas na América Latina: Biodiversidade e ecologia. Embrapa Soja, Londrina, 2007. p. 297–381.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; PASINI, A.; NUNES, D.H.; BENITO, N.P.; MARTINS, P.T.; SAUTTER, K.D. Exotic, peregrine, and invasive earthworms in Brazil: Diversity, distribution, and effects on soils and plants. **Caribbean Journal of Science**, v.42, N°3, p. 339-358. 2006.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G.G. FRAGOSO, C. (Ed.). *Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia*. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p.297-381.

CALDERANO FILHO, B.; SANTOS, H.G.; FONSECA, O.O.M.; SANTOS, R.D.; PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C. Os solos da Fazenda Canchim, Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste, São Carlos, SP: Levantamento semi detalhado, propriedades e potenciais. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS/São Carlos: Embrapa-CPPSE. (Embrapa—CNPS. Boletim de Pesquisa, 7). (Embrapa—CPPSE. Boletim de Pesquisa, 2). 1998; p. 1 –107.

CURRY, J.P. Factors affecting the abundance of earthworms in soils. In: EDWARDS, C.A. (Ed.). **Earthworm ecology**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, p.91-113, 2004.

DECAËNS, T.; JIMENEZ, J. 1.; GIOIA, C.; MEASEY, G. J.; LAVELLE, P. The value of soil animals for conservation biology. **European Journal of Soil Biology**, v.42, p.S23-S38, 2006.

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

GONZÁLEZ, G.; HUANG, C.-Y.; ZOU, X.; RODRÍGUEZ, C. Earthworm invasions in the tropics. **Biological Invasions**. v. 8, p. 247-256. 2006.

HUERTA, E.; WAL, H. Soil macroinvertebrates abundance and diversity in home gardens in Tabasco, Mexico, vary with soil texture, organic matter and vegetation cover. **European Journal of Soil Biology**, v. 50, p. 68-75, 2012.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology International**. v.9, p. 3-16, 1996.

LEE, K.E. Earthworms. Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use. Academic Press, London, 1985, p. 411.

LEE, K.E. Peregrine species of earthworms. In: Bonvicini, A.M.; e Omodeo, P. (Editors), On Earthworms. Selected Symposia and Monographs U.Z.I., 2, Mucchi, Modena, Italy, 1987, p. 315-328.

MARICHAL, R.; MARTINEZ, A.F.; PRAXEDES, C.; RUIZ, D.; CARVAJAL, A.F.; OSZWALD, J.; DEL PILAR HURTADO, M.; BROWN, G.G.; GRIMALDI, M.; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M.; DECAËNS, T.; VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P. Invasion of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) in landscapes of the Amazonian deforestation. **Applied Soil Ecology**, v. 46, p. 443–449, 2010.

MASCHIO, W.; VEZZANI, F.M.; BROWN, G.G. Earthworm populations in *Eucalyptus* spp. plantations at Embrapa Forestry, Brazil (Oligochaeta). **Advances in Earthworm Taxonomy VI** (Annelida: Oligochaeta). Proceedings 01 the 6th International Oligochaete Taxonomy Meeting (6th IOTM), Palmeira de Faro, Portugal, 2014.

MICHAELSEN, W. (1900) Das Tierreich Oligochaeta. Friedländer and Sohn, Berlin, 1900, p.575.

NADOLNY, H.; SANTOS, A.; DEMETRIO, W.C.; FERREIRA, T.; MAIA, L.D.S.; CONRADO, A.C.; BARTZ, M.; GARRASTAZU, M.; SILVA, E.D.; LAVELLE P.; BARETTA, D.; PASINI, A.; VEZZANI, F.; SOUSA, J.P.; CUNHA, L.; JEROME, MATHIEU, RÖMBKE, J.; BROWN, G.G. Recommendations for assessing earthworm populations in Brazilian ecosystems. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.55, p.01006, 2020.

RIGHI, G. Minhocas de Mato Grosso e Rondônia. Relatório de Pesquisa No. 12. Programa Polonoroeste. CNPq/AED, Brasília, 1990, p.157.

SAUTTER, K.D.; BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; PASINI, A.; NUNES, D.H.; BENITO, N.P. Present knowledge on earthworm biodiversity in the State of Paraná, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v.42, p.296–300, 2006.

SIMIONI, F.J.; BARTZ, M.L.C.; WILDNER, L.D.O.P.; SPAGNOLLO, E.; VEIGA, M.; BARETTA, D. Economic and soil quality indicators in soybean crops grown under integrated crop-livestock and winter-grain cultivation systems. **Ciência Rural**, v. 46(7), p.1165–1171, 2016.

VALANI, G.P.; MARTÍNI, A.F.; da SILVA, L.F.S.; BOVI, R.C.; COOPER, M. Soil quality assessments in integrated crop–livestock–forest systems: A review. **Soil Use and Management**, v.37, p. 22-36. 2020.

4. CONCLUSÃO GERAL

As minhocas podem ser usadas como biondicadoras da qualidade do solo em SIPAs, mas as espécies presentes estão associadas a atributos distintos nesses solos.

Os SIPAs promoveram a maior abundância e biomassa de minhocas, bem como sua diversidade.

O ILPF apresentou o maior índice de qualidade do solo de todos os sistemas avaliados, comprovando a hipótese de haver maior qualidade no sistema com maior diversidade de componentes. Contudo os sistemas IPF e ILP tiveram qualidade similares aos sistemas convencionais de produção.

A espécie *P. corethrurus* não refletiu maior qualidade química do solo, mas esteve associada à melhor qualidade física.

Encontraram-se duas novas espécies nativas *Fimoscolex* sp.7 e *Glossoscolex* sp. 9, indicando que os sistemas adotados na Embrapa podem preservar populações de espécies nativas.

5 REFERÊNCIAS

- ABREU, R.R.L.; LIMA, S.S.; OLIVEIRA, N.C.R.; LEITE, L.F.C. Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, p.409-416, 2014.
- ALMEIDA, J.A.; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.D.; ZOLDAN JÚNIOR, W.A. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.29 (3), p. 437-445, 2005.
- ALVARENGA, R.C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F.J.; CRUZ, J.C.; NETO GONTIJO, M.M. A cultura do Milho na Integração Lavoura-Pecuária. Circular técnica 80. Lagoas- MG. Embrapa – Ministério da agricultura pecuária e abastecimento (MAPA) – Embrapa. 2006, p.12.
- ALVES, F.V.; LAURA, V.A.; ALMEIDA, R.C. Sistemas Agroflorestais. A agropecuária sustentável. Brasília. Embrapa Gado de corte. 2015, p. 208.
- ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. Tropical Soil Biology and Fertility: A handbook of methods. 2 edition. Oxford: **Oxford University Press**; 1993.
- ARAÚJO, A.S.F.; DE MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v.23 (3), p.66-75, 2007.
- ARAÚJO, E.A.D.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.5 (1), p.187-206, 2012.
- ARAÚJO, H.S.; SABBAG, O.J.; LIMA, B.T.M.; ANDRIGHETTO, C.; RUIZ, U. DOS S. Aspectos econômicos da produção de bovinos de corte. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p.82–89, 2012.
- ASAI, M.; MORAINÉ, M.; RYSCHAWY, J.; WIT, J.D.; HOSHIDE, A.K.; MARTIN, G. Critical factors for crop-livestock integration beyond the farm level: A cross-analysis of worldwide case studies. **Land Use Policy**, v.73, p.184–194, 2018.

ASSIS, P.C.R.; STONE, L.F.; MEDEIROS, J.C.; MADARI, B.E.; OLIVEIRA, J.M.; WRUCK, F.J. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.309-316, 2015.

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A.O.; STONE, L.F. Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Brasília, DF: Embrapa. 2011a, 130p.

BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; PORFÍRIO, V.S.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FRANCHINI, J.C.; GALERAN, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de Integração lavoura pecuária floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46 (10), p. 1-12, 2011b.

BALIEIRO, F.D.C.; OLIVEIRA, W.C.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. D.; PICCOLO, M. D.C.; JACCOUD, C. F. Fertilidade e carbono do solo e uso da água pelo eucalipto numa Topossequência em Seropédica, RJ. **Revista Árvore**, v. 32 (1), 2008.

BARETTA, D.; BARTZ, M.L.C.; FACHINI, I.; ANSELMINI, R.; ZORTÉA, T.; MALUCHE-BARETTA, C.R.D. Soil fauna and its relation with environmental variables in soil management systems. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, p.871-879, 2014.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; BERTOL, I.; ALVES, M.V.; MANFOI, F.; BARETTA, C.R.D.M. Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.5 (2), p. 08 – 117, 2006b.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; SEGAT, J.C.; GEREMIA, E.V.; OLIVEIRA FILHO, L.C.I.; ALVES, M.V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: Klauberg Filho O, Mafrá AL. (Org.). **In: Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.119-170, 2011.

BARETTA, D.; TESTA, M.; ROCHA, E.; LUCIANER, E.; BARTZ, M.L.C.; BROWN, G.G.; SIMIONI, F.J.; PAIANO, D.; SPAGNOLLO, E.; WILDNER, L. do P.; VEIGA, M. da. As minhocas e suas relações com atributos físico-químicos no Oeste e Meio-Oeste do Estado de Santa Catarina. In: SEMINÁRIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – CEO/UDESC, 3., 2013, Chapecó. [Anais]. Chapecó: **UDESC**, 2013.

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; ORSO, R.; MAFRA, Á. L.; BARETTA, D. The influence of land use systems on soil and surface litter fauna in the western region of Santa Catarina. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45(5), p. 880–887. 2014.

BARTZ, M. L. C.; COSTA, A. C. S. da; TORMENA, C. A.; SOUZA JUNIOR, I. G.; BROWN, G. G. Sobrevivência, produção e atributos químicos de coprólitos de minhocas em um Latossolo Vermelho distroférrico (Oxisol) sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Zoológica Mexicana**, nueva série, v.26, p. 261-280, 2010.

BARTZ, M. L. C.; PASINI, A.; BROWN, G.G. Earthworms as soil quality indicators in Brazilian no-tillage systems. **Applied Soil Ecology**, v.69, p.39-48, 2013.

BARTZ, M.L.C.; BROWN, G.G.; ROSA, M.G.; LOCATELLI, M.; JAMES, S.W.; BARETTA, D. Minhocas *Urobenus* sp.: das matas para as áreas sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.124, p.6-7, 2011.

BATISTA, I.; CORREIA, M.E.F.; PEREIRA, M.G.; BIELUCZYK, W.; SCHIAVO, J.A.; ROUWS, J.R.C. Frações oxidáveis do carbono orgânico total e macrofauna edáfica em Sistema de Integração Lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 38, p. 797-809, 2014.

BENAZZI, E.S.; BIANCHI, M.O.; FERNANDES C.M.E.; LIMA E.; ZONTA, E. Impacts of harvesting methods of sugar cane on the soil macrofauna in production area in Espírito Santo – Brazil. **Semina Ciências Agrárias**, v.34(6), p. 3425-3442, 2013.

BERNHARD-REVERSAT, F.; LOUMETO, J.J.; LACLAU, J.P. Litterfall, litter quality and decomposition changes with eucalypt hybrids and plantation age. In: BERNHARD-REVERSAT, F. (Ed.). Effect of exotic tree plantations on plant diversity and biological soil fertility in the Congo savanna: with special reference to eucalypts. Bogor: CIFOR, p.23-30. 2001.

BISPO, A.; CLUZEAU, D.; CREAMER, R.; DOMBOS, M.; GRAEFE, U.; KROGH, P.H.; SOUSA, L.P.; PERES, G.; RUTGERS, M.; WINDING, A.; RÖMBKE, J. Indicators for monitoring soil biodiversity. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v.5, p.717–719, 2009.

BLAKEMORE, R.J. Cosmopolitan Earthworms—An Eco-Taxonomic Guide to the Peregrine Species of the World. VermEcology, Kippax, 2002, p.426. [CD-ROM].

BONE, J.; HEAD, M.; BARRACLOUGH, D.; ARCHER, M.; SCHEIB, C.; FLIGHT, D.; VOULVOULIS, N. Soil quality assessment under emerging regulatory requirements. **Environment International**, v.36 (6), p.609- 622, 2010.

BROWN, G. G.; DOMÍNGUEZ, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas, **Acta Zoológica Mexicana**, Nueva Série, v. 26, p.1–18, 2010.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S. de A.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G. de A.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SILVA, E. da; ANTONIOLLI, Z. I.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P. M.; SOUSA, J. P.; CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília, DF, Embrapa, 2015.

BROWN, G. G.; PASHANASI, B.; VILLENAVE, C.; PATRÓN, J. C.; SENAPATI, B. K.; GIRI, S.; BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; BLAKEMORE, R. J.; SPAIN, A. V.; BOYER, J. Effects of earthworms on plant production in the tropics, In: LAVELLE P.; BRUSSAARD L.; HENDRIX P. (Eds.), **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CABI, p. 87-147, 1999.

BROWN, G.G.; BENITO, N.P.; PASINI, A.; SAUTTER, K.D.; GUIMARÃES, M. de F.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná state, Brazil. **Pedobiologia**, v.47, p.764-771, 2003.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. (Eds.), Minhocas na América Latina: Biodiversidade e ecologia. **Embrapa Soja**, Londrina, p. 297–381. 2007.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; PASINI, A.; NUNES, D.H.; BENITO, N.P.; MARTINS, P.T.; SAUTTER, K.D. Exotic, peregrine, and invasive earthworms in Brazil: Diversity,

distribution, and effects on soils and plants. **Caribbean Journal of Science**, v.42, N°3, p. 339-358. 2006.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; SAUTTER, K.D.; PASINI, A.; BENITO, N.P.; NUNES, D.H.; KORASAKI, V.; SANTOS, É.F. dos; MATSUMURA, C.; MARTINS, P.T.; PAVÃO, A.; SILVA, S.H. da; GARBELINI, G.; TORRES, E. Avaliação das populações de minhocas como bioindicadores ambientais no Norte e Leste do Estado do Paraná. In: SARAIVA, O.F. (Ed.). Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 2003: manejo de solos, plantas daninhas e agricultura de precisão. Londrina: **Embrapa Soja**, p.30-46. (Embrapa Soja. Documentos, 253). 2004.

BROWN, G.G.; RÖMBKE, J.; HOFER, H.; VERHAAG, M.; SAUTTER, K.D.; SANTANA, D.L.Q. Biodiversity and function of soil animals in Brazilian agroforestry systems. In: GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, E.; FREITAS, M.S.; VIANA, A.P.; JASMIN, J.M.; MARCIANO, C.R.; CARNEIRO, J.G.A. (Eds). Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentado. UENF, Campos dos Goytacazes, p. 217-242, 2006.

BRUSSAARD, L.; DE RUITER, P.C.; BROWN, G.G. Soil biodiversity for agricultural sustainability. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.121, p.233-24, 2007.

BUCKERFIELD, J.C.; LEE, K.E.; DAVOREN, C.W.; HANNAY, J.N. Earthworms as indicators of sustainable production in dryland cropping in southern Australia. **Soil Biology Biochemistry**, v.29, p.547–554, 1997.

BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; BEYN, G.; GOEDE, R.; FLESSENS, L.; GEISSEN, V.; KUYOER, T. W.; MÄDER, P.; PULLEMAN, M.; SUKKEL, W.; van GROENIGEN, J. W.; BRUSSAARD, L. Soil quality – A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v.120, p.105-125, 2018.

CALDERANO FILHO, B.; SANTOS, H.G.; FONSECA, O.O.M.; SANTOS, R.D.; PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C. Os solos da Fazenda Canchim, Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste, São Carlos, SP: Levantamento semi detalhado, propriedades e potenciais. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS/São Carlos: **Embrapa-CPPSE**. (Embrapa—CNPS. Boletim de Pesquisa, 7). (Embrapa—CPPSE. Boletim de Pesquisa, 2), p. 1 –107. 1998.

CAMARGO, F. F. Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em sistemas agroflorestais agroecológicos na área de preservação ambiental Serra da Mantiqueira, MG. 2016. 241 p. Tese (doutorado)—Universidade Federal de Lavras, 2016.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J.C.; SILVA, L.M.N.; MELLO, C.R.D.; CERRI, C.E.P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.277-289. 2010.

CARVALHO, P.C.D.F.; MORAES, A.D.; PONTES, L.D.S.; ANGHINONI, I.; SULC, R.M.; BATELLO, C. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, p.1040-1046, 2014.

CÉCILLON, L.; CASSAGNE, N.; CZARNES, S.; GROS, R.; VENNETIER, M.; BRUN, J-J. Predicting soil quality indices with near infrared analysis in a wildfire chronosequence. **Science of the Total Environment**, Elsevier, v. 407 (3), p.1200-1205. 2009.

CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I.; FERNANDES, F.M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9(3): 267-270. 1985.

CIANCIARUSO, M.V.; SILVA, I.A.; BATALHA, M.A. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. **Biota Neotropical**, v.9(3), p.093-103, 2009.

COSTA, M.; SCHOENEBOOM, J.; OLIVEIRA, S.; VIÑAS, R.; DE MEDEIROS, G. A socio-eco- efficiency analysis of integrated and non-integrated crop-livestock-forestry systems in the Brazilian Cerrado based on LCA. **Journal of Cleaner Production**, v.171, p.1460–1471, 2018.

COSTA, M.; SCHOENEBOOM, J.; OLIVEIRA, S.; VIÑAS, R.; DE MEDEIROS, G. A socio-eco- efficiency analysis of integrated and non-integrated crop-livestock-forestry systems in the Brazilian Cerrado based on LCA. **Journal of Cleaner Production**, v.171, p.1460–1471, 2018.

CUNHA, F.; BÖRNER, J.; WUNDER, S.; COSENZA, C.; LUCENA, A. The implementation costs of forest conservation policies in Brazil. **Ecological Economics**, v. 130, p.209–220, 2016.

CURRY, J.P. Factors affecting the abundance of earthworms in soils. In: EDWARDS, C.A. (Ed.). **Earthworm ecology**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, p.91-113, 2004.

DE FIGUEIREDO, E.; JAYASUNDARA, S.; DE OLIVEIRA, B.R, BERCHIELLI, T.; REIS, R.; WAGNER-RIDDLE, C.; LA SCALA, J.R.N. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. **Journal of Cleaner Production**; v.14, p. 420–431, 2017.

DECAËNS, T.; JIMENEZ, J. 1.; GIOIA, C.; MEASEY, G. J.; LAVELLE, P. The value of soil animals for conservation biology. **European Journal of Soil Biology**, v.42, p.S23-S38, 2006.

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

DEMETRIO, W. C. Fauna invertebrada e qualidade do solo em terras pretas amazônicas e solos adjacentes: Soil macroinvertebrates and soil quality in Amazonian dark earths and adjacent soils. 2019. 119 p. Tese (Doutorado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

DIAS-FILHO, M.B.; SERRÃO, E.A.S. Recuperação, melhoramento e manejo de pastagens na região de Paragominas, Pará: resultados de pesquisa e algumas informações práticas. Documento 5. Belém: **Embrapa-CPATU**, p.24. 1982.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN J.W, et al. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: **Soil Science Society of America**, p. 3-22, 1994. Corrigir o ano no texto

EMBRAPA, Agrossilvopastoril. ILPF em números. Folheto. Sinop, Mato Grosso. 2016, p.12.

EMBRAPA, Visão 2030. O Futuro da Agricultura Brasileira. Brasília, DF. 2018, p.11.

ETCHEBARNE, V.; BRAZEIRO, A. Effects of livestock exclusion in forests of Uruguay: soil condition and tree regeneration. **Forest Ecology and Management**, v.362, p.120–129, 2016.

FAO. Food and Agricultural Organization of the United Nations. World reference base for soil resources 2014: international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps (FAO. World Soil Resources Report 106). Rome: **FAO**, 192p. 2015.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. An international consultation on integrated croplivestock systems for development: The way forward for sustainable production intensification. Integrated Crop Management, Rome, Italy, p.1– 79. 2010.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT Agricultural databases. Rome, Italy, 2017.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Soil Macrofauna field manual 2008: Ruiz N, Lavelle P, Jiménez J. Rome, Italy, p. 1– 132. 2008.

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

FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; PASINI, A.; SACOMAN, A.; SILVA, J.R. da; FRANÇA, C.; CARRARA, R. Abundância e diversidade da macrofauna do solo em diferentes fases de um sistema de integração lavoura-pecuária no Arenito Paranaense. In: WORKSHOP INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA EMBRAPA. Anais. Brasília: **Embrapa**, 2009.

FRÜND, H.C.; BUTT, K.; CAPOWIEZ, Y.; EISENHAEUER, N.; EMMERLING, C.; ERNST, G.; POTTHOFF, M.; SCHEADLER, M.; SCHRADER, S. Using earthworms as model organisms in the laboratory: recommendations for experimental implementations. **Pedobiologia**, v. 53, p.119–125, 2010.

GIL, J.; SIEBOLD, M.; BERGER, T. Adoption and development of integrated crop–livestock– forestry systems in Mato Grosso, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.199, p.394–406, 2015.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2006.

GONZÁLEZ, G.; HUANG, C.-Y.; ZOU, X.; RODRÍGUEZ, C. Earthworm invasions in the tropics. **Biological Invasions**. v. 8, p. 247-256. 2006.

GUERRA, C.A., HEINTZ-BUSCHART, A., SIKORSKI, J., CHATZINOTAS, A., GUERRERO-RAMÍREZ, N., CESARZ, S., BEAUMELLE, L. Blind spots in global soil biodiversity and ecosystem function research. *BioRxiv*.2019.

HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v.4(1), p.9, 2001.

HERRERO, M.; THORNTON, P.K.; NOTENBAERT, A.M.; WOOD, S.; MSANGI S.; FREEMAN, H.A.; LYNAM, J. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. **Science**, v. 327(5967), p.822-825, 2010.

HUERTA, E.; KAMPICHLER, C.; GEISSEN, V.; OCHOA-GAONA, S.; JONG, B.; HERNÁNDEZ-DAUMÁS. Towards an ecological index for tropical soil quality based on soil macrofauna. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1056–1062, 2009.

HUERTA, E.; WAL, H. Soil macroinvertebrates abundance and diversity in home gardens in Tabasco, Mexico, vary with soil texture, organic matter and vegetation cover. **European Journal of Soil Biology**, v. 50, p. 68-75, 2012.

KICHEL, A. N.; COSTA, J. A. A.; ALMEIDA, R. G.; PAULINO, V. T. Systems integration croplivestock-forest (iCLF) - Experiences in Brazil. *Boletim de Indústria Animal*, v. 71(1), p. 94–105. 2014.

KLEIN, C.; KLEIN, V.A. Influência do manejo do solo na infiltração de água. **Revista Monografias Ambientais**, v.13, p.3915-3925, 2014.

KLUG, I.; MAFRA, Á.L.; FRIEDERICH, A.; RECH, C.; FERT NETO, J.; Soil chemical properties in forestry plantations replacing native vegetation in high-altitude grasslands. **Ciências Florestal**, v. 30, n. 2, p. 279-290, 2020.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão. p.407-442, 2003.

KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A.R.; TEIXEIRA, S.M.; OLIVEIRA, E.T. Renovação de pastagens do cerrado com arroz: I. Sistema Barreirão. Documento 33. Goiânia. Embrapa-CNPAF. p.20, 1991.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). Integração lavoura pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.501-522. 2003.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society American (Special Publication, 35), p.37-52, 1994.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology International**. v.9, p. 3-16, 1996.

LAVELLE, P.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; BROWN, G.; DESJARDINS, T.; MARIANI, L.; ROSSI, J.-P. SOM management in the tropics: why feeding the soil macrofauna? **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.61, p.53-61, 2001.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O.W.; DHILLON, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33:159-193. 1997.

LAVELLE, P.; DECÄENS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.-P. Soil invertebrates and ecosystem services. **Eur. Journal of Soil Biology**. v.42, p.S3–S15. 2006.

LAVELLE, P.; DOLÉDEC, S.; DE SARTRE, X.A.; DECAËNS, T.; GOND, V.; GRIMALDI, M.; OSZWALD, J.; HUBERT, B.; RAMIREZ, B.; VEIGA, I.; DE SOUZA, S.; DE ASSIS, W.S.; MICHELOTTI, F.; MARTINS, M.; FEIJOO, A.; BOMMEL, P.; CASTAÑEDA, E.; CHACON, P.; DESJARDINS, T.; DUBS, F.; GORDILLO, E.; GUEVARA, E.; FONTE, S.; DEL PILAR HURTADO, M.; LENA, P.; LIMA, T.; MARICHAL, R.; MITJA, D.; MIRANDA, I.; OTERO, T.; PRAXEDES, C.; POCCARD, R.; DE ROBERT, P.; RODRIGUEZ, G.; SANABRIA, C.; TSELOUIKO, S.; VELASQUEZ, A.; VELASQUEZ, E.; VELASQUEZ, J. Unsustainable landscapes of deforested Amazonia: an analysis of the relationships among landscapes and the social, economic and environmental profiles of farms at different ages following deforestation. **Global Environmental Change**, v.40, p.137–155, 2016.

LEE, K.E. Earthworms. Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use. **Academic Press**, London, p. 411. 1985.

LEE, K.E. Peregrine species of earthworms. In: Bonvicini, A.M.; e Omodeo, P. (Editors), On Earthworms. Selected Symposia and Monographs U.Z.I., 2, Mucchi, Modena, Italy, p. 315-328. 1987.

LENZ, A.M.; ROSA, H.A.; MERCANTE, E.; MAGGI, M.F.; MENDES, I.D.S.; CATTANI, C.E.V.; JOHANN, J.A.; FERRUZZI, Y.; GURGACZ, F. Expansion of eucalyptus energy plantations under a Livestock-Forestry Integration scenario for agroindustries in Western Paraná, Brazil. **Ecological Indicators**, v.98, p.39–48, 2019.

LIMA, O.G. de. Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em plantios florestais e floresta ombrófila mista na Embrapa Florestas, Colombo-PR. 2011. 67p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2011.

LOURENTE, E.R.P.; SILVA, R.F. da; SILVA, D.A. da; MARCHETTI, M.E.; MERCANTE, F.M. Macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.29, p.17-22, 2007.

LUDWIG, J.A.; REYNOLDS, J.F. John Wiley and Sons. Nova York. **Statistical Ecology**. p.1 – 337, 1988.

MARCHÃO, R. L. VILELA, L.; SANTOS JUNIOR, J. de D.G.; SÁ, M.A.C. de; BERGAMASCHI, L.C.; BORTONCELLO, L.R. Impacto de sistemas agrícolas nos atributos físicos, químicos e macrofauna num Latossolo do oeste baiano. **Embrapa Cerrados**: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento No. 228, 30p., 2008.

MARCHÃO, R.L.; LAVELLE, P.; CELINI, L.; BALBINO, L.C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol. **Pesquisa agropecuária Brasileira**. Brasília, v.44 (8), p.1011-1020, 2009.

MARICHAL, R.; MARTINEZ, A.F.; PRAXEDES, C., RUIZ, D.; CARVAJAL, A.F.; OSZWALD, J.; DEL PILAR HURTADO, M.; BROWN, G.G.; GRIMALDI, M.; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M.; DECAËNS, T.; VELASQUEZ, E., LAVELLE, P. Invasion of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) in landscapes of the Amazonian deforestation. **Applied Soil Ecology**, v. 46, p. 443–449, 2010.

MASCHIO, W.; VEZZANI, F.M.; BROWN, G.G. Earthworm populations in *Eucalyptus* spp. plantations at Embrapa Forestry, Brazil (Oligochaeta). **Advances in Earthworm Taxonomy VI** (Annelida: Oligochaeta). Proceedings 01 the 6th International Oligochaete Taxonomy Meeting (6th IOTM), Palmeira de Faro, Portugal, 2014.

MAZZETTO, A.; FEIGL, B.; SCHILS, R.; CERRI, C. Improved pasture and herd management to reduce greenhouse gas emissions from a Brazilian beef production system. **Livestock Science**, v.175, p.101–112, 2015.

MICHAELSEN, W. (1900) Das Tierreich Oligochaeta. Friedländer and Sohn, Berlin, 1900, p.575.

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington DC, **Island Press**, 1st ed, 2005.

MIRANDA, E. E. Meio ambiente:a salvação pela lavoura. **Ciência e Cultura**, v. 69 (4), p. 38-44, 2017.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B. da; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, p.853-858, 2000.

MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; LUSTOSA, S.B.C.; LANG, C.R.; DEISS, L. Research on Integrated Crop-Livestock Systems in Brazil. **Revista Ciências Agronômica**, v.45(5), p.1024-1031, 2014.

NADOLNY, H.; SANTOS, A.; DEMETRIO, W.C.; FERREIRA, T.; MAIA, L.D.S.; CONRADO, A.C.; BARTZ, M.; GARRASTAZU, M.; SILVA, E.D.; LAVELLE P.; BARETTA, D.; PASINI, A.; VEZZANI, F.; SOUSA, J.P.; CUNHA, L.; JEROME, MATHIEU, RÖMBKE, J.; BROWN, G.G. Recommendations for assessing earthworm populations in Brazilian ecosystems. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.55, p.01006, 2020.

NOGUEIRA, M.A.; ALBINO, U.B.; BRANDÃO-JÚNIOR, O.; BRAUN, G.; CRUZ, M.F.; DIAS, B.A.; DUARTE, R.T.D.; GIOPPO, N.M.R.; MENNA, P.; ORLANDI, J.M.; RAIMAM, M.P.; RAMPAZO, L.G.L.; SANTOS, M.A.; SILVA, M.E.Z.; VIEIRA, F.P.; TOREZAN, J.M.D.; HUNGRIA, M.; ANDRADE, G. Promising indicators for assessment of agroecosystems alteration among natural, reforested and agricultural land use in southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.115, p.237 – 247, 2006.

NUNES, D.H. Espécies de minhocas em ecossistemas degradados de Jaguapitã-PR. 2006. 71p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2006.

PAOLETTI, M.G. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.741, p. 37–155, 1999.

PARISOTO, G. J.; PEREIRA, P. V. D. M.; ZAWADNEAK, M. A. C. DA SILVA, L. X. Diversidade de insetos como indicador de sustentabilidade em diferentes sistemas de manejo de produção orgânica. **XX EGEMA**, p.1-14. 2018.

PEÑA-PEÑA, K.; IRMLER, U. Moisture seasonality, soil fauna, litter quality and land use as drivers of decomposition in Cerrado soils in SE-Mato Grosso, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v.107, p.124 -133, 2016.

PIELOU, E.C. Indices of Diversity and evenness. In *Ecological Diversity*. Wiley Interscience. New York. p.1– 65, 1975.

PORTILHO, I.I.R.; CREPALDI, R.A.; BORGES, C.D.; SILVA, R.F.; SALTON, J.C.; MERCANTE, F.M. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura pecuária. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v. 46 (10), p.1310-1320, 2011.

PULLEMAN, M.; CREAMER, R.; HAMER, U.; HELDER, J.; PELOSI, C.; PÉRÈS, G.; RUTGERS, M. Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services-an overview of European approaches. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 4, p. 529–538, 2012.

PUTRA, R.A.R.S.; LIU, Z.; LUND, M. The impact of biogas technology adoption for farm households–Empirical evidence from mixed crop and livestock farming systems in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.74, p.1371–1378, 2017.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. 2015.

RHEINHEIMER D.S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36 (1), p.151-160, 2001.

RIGHI, G. Minhocas de Mato Grosso e Rondônia. Relatório de Pesquisa No. 12. Programa Polonoroeste. CNPq/AED, Brasília, 1990, p.157.

ROUSSEAU, L.; FONTE, S.J.; TÉLLEZ, O.; HOEK, R.V.D.; LAVELLE, P. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. **Ecological Indicators**, v. 27, p.71–82, 2013.

SÁ, J. C. M.; LAL, R., CERRI, C. C.; LORENZ, K.; HUNGRIA, M.; FACCIO CARVALHO, P. C. Low carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. *Environment International*, v. 98, p. 102–112. 2017.

SALTON, J.C.; MERCANTE, F.M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J.A.; CONCENCO, G.; SILVA, W.M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.190, p.70-79, 2014.

SALVO, G.; SIMAS, M.S.; PACCA, S.A.; GUILHOTO, J.J.; TOMAS, A.R.; ABRAMOVAY, R. Estimating the human appropriation of land in Brazil by means of an input–output economic model and ecological footprint analysis. **Ecological indicators**, v.53, p.78–94, 2015.

SANTOS, A.; MAIA, L. D. S.; FERREIRA, T.; DEMETRIO, W. C.; NADOLNY, H. S.; RIBEIRO, L.V.; SCHIEDECK, G.; COSTA, F. A. D.; BARTZ, M. L. C.; BROW, G.G. Minhocas como bioindicadoras da qualidade do solo em ecossistemas na Embrapa Clima Temperado. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, p.37, 2019.

SANTOS, G. G.; MARCHÃO, RL.; SILVA, E. M.D.; SILVEIRA, P. M. D.; BECQUER, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46 (10), 2011.

SANTOS, G. G.; DA SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.43 (1), p.115-122, 2008.

SAUTTER, K.D.; BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; PASINI, A.; NUNES, D.H.; BENITO, N.P. Present knowledge on earthworm biodiversity in the State of Paraná, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v.42, p.296–300, 2006.

SILVA, E. D.; VELÁSQUEZ, E.; SANTOS, A.; BARTZ, M. L. C.; LAVELLE, P.; BROWN, G. G. Indicador general de calidad del suelo en diferentes sistemas de uso del suelo en el Sur de Brasil. En: **Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología**. La Plata, Argentina. 2015.

SILVA, E. da. Impact des plantations forestières sur l'abondance et la diversité des vers de terre, et sur les attributs physiques et chimiques du sol: mémoire de stage. Colombo: Embrapa Florestas: Universidade do Paraná; [Paris]: **Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne**, 49p., 2010.

SILVA, J.; RUVIARO, C.; FERREIRA FILHO, J. Livestock intensification as a climate policy: lessons from the Brazilian case. **Land Use Policy**, v.62, p. 232–245, 2017.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do alto do Rio Grande-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 4, Lavras, Julho/Agosto, 2005.

SILVA, R.F. da; AQUINO, A.M. de; MERCANTE, F.M.; GUIMARÃES, M. de F. Populações de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) em um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de uso do solo. **Ciência Rural**, v.36, p.673-677, 2006.

SILVA, R.F.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M.; GUIMARÃES, M.F. Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, p. 725-731, 2008.

SILVA, R.F.; GUIMARÃES, M.F.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura pecuária. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.46(10), p.1277-1283, 2011a.

SILVA, R.F.; SAIDELLES, F.L.F.; VASCONCELLOS, N.J.S.; WEBBER, D.P.; MANASSERO, D. Impacto do fogo na comunidade da fauna edáfica em florestas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus taeda*. **Revista Brasileira Agrociência**, v.17, p. 234-41, 2011b.

SILVEIRA, E.R.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; JAMHOUR, J. Diversidade e papel funcional da macrofauna do solo na integração lavoura pecuária. **Revista Técnico Científica do CREA-PR**, v. 4, p.1-16, 2016.

SIMIONI, F.J.; BARTZ, M.L.C.; WILDNER, L.D.O.P.; SPAGNOLLO, E.; VEIGA, M.; BARETTA, D. Economic and soil quality indicators in soybean crops grown under integrated crop-livestock and winter-grain cultivation systems. **Ciência Rural**, v. 46(7), p.1165–1171, 2016.

SNAKIN, V.; KRECHETOV, P; KUZOVNIKOVA, T.; ALYABINA, I.; GUROV, A.; STEPICHEV, A. The System of Assessment of Soil Degradation. **Soil Technology**, v.8, p.331-343, 1996.

SOUZA, E.D.D.; COSTA, S.E.V.G.D.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. D.F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a Intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.33, p.1829-1836, 2009.

SOUZA, S.T.; CASSO, L.P.C.; BARETTA, D.; BARTZ, M.L.C.; KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, Á.L.; DA ROSA, M.G. Abundance and diversity of soil macrofauna in native forest, eucalyptus plantations, perennial pasture, integrated crop-livestock, and no-tillage cropping. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.40, p.0150248, 2016.

STATSOFT INC. Programa computacional Statistica 7.0. E.A.U. 2004.

STORK, N.E; EGGLETON P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**, v.7(1-2), p.38-47,1992.

SYSTAT SOFTWARE INC. SigmaPlot. Version 11. 2016.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G.; EDITORES TÉCNICOS. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Embrapa, 2017.

URIBE, S.; HUERTA, E.; GEISSEN, V.; MENDOZA, M.; GODOY, R.; JARQUÍN, AARÓN. *Pontoscolex corethrurus* (Annelidae: Oligochaeta) soil quality indicator in *Eucalyptus grandis* (Myrtaceae) sites with slash and burn management. **Revista de biologia tropical**, v.60(4), p.1543-52, 2012.

VALANI, G.P.; MARTÍNI, A.F.; da SILVA, L.F.S.; BOVI, R.C.; COOPER, M. Soil quality assessments in integrated crop–livestock–forest systems: A review. **Soil Use and Management**, v.37, p. 22-36. 2020.

VAN GROENIGEN, J.W.; LUBBERS, I.M.; VOS, H.M.J.; BROWN, G.G.; DEYN, G.B.; VAN GROENIGEN, K.J. Earthworms increase plant production: a meta-analysis. **Scientific Reports**, v.4, n. 6365, p. 1-7, 2014.

VAN GROENIGEN, J.W.; VAN GROENIGEN, K.J.; KOOPMANS, G.F.; STOKKERMANS, L.; VOS, H.J.J.; LUBBERS, I.M. How fertile are earthworm casts? A meta-analysis. **Geoderma** v.338, p.525–535. 2019.

VAN GROENINGEN, J.W.; VAN GROENINGEN, K. J.; KOOPMANS, G.F.; VOS, H.M.J.; LUBBERS, I.M. How fertile are earthworm casts? A meta analysis. **Geoderma**, no prelo, 2018.

VASCONCELOS, T. C. de. Atributos do solo como indicadores de qualidade para avaliação de áreas em processo de restauração ativa na Mata Atlântica. (Tese – Doutorado). **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba. 2020.

VEIGA, J.B.D.; MARQUES, L.C.T. Desempenho de sistemas silvipastoris em Paragominas, Estado do Pará. In: Congresso Brasileiro em sistemas agroflorestais, 2. 1998, Belém, PA. No contexto da qualidade ambiental e competitividade: resumos expandidos. Belém, PA: **Embrapa-CPATU**, p. 228-230. 1998.

VELÁSQUEZ, E. et al. Soil macrofauna-mediated impacts of plant species composition on soil functioning in Amazonian pastures. **Applied Soil Ecology**, v. 56, p. 43–50, 2012.

VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P., ANDRADE, M. GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v.39, p.3066–3080, 2007.

WRIGHT, I.A.; TARAWALI, S.; BLÜMMEL, M.; GERARD, B.; TEUFEL, N.; HERRERO, M. Integrating crops and livestock in subtropical agricultural systems. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.92, p.1010-1015, 2012.

ZAGATTO, M. R. G.; PEREIRA, A. P. D. A.; SOUZA, A. J. D.; PEREIRA, R. F.; BALDESIN, L. F.; PEREIRA, C. M.; CARDOSO, E. J. B. N. Interactions between mesofauna, microbiological and chemical soil attributes in pure and intercropped *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* plantations. **Forest Ecology and Management**, v.433, p.240–247. 2019.

ANEXO 1 – QUADRO DE PLANEJAMENTO DOS PONTOS AMOSTRAIS UTILIZADOS NOS SISTEMAS INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA FLORESTA – ILPF.

Sistema de Uso	Identificação	Posição	Número de Pontos Amostrais	Total Bloco	Total de Pontos amostrais
ILPF	Lavoura	Linha - Milho	5	20	60
		Entrelinha - Milho	5		
	1 Ano Pasto	Linha Eucalipto	4	20	
		Entrelinha Eucalipto	6		
	2 Ano Pasto	Linha Eucalipto	4	20	
		Entrelinha Eucalipto	6		

ANEXO 2 – QUADRO DE PLANEJAMENTO DOS PONTOS AMOSTRAIS UTILIZADOS NOS SISTEMAS INTEGRAÇÃO PECUÁRIA FLORESTA – (IPF) E SISTEMAS INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA– (ILP).

Sistema de Uso	Identificação	Posição	Número de Pontos Amostrais	Total Bloco	Total de Pontos amostrais
IPF	Pastejado	Linha Eucalipto	4	20	40
		Entrelinha Eucalipto	6		
	Não Pastejado	Linha Eucalipto	4	20	
		Entrelinha Eucalipto	6		
ILP	Lavoura	Linha Milho	3	6	32
		Entrelinha Milho	3	6	
	Pastagem	Pastejado	5	10	
		Não Pastejado	5	10	

ANEXO 3 – QUADRO DE PLANEJAMENTO DOS PONTOS AMOSTRAIS UTILIZADOS NOS SISTEMAS TRADICIONAIS – PASTAGEM INTENSIVA (PI), PASTAGEM EXTENSIVA (PE), LAVOURA (LA), EUCALIPTO (EU) E MATA NATIVA (MN).

Sistema de Uso	Identificação	Posição	Número de Pontos Amostrais	Total Bloco	Total de Pontos amostrais
PI	Pastejo Intensivo	Pastejado	5	10	20
		Não Pastejado	5		
PE	Pastejo Extensivo		10	20	20
LA	Lavoura	Linha - Milho	5	10	20
		Entrelinha -Milho	5	10	
EU	Eucalipto	Linha Eucalipto	5	10	20
		Entrelinha Eucalipto	5	10	
MN	Mata Nativa		10	20	20

ANEXO 4 – TABELA - DENSIDADE (NO. INDIVÍDUOS POR m²) E BIOMASSA TOTAL (PESO FRESCO EM ÁLCOOL 99%), EM gm² DE MINHOCAS, NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA FLORESTA (ILPF), SITUADO NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE EM SÃO CARLOS – SP.

Sistema de Uso	Grau de liberdade	Componentes				Posição
ILPF		Bloco 1				L/ELE Eucalipto*
		Lavoura	1° Ano Pastagem	2° Ano Pastagem	L/EL Milho*	
<i>Pontosclex corethrurus</i>	9	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Dichogaster</i>		ns	ns	ns	ns	ns
<i>Fimoscolex</i>		ns	ns	ns	ns	ns
Outros		ns	ns	ns	ns	ns
Média Indiv. m ²		158,4 ^{ns}	161,6 ^{ns}	211,2 ^{ns}		
Média biomassa (gm ⁻²)		8,68 ^{ns}	13,26 ^{ns}	23,79 ^{ns}		
		Bloco 2				
		Lavoura	1° Ano Pastagem	2° Ano Pastagem	L/EL Milho*	
<i>Pontosclex corethrurus</i>	9	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Dichogaster</i>		ns	ns	ns	ns	ns
<i>Fimoscolex</i>		ns	ns	ns	ns	ns
Outros		ns	ns	ns	ns	ns
Média Indiv. m ²		244,8 ^{ns}	195,2 ^{ns}	190,4 ^{ns}		
Média biomassa (gm ⁻²)		23,82 ^{ns}	13,02 ^{ns}	24,38 ^{ns}		

*Posição linha e entrelinha milho (L/EL) testado nos componentes lavoura, e linha e entrelinha do eucalipto (L/ELE) testado nos componentes lavoura; 1° ano pastagem e 2° pastagem. ^{ns}: Não significativo ao teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

ANEXO 5 – TABELA - DENSIDADE (NO. INDIVÍDUOS POR m²) E BIOMASSA TOTAL (PESO FRESCO EM ÁLCOOL 99%), EM gm² DE MINHOCAS, NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA (ILP), SITUADO NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE EM SÃO CARLOS – SP.

Sistema de Uso	Grau de liberdade Lavoura	Grau de liberdade Pastagem	Componentes		Posição	
ILP			Bloco 1			
			Lavoura	Pastagem	L/EL Milho*	P/NP*
<i>Pontoscolex corethrurus</i>			ns	ns	ns	ns
<i>Dichogaster</i>	5	9	ns	ns	ns	ns
<i>Fimoscolex</i>			ns	ns	ns	ns
<i>Glossoscolex</i>			ns	ns	ns	ns
Outros			ns	**	ns	ns
Média Indiv. m²			88,0 ns	20,8**		
Média biomassa (gm ⁻²)			7,75 ns	1,71**		
			Bloco 2			
<i>Pontoscolex corethrurus</i>			ns	ns	ns	ns
<i>Dichogaster</i>	5	9	ns	ns	ns	ns
<i>Fimoscolex</i>			ns	ns	ns	ns
<i>Glossoscolex</i>			ns	ns	ns	ns
Outros			ns	ns	ns	ns
Média Indiv. m²			282,6 ^{ns}	137,6 ^{ns}		
Média biomassa (gm ⁻²)			16,63 ^{ns}	16,63 ^{ns}		

*Posição linha e entrelinha milho (L/EL), testado nos componentes lavoura, P= (pastejado) e NP= (não pastejado), testado nos componentes pastagem. ^{ns}:Não significativo; **Significativo ao teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

ANEXO 6 – TABELA - DENSIDADE (NO. INDIVÍDUOS POR m²) E BIOMASSA TOTAL (PESO FRESCO EM ÁLCOOL 99%), EM gm² DE MINHOCAS, NO SISTEMA INTEGRAÇÃO PECUÁRIA FLORESTA (IPF), SITUADO NA ÁREA EXPERIMENTAL DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE EM SÃO CARLOS – SP.

Sistema de Uso	Grau de liberdade	Componentes		Posição
IPF		Bloco ^{ns}		
		Pastejado	Não Pastejado	L/ELE*
<i>Pontoscolex</i>				
<i>corethrurus</i>		ns	ns	ns
<i>Pontoscolex</i>				
<i>corethrurus</i> juvenil	9	**	**	ns
<i>Dichogaster</i>		ns	ns	ns
<i>Fimoscolex</i>		ns	ns	ns
<i>Glossoscolex</i>		ns	ns	ns
Outros		ns	ns	ns
Média Indiv. m ²		176	118,4	
Média biomassa				
(gm ⁻²)		34,15	17,73	

*Posição linha e entrelinha eucalipto (L/ELE), testado nos componentes pastejado e não pastejado

^{ns} :Não significativo; **Significativo ao teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

