

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

ANDRESSA CANEDO DE OLIVEIRA

FAUNA EPIGEICA EM SISTEMA FLORESTA-PASTAGEM SOB APLICAÇÃO DE
ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA (ARS)

UBERLÂNDIA

2021

ANDRESSA CANEDO DE OLIVEIRA

FAUNA EPIGEICA EM SISTEMA FLORESTA-PASTAGEM SOB APLICAÇÃO DE
ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA (ARS)

Pesquisa apresentada como requisito para a aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia.

Área de conhecimento: Ciências Agrárias

Orientador: Prof. Dr. Lucas Carvalho Basílio de Azevedo

UBERLÂNDIA

2021

ANDRESSA CANEDO DE OLIVEIRA

FAUNA EPIGEICA EM SISTEMA FLORESTA-PASTAGEM SOB APLICAÇÃO DE
ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA (ARS)

Pesquisa apresentada como requisito para a
aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de
Curso 2 do Curso de Engenharia Ambiental da
Universidade Federal de Uberlândia.

Aprovado em 15 de janeiro de 2021

Lucas Carvalho Basílio de Azevedo – Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia (Solos e
Nutrição de Plantas), Doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) – Docente
ICIAG/UFU

Tatiane Pereira Santos Morais – Engenheira Agrônoma, Mestre em Fitotecnia, Doutora em
Ciência do Solo, Pós-doutorado em Pedologia – Docente ICIAG/UFU

Carolina Carrijo Costa – Engenheira Ambiental – UFU

Prof. Dr. Lucas Carvalho Basílio de Azevedo

ICIAG – UFU

(Orientador)

UBERLÂNDIA

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal de Uberlândia por oferecer suporte e meios necessários para a realização deste curso. Aos professores e professoras que passaram pelo meu caminho, essencialmente ao professor Lucas Azevedo, por ter sido um ótimo professor, sempre entusiasmado e dedicado em sua profissão e por ter me orientado neste desafio com tanta paciência e compreensão. À equipe participante da pesquisa que já estava sendo realizada, principalmente à Neila Cristina de Freitas Maia e sua família, por terem me acolhido em seu projeto com tanto carinho, contribuindo com dados essenciais a pesquisa e com uma história de vida motivadora e ao Gabriel, aluno de mestrado da universidade, por apoio científico e profissional.

Neste momento, é difícil mencionar todos que contribuíram direta ou indiretamente com o processo de formação deste trabalho. Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, que me apresentou com pessoas maravilhosas durante essa jornada, permitindo-me caminhar junto com grandes amigos, alunos, professores e colegas de profissão, os quais me incentivaram e me deram forças para cada dia mais alcançar esse objetivo, a conclusão do curso.

Em especial, agradeço à minha mãe Mireiles, por estar presente nos mais difíceis momentos dessa fase, me apoiando e motivando com tanto amor e carinho. Ao meu pai Odair, por ter sido um grande amigo, conselheiro e paciente sempre. À minha irmã Franciele, que se fez presente em cada vitória, sempre com uma palavra de força e fé. Às minhas primas, sempre na orientação das melhores escolhas, me aconselhando com tanto carinho e cuidado. Por fim, mas não menos importante, aos “gigantes” que compartilharam da mesma jornada que eu, tornando a caminhada cada dia mais leve e tranquila de ser finalizada, com muita parceria e alegria.

RESUMO

Diante do crescimento acelerado da população humana mundial, técnicas sustentáveis de produção agrícola são necessárias para minimizar impactos ambientais. Como exemplo, o reaproveitamento de resíduos provenientes de rejeitos animais pode aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo, o que reduz a necessidade de aplicação de insumos externos. No presente estudo utilizou-se experimento baseado em um sistema de integração eucalipto-braquiária sob aplicação de água residuária de suinocultura (ARS) para avaliar a qualidade do solo em um sistema de produção agrícola. A qualidade do solo pode ser avaliada pela fauna epigeica, por ela oferecer diversas funções para o ecossistema, como a formação de poros no solo, a decomposição e mineralização da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de cinco doses de ARS sobre a diversidade, abundância e frequência de ocorrência da fauna epigeica em um sistema de integração eucalipto-braquiária. A fauna epigeica foi amostrada nas estações chuvosa e seca com armadilhas do tipo *pitfall*. Foram amostrados 18 grupos taxonômicos nas duas estações, sendo que os grupos Formicidae e Coleoptera ocorreram em maior abundância de indivíduos. As doses de ARS não tiveram impacto sobre a composição e a distribuição relativa de grupos taxonômicos da fauna epigeica. Por outro lado, a estação influenciou a comunidade de fauna epigeica. Os grupos mais abundantes nas duas épocas e em quaisquer das doses de água residuária de suinocultura foram Formicidae e Coleoptera. O grupo Isoptera foi considerado bioindicador de qualidade do solo, porque foi mais sensível às doses de ARS. Portanto, as doses de ARS não influenciam a composição e distribuição relativa de grupos taxonômicos da fauna epigeica, mas sim a estação. A época chuvosa possui menor abundância de indivíduos, mas maior diversidade de grupos taxonômicos em relação à época seca.

Palavras Chaves: Biota do solo, bioindicadores, qualidade do solo, sistema silvipastoril.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 Fauna edáfica.....	8
1.1.1 Fauna epigeica	8
1.2 Sistema silvipastoril.....	9
1.3 Fauna do solo em sistema floresta-pastagem	9
1.4 Águas residuárias da suinocultura	10
1.5 Impactos das águas residuárias da suinocultura sobre a fauna do solo	11
2. OBJETIVO	11
3. JUSTIFICATIVA.....	11
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
4.1 Experimento de campo	12
4.2 Estimativas de diversidade e análises estatísticas.....	14
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5.1 Composição da comunidade de fauna epigeica.....	15
5.2 Estimativa de riqueza e índices de diversidade	20
6. CONCLUSÕES	23
REFERÊNCIAS	24

1. INTRODUÇÃO

Solos são conjuntos dinâmicos de componentes líquidos, gasosos e sólidos minerais ou orgânicos, que formam sistemas complexos de interações entre atmosfera, litosfera, hidrosfera e biosfera (SANTOS et al., 2018; LEHMANN et al., 2020). Tais interações oferecem suporte físico, químico e biológico para a manutenção de ciclos biogeoquímicos necessários para manter o funcionamento de ecossistemas (VOGEL et al., 2019), e a continuidade de processos de sucessão ecológica que determinam níveis de absorção de carbono, e, portanto, participam da regulação do clima global (GRÊT-REGAMEY et al., 2017). Adicionalmente, os solos oferecem uma ampla variedade de serviços ecossistêmicos que favorecem a qualidade de vida humana, os quais incluem fontes de alimentos, água, minerais e produção de energia (GREINER et al., 2017). Por isso a ocupação humana de ecossistemas tem continuamente alterado a textura e composição físico-química dos solos, desde populações pré-colombianas (TEIXEIRA et al. 2019).

A biota do solo é notavelmente responsável pela maior parte dos serviços ecossistêmicos do solo, uma vez que mesmo amostras muito pequenas de solo podem conter diversidade e abundância muito altas de algas, bactérias, fungos, protozoários, insetos e nematódeos (BROWN e SAUTTER, 2009; CARDOSO e ANDREOTE, 2016). É geralmente consensual que a diversidade de organismos edáficos cumpre funções-chave no funcionamento de ecossistemas, as quais incluem controle de organismos potencialmente invasores ou patogênicos por meio de predação (LAVELLE et al., 2006), decomposição de matéria orgânica e solubilização de minerais aumentando a disponibilidade de nutrientes (PARRON et al., 2015).

A fauna do solo diz respeito aos animais (invertebrados e pequenos vertebrados), que tem o solo como habitat natural e exercem funções essenciais ao ecossistema (FRANCO, 2016). Um dos maiores desafios no estudo destes animais é a classificação de amostras, não somente em relação ao status taxonômico, mas também ao tamanho, hábitos alimentares e funções ecológicas (CARDOSO e ANDREOTE, 2016). Classificar amostras de acordo com critérios morfológicos e ecológicos é relevante para investigar a contribuição relativa de grupos funcionais para o funcionamento global de ecossistemas, e até para estimar impactos financeiros de distúrbios ambientais sobre a produtividade do solo em sistemas agrícolas (BROWN e SAUTTER, 2009).

1.1 Fauna edáfica

A fauna edáfica é usualmente composta por uma grande diversidade de invertebrados como minhocas (Oligochaeta), aranhas (Araneae), formigas (Hymenoptera), centopeias (Chilopoda), piolhos-de-cobra (Diplopoda), besouros (Coleoptera), micro-crustáceos (Isopoda), baratas (Blattodea), colêmbolos (Collembola), entre outros grupos menos diversos (PEREIRA et al., 2020). Categorizar amostras como microfauna, mesofauna, macrofauna e megafauna é geralmente suficiente para abranger diferentes níveis de tamanho corpóreo, mas uma classificação ecologicamente mais detalhada pode ser baseada em uma combinação entre profundidade do hábitat e modo de forrageio. Por exemplo, animais epigeicos habitam a superfície do solo, onde se alimentam tanto de matéria orgânica em decomposição quanto organismos vivos, enquanto animais endogeicos habitam o subsolo e animais anécicos se deslocam pelo subsolo, mas sobem à superfície para se alimentarem (FRANCO, 2016).

1.1.1 Fauna epigeica

Embora a diversidade de organismos edáficos possa variar ao longo de gradientes de profundidade (BERNARD-VERDLER et al., 2012), o presente estudo é focado na fauna epigeica, a qual habita a superfície do solo e as camadas de serapilheira (BRITO et al., 2016). Esses animais são particularmente importantes tanto de um ponto de vista ecológico quanto econômico, porque seus hábitos alimentares geram fragmentação e decomposição de resíduos orgânicos, criação de poros e aeração do solo, ciclagem de nutrientes, e controle populacional de materiais potencialmente patogênicos para lavouras (SANTOS, 2016).

Animais epigeicos são altamente sensíveis a alterações ambientais, e, por isso podem ser usados como bioindicadores da qualidade do solo e dos impactos de atividades antropogênicas (COSTA e DRESCHER, 2018). Portanto, amostrar a fauna epigeica é desejável para monitorar os impactos de territórios humanos, da contaminação por agentes externos como agrotóxicos e das mudanças climáticas sobre a qualidade e fertilidade do solo, a qual, por sua vez pode indicar níveis de degradação de ecossistemas terrestres inteiros (GUIMARÃES et al., 2016). Embora os impactos de sistemas agrícolas baseados em monocultura sejam relativamente bem conhecidos, estudos desse tema em sistemas silvipastoris são relativamente escassos (GONÇALVES, 2016).

1.2 Sistema silvipastoril

Sistemas silvipastoris são configurados pela combinação entre floresta, pastagem e organismos nativos, com o objetivo principal de alcançar níveis elevados de produtividade e eficiência de uso dos recursos do solo, graças à disponibilidade relativamente alta de nutrientes gerada pelos processos ecológicos provenientes dos componentes bióticos do solo. Esses sistemas são eficientes não somente para minimizar os impactos da ocupação do solo, mas também para recuperar ao menos parcialmente solos degradados por atividades agrícolas mais invasivas, como monoculturas (ASSIS, 2019). Adicionalmente ao aumento da produtividade, e consequentemente da rentabilidade, as árvores melhoram o conforto dos animais de criação comercial, devido à sombra que oferece abrigo contra temperaturas elevadas, além de amortecerem o impacto das chuvas e do vento sobre sistemas de produção agrícola (MARTINKOSKI et al., 2017).

Com a estimativa de que a população mundial alcançará 9 bilhões de pessoas em 2050, é imperioso garantir a produção de alimentos, fibras e energia de biomassa com o mínimo possível de degradação ambiental (SCHLEGE e POLETTTO, 2019). Para atender a demanda dessa população crescente, diferentes sistemas de produção agrícola podem ser aplicados, mas alguns deles são altamente insustentáveis em médio a longo prazo, devido aos impactos devastadores e irreversíveis que eles podem causar no solo (LIMACHI et al., 2018). Planos de recuperação de áreas degradadas são frequentemente inviabilizados pelos altos custos, e, portanto, sistemas silvipastoris estão sendo gradativamente mais adotados como alternativas economicamente viáveis para reduzir os impactos da produção agrícola (GONÇALVES, 2016).

1.3 Fauna do solo em sistema floresta-pastagem

De modo geral, sistema silvipastoris são consideravelmente menos agressivos à biodiversidade nativa do solo em comparação a sistemas não silvícolas. A presença de árvores gera condições favoráveis para a viabilidade de populações de fauna, uma vez que a serapilheira produzida libera nutrientes para o solo, o que gera condições relativamente adequadas para a sobrevivência e reprodução de muitas espécies (GONÇALVES, 2016). No entanto, quaisquer alterações no solo e na cobertura vegetal afetam diretamente a diversidade e densidade da fauna epigeica, gerando processos de extinção local de espécies mais sensíveis a alterações

ambientais, e consequente crescimento populacional de espécies mais resilientes (JUNIOR, et al., 2019).

Ainda não existem muitos estudos sobre os impactos de sistemas silvipastoris sobre a fauna edáfica, especialmente em áreas de suinocultura, mas é amplamente esperado que sejam consideravelmente mais amenos em comparação a monoculturas de pastagem (GONÇALVES, 2016).

1.4 Águas residuárias da suinocultura

A suinocultura tem grande importância socioeconômica global, porque o preço relativamente baixo para o consumidor final torna a carne suína a proteína animal mais consumida do mundo. No Brasil, 80-85% da produção animal é proveniente da suinocultura (ABCS, 2017), o que torna o país o 4º maior produtor de carne suína do mundo, produzindo aproximadamente 4 milhões de toneladas anualmente, das quais 28,2% são destinadas à exportação (ABPA, 2019). A alta produtividade se deve principalmente aos custos relativamente baixos de produção, os quais têm resultado em um rebanho nacional de 4,69 suínos/km² (LANDAU e SILVA, 2018).

Um produto secundário importante da criação de suínos é a água residuária da suinocultura (ARS), um efluente proveniente da lavagem de baias, a qual tem alto potencial poluidor. A ARS constitui um passivo ambiental que pode se acumular em lagoas ou contaminar o lençol freático se absorvida pelo solo, mas os impactos ambientais dependem do volume produzido diariamente, o qual, por sua vez, depende do tamanho do rebanho e dos animais, e das técnicas de manejo (NETO et al., 2016). O excesso de ARS gera acúmulo de metais pesados como zinco e cobre, os quais podem ficar retidos no solo por longos períodos, contaminando diferentes níveis de redes tróficas (PEREIRA, 2016). Adicionalmente, doses excessivas de ARS podem obstruir macroporos do solo, afetando trocas gasosas importantes para a produtividade (PEREIRA, 2016). Por outro lado, a ARS pode ser transformada em um ótimo fertilizante após tratamento (ROS et al., 2017), uma vez que é rica em macro e micronutrientes, e contém compostos orgânicos que contribuem para a produtividade do solo, promovendo a mineralização de elementos úteis para as plantas (GOMES, 2017). Uma vez aplicada em dosagens corretas e por meio de técnicas adequadas, a ARS aumenta a disponibilidade de magnésio e fósforo no solo, e reduz a concentração de alumínio (GOMES, 2017). No entanto, considerando a fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo, é

importante investigar os efeitos do uso de ARS sobre métricas ecológicas como diversidade de grupos taxonômicos (e.g. riqueza de espécies) e densidade populacional, embora a literatura sobre esse tema seja escassa.

1.5 Impactos das águas residuárias da suinocultura sobre a fauna do solo

Embora não existam muitos estudos investigando os efeitos do uso de ARS sobre a fauna edáfica, tem sido proposto que doses superiores a 200 m³/ha podem afetar negativamente a diversidade e densidade de alguns grupos taxonômicos (TESSARO et al., 2016). É esperado que efeitos negativos da ARS sejam particularmente críticos em grupos taxonômicos relativamente mais sensíveis, como Aranae e Blattodea, enquanto grupos dominantes como Formicidae tendem a ser mais resilientes (ANDRADE, 2019). No entanto, tem sido encontrado que os efeitos negativos da ARS sobre a fauna edáfica também dependem do clima, uma vez que os resíduos ficam concentrados na área de aplicação durante a estação seca, enquanto tendem a se espalhar por áreas maiores durante a estação chuvosa (TESSARO et al., 2016). Portanto, é importante comparar métricas ecológicas como diversidade de espécies e densidade populacional não somente entre diferentes dosagens de ARS, mas também entre estações climáticas. No presente estudo são amostrados diferentes grupos taxonômicos de fauna edáfica, com objetivo de quantificar a influência da aplicação de ARS sobre métricas ecológicas da fauna edáfica, sob diferentes condições de dosagem e clima.

2. OBJETIVO

Determinar a influência da água residuária de suinocultura (ARS) sobre a diversidade, abundância e frequência de ocorrência da fauna edáfica epigeica em um sistema silvipastoril baseado em consórcio de braquiária entre linhas simples de eucalipto.

3. JUSTIFICATIVA

A integração lavoura-pecuária é uma opção viável para aumentar a eficiência econômica, energética e ambiental da produção de alimentos. Por exemplo a aplicação de ARS no solo pode incrementar os ciclos biogeoquímicos naturais que determinam a produtividade do solo (GOMES, 2017). No entanto, a entrada de ARS no solo pode alterar características físicas, químicas e biológicas, o que potencialmente resulta em efeitos danosos que reduzem a produtividade em médio a longo prazo (BATISTA et al., 2014). A manutenção da qualidade do

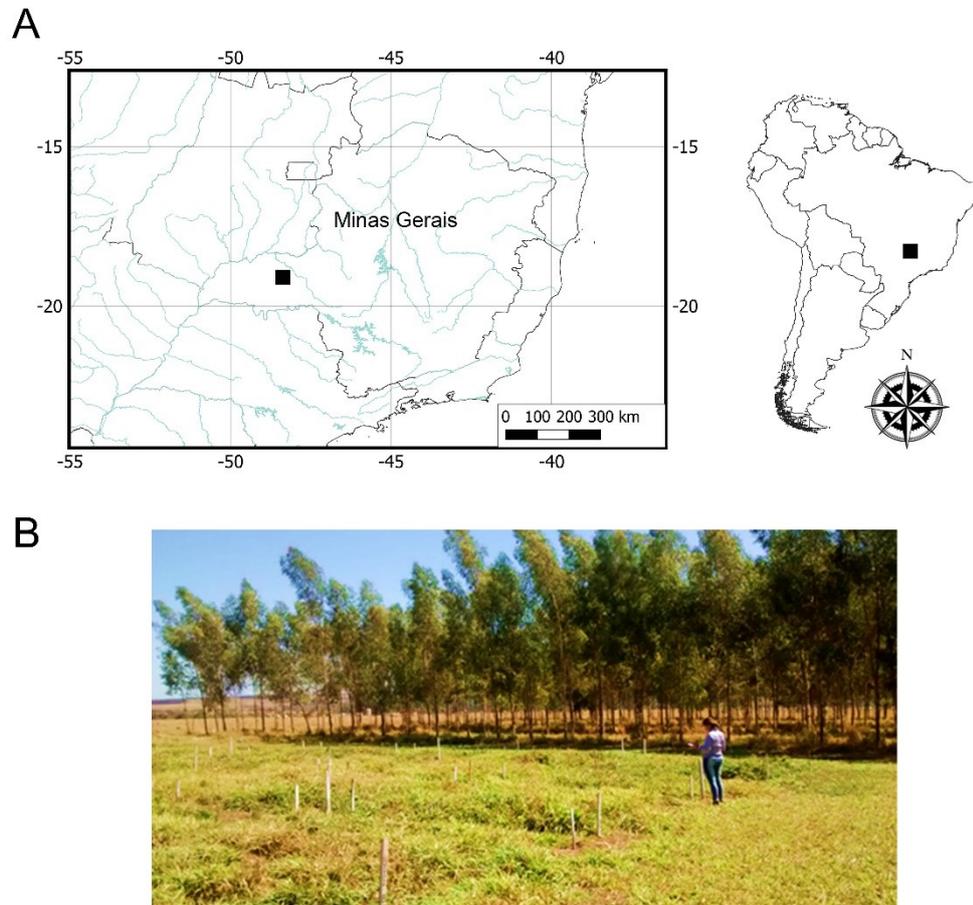
solo é obviamente relevante para o cumprimento de funções ecológicas essenciais para o funcionamento de ecossistemas nativos ou agrícolas, e para garantir a exploração sustentável do solo, água e atmosfera. Muitas dessas funções são desempenhadas pela fauna edáfica, e, portanto, potenciais efeitos negativos do uso de ARS devem ser detectados por meio de métricas ecológicas estimadas para esses animais (SANTOS, 2016). De fato, monitorar a fauna edáfica com o objetivo de verificar os impactos ambientais do uso de ARS é importante para determinar variáveis bioindicadoras de qualidade do solo, e determinar doses ambientalmente seguras de ARS (GUIMARÃES et al., 2016). Esse tipo de monitoramento é relativamente barato e muito útil para evitar a degradação da qualidade do solo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Experimento de campo

Um experimento para quantificar os efeitos do uso de ARS sobre a fauna edáfica epigeica foi instalado na Fazenda Bonsucesso, rodovia Campo Florido Km 20, localizada no município de Uberlândia, MG, nas coordenadas geográficas latitude 19° 06' 03.41" S, longitude 48° 22' 08.48" O. Segundo a classificação de Köppen (1923), o clima da região é do tipo Aw, com temperatura média anual de 21,5 °C e precipitação média anual de 1479 mm. Foi implantado um sistema de cultivo de capim braquiária (*Urochloa decumbens*) entre linhas simples de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora*), com 15 m de distância entre si (Figura 1). Cinco tratamentos de água residuária de suinocultura foram aplicados nas doses de 0, 200, 400, 600, e 800 m³ ha⁻¹ de ARS. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 4 repetições.

Figura 1. Área de realização do experimento para determinar a influência da água residuária de suinocultura em 5 tratamentos, aplicados em doses de 0, 200, 400, 600, e 800 m³ ha⁻¹, sobre a diversidade e quantidade de fauna epigeica em interação de braquiária entre linhas simples de eucalipto. A) Localização da área de estudo. B) Aspecto geral da paisagem em que o experimento foi realizado.



Fonte: A autora, 2018.

Para amostragem da fauna edáfica foram utilizadas armadilhas de queda do tipo *pitfall*, as quais foram construídas com garrafas plásticas de 200 ml contendo etanol 70% e detergente neutro 2% (Figura 2). Esse método tem sido descrito como muito eficiente de um ponto de vista do custo-benefício, por ser barato, de fácil instalação, e eficiente para amostrar a maioria dos grupos taxonômicos da fauna edáfica (BROWN e MATTEWS, 2016; SILVA et al., 2016). Foram instaladas cinco armadilhas em cada dose de ARS, tanto na estação chuvosa (9 de abril de 2018) quanto na seca (1 de agosto de 2018), para cobrir a sazonalidade climática. As armadilhas ficaram ativas por cinco dias consecutivos, e o material coletado foi triado, classificado em grupos taxonômicos e contado por meio de observação direta em microscópio estereoscópico.

Figura 2. Armadilha do tipo *pitfall* construída com garrafa plástica de 200 ml contendo uma solução de etanol 70% e detergente neutro 2%, utilizada para amostragem de fauna epigeica sob a influência da água residuária de suinocultura aplicada em doses de 0, 200, 400, 600, e 800 m³ ha⁻¹.



Fonte: A autora, 2018.

4.2 Estimativas de diversidade e análises estatísticas

Riqueza de grupos taxonômicos (diversidade alfa) é uma forma direta para quantificar a biodiversidade, por meio da contagem simples do número de espécies, gêneros, famílias ou ordens que existem em uma determinada área de estudo, ou ponderada pela abundância de indivíduos ou equitabilidade na distribuição de abundância (MELO, 2008). Embora seja empiricamente impossível amostrar todos os grupos taxonômicos que ocorrem em uma região, especialmente em se tratando da diversidade da fauna edáfica de ecossistemas tropicais, estimativas de riqueza podem ser muito informativas sobre a biodiversidade em diferentes escalas espaço-temporais, e são prontamente comparáveis entre unidades amostrais desde que o esforço de amostragem seja padronizado.

Neste estudo foi estimada a riqueza, abundância e frequência de ocorrência de grupos taxonômicos da fauna edáfica epigeica por meio de números absolutos de grupos amostrados, e três índices de diversidade alfa potencialmente complementares em relação às informações sobre a biodiversidade. (i) O índice de Shannon considera a equitabilidade na distribuição de abundâncias relativas, e, portanto, estima riqueza de grupos taxonômicos assumindo pesos equivalentes para grupos raros e comuns (KANIESKI et al., 2010). (ii) O índice de Simpson,

por outro lado, indica dominância de grupos taxonômicos, uma vez que assume um peso maior para grupos comuns ou dominantes. Nesse caso, grupos taxonômicos relativamente raros nas amostras terão pouco impacto sobre a estimativa de riqueza (DIAS, 2004). (iii) Estimativas de cobertura de amostragem quantificam os níveis de riqueza de grupos taxonômicos que foram cobertos pelo delineamento amostral (KIM et al., 2017), por meio de índices baseados em abundância (ACE – *Abundance Coverage-based Estimator*) ou frequência de ocorrência (ICE – *Incidence Coverage-based Estimator*), onde a abundância é basicamente o número de indivíduos presente na amostra e frequência/ ocorrência é o número de vezes que cada indivíduo é encontrado no experimento. Todas as estimativas de riqueza de grupos taxonômicos foram calculadas usando o programa SpadeR (*Spanning Tree Progression of Density Normalized Events*).

Para comparar as estimativas de riqueza de grupos taxonômicos entre estações climáticas e entre dosagens de ARS foram utilizados testes de Tukey, o qual foi implementado no programa Sisvar (CAMPOS, 2017). Esses testes foram validados por resíduos não diferindo de uma distribuição normal teórica (Teste de Tukey, $p < 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição da comunidade de fauna epigeica

Na estação chuvosa, foram amostrados 18 grupos taxonômicos, sendo Formicidae o grupo com maior abundância média entre diferentes dosagens de ARS (média de 56,7 a 73,3 indivíduos), seguido de Coleoptera (média de 14,7 a 21,9 indivíduos). Os grupos Arachnida, Blattodea, Dermaptera, Diptera, Gastropoda, Hemiptera, Lepidoptera e Orthoptera também ocorreram em todas as doses, mas em abundâncias mais baixas. Acari ocorreu apenas sob a dose de ARS de $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, Isoptera ocorreu apenas sob a dose de $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, Scorpiones ocorreu somente sob a dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, Mantodea ocorreu somente sob as doses de $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, e Oligochaeta esteve ausente nas doses de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Os grupos Chilopoda, Hymenoptera e Opiliones estiveram ausentes respectivamente nas doses de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Tabela 1). Exemplos de grupos taxonômicos amostrados podem ser encontrados na Figura 3.

Figura 3. Representação de três grupos taxonômicos amostrados por meio de armadilhas *pitfall* em solo tratado com diferentes doses de água residuária da suinocultura. A) Coleoptera, B) Opilione e C) Hemiptera.



Fonte: A autora, 2018.

Apesar de os valores médios de abundância de indivíduos sob as dosagens de ARS, não houve diferenças estatísticas (Teste de Tukey, $p < 0,05$). Esse resultado sugere que durante a estação chuvosa as doses não têm impactos negativos sobre a composição da fauna epigeica. Além disso, dentro de cada grupo, as diferenças foram relativamente baixas, e restritas a poucos grupos taxonômicos (Diptera, Formicidae e Hymenoptera), o que indica que potenciais efeitos negativos do uso de ARS sobre abundâncias médias da fauna epigeica devem ser desprezíveis.

Tabela 1. Resumo da amostragem de fauna edáfica em um sistema silvipastoril em Uberlândia, MG. Os valores indicam números de indivíduos de grupos taxonômicos amostrados durante a estação chuvosa (média \pm desvio padrão), sob doses de 0 m³ ha⁻¹, 200 m³ ha⁻¹, 400 m³ ha⁻¹, 600 m³ ha⁻¹ e 800 m³ ha⁻¹ de água residuária.

	0 m ³	200 m ³	400 m ³	600 m ³	800 m ³
Acari	0	0	0	0	0,2 \pm 0,45
Aracnidae	2,1 \pm 1,78	2,3 \pm 1,89	2,3 \pm 1,25	3,8 \pm 2,68	2,7 \pm 1,86
Blattodea	3,1 \pm 2,53	2,1 \pm 0,82	1,4 \pm 0,82	1,7 \pm 1,1	0,9 \pm 1,08
Chilopoda	0,1 \pm 0,22	0	0,3 \pm 0,45	0,1 \pm 0,22	0,2 \pm 0,27
Coleoptera	21,9 \pm 9,92	18,7 \pm 10,7	14,7 \pm 6,47	16,1 \pm 6,9	18,2 \pm 5,89
Dermaptera	4,7 \pm 3,01	4,8 \pm 2,08	4,6 \pm 0,42	6 \pm 2,15	4,9 \pm 4,1
Diptera	11,6 \pm 5,95	6,4 \pm 3,99	7,2 \pm 4,34	13,5 \pm 7,66	10,5 \pm 2,15
Formicidae	73,3 \pm 45,4	56,7 \pm 26,61	66,6 \pm 32,29	57,9 \pm 18,87	59,4 \pm 7,56
Gastropoda	0,4 \pm 0,42	0,4 \pm 0,55	0,1 \pm 0,22	0,1 \pm 0,22	0,3 \pm 0,27
Hemiptera	2,1 \pm 1,39	0,9 \pm 0,96	1,3 \pm 1,1	2,3 \pm 1,52	2,2 \pm 0,67
Hymenoptera	2,8 \pm 5,72	0	0,9 \pm 1,24	0,1 \pm 0,22	0,9 \pm 1,08
Isoptera	0,1 \pm 0,22	0	0	0	0
Lepidoptera	0,3 \pm 0,27	0,1 \pm 0,22	0,4 \pm 0,42	0,5 \pm 0,87	0,1 \pm 0,22
Mantodea	0,2 \pm 0,27	0	0	0,1 \pm 0,22	0
Oligochaeta	0,1 \pm 0,22	0	0	0,1 \pm 0,22	0,1 \pm 0,22
Opiliones	0,6 \pm 0,82	0,6 \pm 0,82	0	0,3 \pm 0,27	0,3 \pm 0,67
Orthoptera	3,8 \pm 1,92	3,2 \pm 1,44	3,5 \pm 2,78	3,6 \pm 1,75	3,8 \pm 1,44
Scorpiones	0	0,1 \pm 0,22	0	0	0
MÉDIA TOTAL	7,07 \pm 19,77	5,35 \pm 14,64	5,74 \pm 16,84	5,9 \pm 14,27	5,82 \pm 14,05

Fonte: Dados da pesquisa.

Formicidae e Coleoptera foram consistentemente mais abundantes durante a estação seca, mas as abundâncias médias foram consideravelmente mais altas em comparação à estação chuvosa, especialmente no caso de Coleoptera. Acari, Chilopoda, Gastropoda, Mantodea, Oligochaeta e Scorpiones que estiveram ausentes em todas as doses de ARS em relação ao controle. Esse resultado sugere que esses grupos podem ser relativamente mais sensíveis à concentração de resíduos no solo durante a estação seca. Opiliones, Lepidoptera, Hymenoptera e Orthoptera tiveram abundâncias relativamente baixas em relação aos outros grupos, mas ocorreram em pelo menos uma das doses de ARS amostradas. No entanto, não houve diferenças na abundância média entre os tratamentos (Tabela 2).

No trabalho de Lima et al. (2020) o grupo Formicidae também ocorreu em maior quantidade nas duas épocas do ano, isto devido a sua capacidade de se adaptar as condições

ambientais. Concluiu também que na época seca houve maior abundância, justificando ao afirmar que o grupo apresenta tolerância a altas temperaturas, além do aumento da disponibilidade de forrageio na época seca.

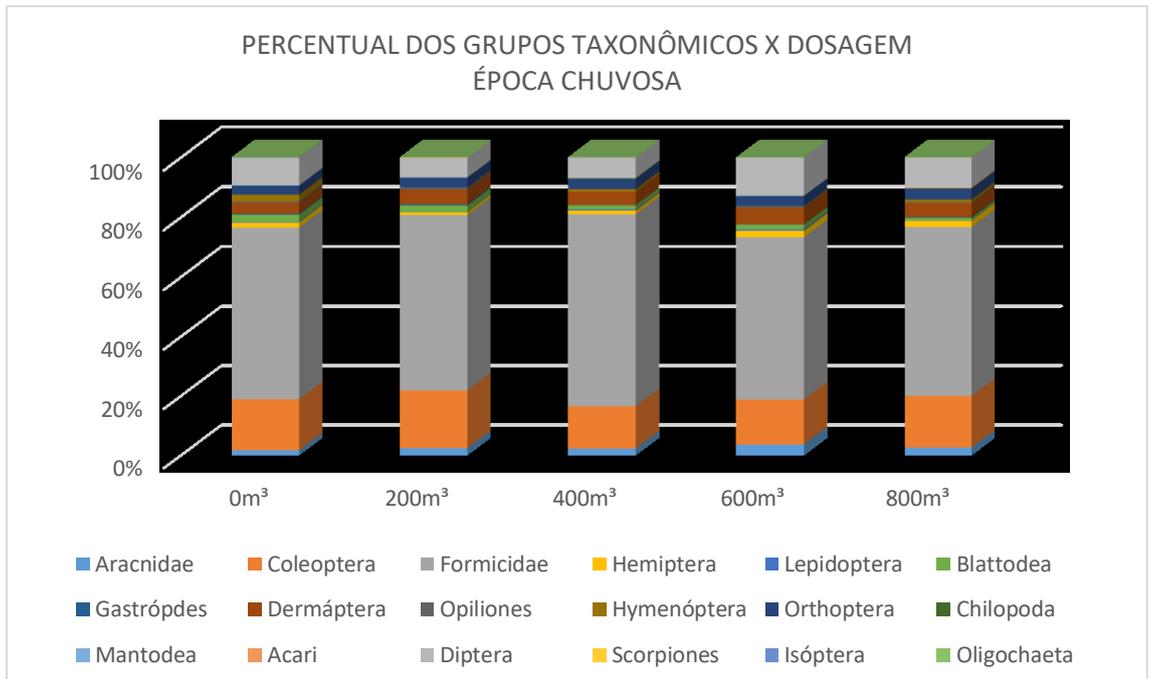
Tabela 2. Resumo da amostragem de fauna edáfica em um sistema silvipastoril em Uberlândia, MG. Os valores indicam números de indivíduos de grupos taxonômicos amostrados durante a estação seca (média \pm desvio padrão), sob doses de 0 m³ ha⁻¹, 200 m³ ha⁻¹, 400 m³ ha⁻¹, 600 m³ ha⁻¹ e 800 m³ ha⁻¹ de água residuária.

	0	200 m ³	400 m ³	600 m ³	800 m ³
Acari	0	0	0	0	0
Aracnidae	1 \pm 0,79	0,5 \pm 1,12	1,5 \pm 1,17	1,8 \pm 0,45	2,5 \pm 1,17
Blattodea	0,5 \pm 0,5	0	0,6 \pm 0,65	0,1 \pm 0,22	0,4 \pm 0,65
Chilopoda	0	0	0	0	0
Coleoptera	63,2 \pm 44,6	27,1 \pm 20,90	26,3 \pm 11,83	44,7 \pm 41,5	23,3 \pm 7,68
Dermaptera	0,5 \pm 0,35	0,4 \pm 0,42	1,3 \pm 2,64	0,2 \pm 0,27	1,1 \pm 0,65
Diptera	0,5 \pm 1,12	0,3 \pm 0,67	0,4 \pm 0,65	0,2 \pm 0,45	0,3 \pm 0,45
Formicidae	113,1 \pm 41,43	138,6 \pm 109,32	148,7 \pm 69,44	135,1 \pm 79,49	115,4 \pm 31,62
Gastropoda	0	0	0	0	0
Hemiptera	0,1 \pm 0,22	0,2 \pm 0,45	0,4 \pm 0,42	1,8 \pm 2,17	0,6 \pm 1,08
Hymenoptera	0	0	0,3 \pm 0,45	0,1 \pm 0,22	0,2 \pm 0,45
Isoptera	1 \pm 1,97	0,2 \pm 0,27	0,2 \pm 0,27	0,4 \pm 0,89	0,6 \pm 0,89
Lepidoptera	0	0	0,1 \pm 0,22	0,2 \pm 0,45	0
Mantodea	0	0	0	0	0
Oligochaeta	0	0	0	0	0
Opiliones	0	0	0	0,1 \pm 0,22	0
Orthoptera	0,2 \pm 0,45	0,1 \pm 0,22	0	0	0,2 \pm 0,27
Scorpiones	0	0	0	0	0
MÉDIA TOTAL	10,0 \pm 5,08	9,3 \pm 7,41	9,99 \pm 4,87	10,26 \pm 7,02	8,03 \pm 2,5

Fonte: Dados da pesquisa.

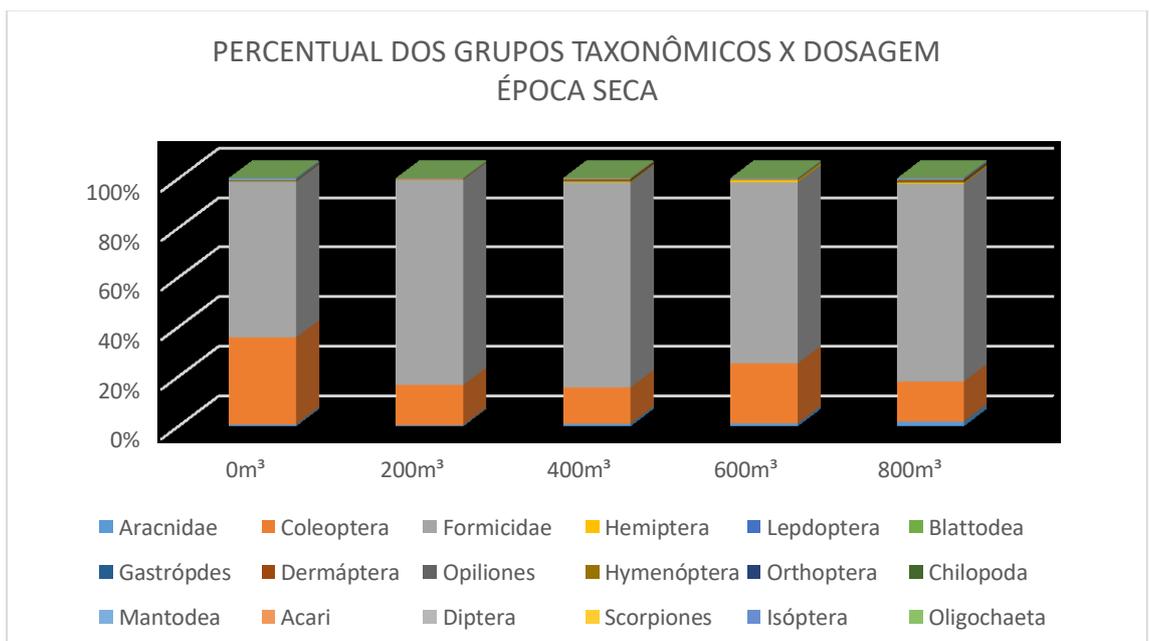
De modo geral, a distribuição relativa das frequências de ocorrência de grupos taxonômicos foi bastante similar entre os tratamentos dentro de cada estação, mas diferente entre estações (Figuras 4 e 5). Esse resultado sugere que possíveis variações na composição da comunidade de fauna epigeica entre as amostras foram mais provavelmente causadas pela estação climática do que pelo uso de ARS. No entanto, esse resultado tendeu a variar entre alguns dos grupos taxonômicos amostrados, especialmente Isoptera.

Figura 4. Frequência de ocorrência de grupos taxonômicos de fauna epigeica amostrada durante a estação chuvosa em uma área de suinocultura onde foram aplicadas diferentes doses de água residuária ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 5. Frequência de ocorrência de grupos taxonômicos de fauna epigeica amostrada durante a estação seca em uma área de suinocultura onde foram aplicadas diferentes doses de água residuária ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).



Fonte: Dados da pesquisa.

Um resultado notável do experimento foi que Isoptera ocorreu apenas nas amostras-controle (ausência de ARS) durante a época chuvosa, e em maior abundância e frequência nas amostras-controle durante a estação seca. Esses resultados indicam que esse grupo é relativamente mais sensível às alterações físico-químicas no solo provenientes do uso de ARS. Embora a ocorrência de Isoptera possa indicar alta fertilidade do solo (ADAMOU et al., 2017), os resultados apresentados aqui demonstram que esse grupo pode ser sensível ao aumento na disponibilidade de nutrientes no solo decorrente do uso de ARS. Portanto, sugere-se Isoptera como um grupo-chave no monitoramento dos impactos do uso de ARS no solo.

Segundo Cunha et al. (2005), uma justificativa para o uso do grupo Isoptera como importante grupo indicador de qualidade do solo é devido a suas características relativamente sedentárias, indicando maior tempo para repovoamento em áreas perturbadas quando comparado a outros grupos. São sensíveis a contaminação química, devido ao acúmulo de metais pesados e, por não controlarem a disponibilidade de recursos, não camuflam a degradação ambiental (WINK et al., 2005).

Esse resultado pode ser relevante para o custo-benefício de programas de monitoramento de fauna edáfica, porque direciona amostragens para um grupo específico, reduzindo o tempo necessário para triar amostras em laboratório.

5.2 Estimativa de riqueza e índices de diversidade

De forma geral, estimativas de riqueza de grupos taxonômicos representadas por valores absolutos ou índices de diversidade mostraram fauna epigeica mais diversificada durante a estação chuvosa, sob todas as doses de ARS (Teste de Tukey, $p < 0,05$). No entanto, abundâncias mais altas de grupos dominantes como Formicidae e Coleoptera durante a estação seca contribuíram para abundâncias totais mais altas. Esses resultados reforçam a estação como uma preditora da diversidade da fauna epigeica mais eficiente do que as doses de ARS, e direciona as análises para comparações entre doses, dentro de cada estação climática. Lima et al. (2020) obteve um resultado semelhante em seu trabalho, o qual concluiu que em usos do solo do bioma Cerrado, a fauna edáfica sofreu influência em relação a sazonalidade, pois esta variável afeta a cobertura vegetal do solo, disponibilizando maior quantidade de serapilheira e, conseqüentemente, formando novos habitats e alimento para os organismos edáficos na época seca.

Considerar a variação natural na riqueza e abundância de grupos taxonômicos em função do clima é necessário para o monitoramento dos impactos do uso de ARS sobre a fauna edáfica. Os valores altos de Cobertura de Amostragem Estimada mostraram que esses resultados não foram enviesados por falhas de amostragem (Tabela 4).

Tabela 4. Riqueza (números absolutos) de grupos taxonômicos de fauna epigeica e cobertura de amostragem estimada por época do ano sob diferentes doses de água residuária da suinocultura ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).

Dose de ARS ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	Época	Indivíduos	Riqueza de grupos taxonômicos	Cobertura de amostragem estimada
0	Chuvosa	1272	16	99,8%
	Seca	1801	9	99,9%
200	Chuvosa	963	12	99,80%
	Seca	1674	8	99,90%
400	Chuvosa	1033	12	99,90%
	Seca	1798	10	99,90%
600	Chuvosa	1062	15	99,50%
	Seca	1847	11	99,80%
800	Chuvosa	1047	15	99,80%
	Seca	1446	10	100%

Fonte: Dados da pesquisa.

As comparações de estimativas de riqueza entre diferentes doses de ARS variaram entre os diferentes índices aplicados, mas alguns padrões puderam ser detectados. Por exemplo, a riqueza de grupos taxonômicos Chao-1 estimada para a estação chuvosa foi mais baixa no tratamento com $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Teste de Tukey, $p < 0,05$) em comparação com os demais, com exceção do tratamento com $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (teste de Tukey, $p < 0,05$). Os tratamentos 0, 600 e $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ foram iguais entre si e diferentes dos tratamentos de 200 e $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, que também foram iguais entre si. Já na época seca, a estimativa de riqueza por Chao-1 não foi diferente entre as doses de ARS (Tabela 5).

Tabela 5. Estimativas de riqueza de grupos taxonômicos de fauna epigeica calculadas por diferentes índices de diversidade, em diferentes estações climáticas e sob diferentes doses de Água Residuária de Suinocultura (ARS). Os valores entre parênteses são intervalos de confiança, e as letras indicam níveis de sobreposição entre doses de ARS.

Época	ARS (m ³ ha ⁻¹)	Estimativa de riqueza		Índice de Shannon	Índice de Simpson
		Chao-1	ACE		
Chuvosa	0	20,5 (16,5; 56,9) Aa	18,7 (16,4; 34,6) Aa	4,31 (4,01; 4,60) Aab	2,67 (2,48; 2,87) Aa
	200	13 (12,1; 26,1) Aab	13,6 (12,2; 26,7) Aa	3,88 (3,59; 4,12) Abc	2,54 (2,36; 2,72) Aab
	400	12,0 (12,0; 13,6) Ab	12,7 (12,1; 20,2) Aa	3,61 (3,32; 3,90) Ac	2,25 (2,08; 2,41) Ab
	600	25,0 (16,9; 67,6) Aa	26,7 (16,9; 85,4) Aa	4,47 (4,19; 4,76) Aa	2,92 (2,69; 3,15) Aa
	800	16,0 (15,1; 26,1) Aa	16,8 (15,3; 27,8) Aa	4,26 (3,95; 4,56) Aab	2,73 (2,50; 2,95) Aa
Seca	0	9,5 (9,0; 17,4) Aa	9,4 (9,0; 14,5) Ba	2,18 (2,10; 2,25) Ba	0,52 (0,50; 0,53) Bc
	200	8,2 (8,0; 12,7) Aa	8,4 (8,0; 12,5) Aa	1,67 (1,60; 1,74) Bcd	1,40 (1,36; 1,46) Bb
	400	10,5 (10,0; 18,4) Aa	10,3 (10,0; 15,0) Aa	1,79 (1,71; 1,87) Bc	1,41 (1,37; 1,46) Bb
	600	12,5 (11,2; 23,9) Aa	13,3 (11,3; 26,8) Aa	2,03 (1,95; 2,12) Bab	1,68 (1,62; 1,74) Ba
	800	10 (10,0; 11,5) Ba	10,0 (10,0; 11,5) Ba	1,96 (1,85; 2,08) Bbc	1,50 (1,45; 1,57) Bb

Fonte: Dados da pesquisa.

Similarmente, as comparações de estimativas de diversidade entre doses de ARS para a estação seca mostraram que uma dose de 200 m³ ha⁻¹ pode gerar valores estatisticamente mais baixos de diversidade da fauna epigeica estimada pelos índices de Shannon e Simpson (Tabela 5). No entanto, o menor valor de índice de Simpson foi observado com a dose 0, do controle.

Os índices de diversidade foram maiores na época chuvosa em relação à época seca, assim como no trabalho de ANDRADE (2019), onde ele conclui que este resultado pode estar relacionado a coincidência do período chuvoso com a época reprodutiva dos grupos. Esse resultado reflete a redução na equabilidade da distribuição de abundâncias relativas durante a estação seca, especialmente porque grupos dominantes como Formicidae e Coleoptera foram mais abundantes nessa época. Variação sazonal nos padrões de dominância afetando estimativas de diversidade foi sustentado neste estudo pelo fato de que alguns grupos dominantes foram mais abundantes durante a estação seca, levando a estimativas de diversidade mais baixas em comparação à estação chuvosa.

Não houve uma dose ótima para o uso de ARS, no sentido de garantir a continuidade dos serviços ecossistêmicos oferecidos pela fauna epigeica. Apesar de ainda não existirem muitos estudos sobre esse assunto, alguns resultados mostraram que diferentes doses ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) influenciam positivamente os grupos Collembola, Coleoptera, Araneae e Diptera (TESSARO et al., 2015). E em Castaldelli et al. (2015) foram utilizadas doses de 0; 100; 200 e $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, mas concluiu-se que não houve influência da ARS na fauna edáfica, como na maioria dos trabalhos com estudo semelhante.

6. CONCLUSÕES

As doses de água residuária de suinocultura não influenciam a composição e distribuição relativa de grupos taxonômicos da fauna epigeica.

A época chuvosa possui menor abundância de indivíduos, mas maior diversidade de grupos taxonômicos em relação à época seca.

Os grupos mais abundantes nas duas épocas e em quaisquer das doses de água residuária de suinocultura foram Formicidae e Coleoptera.

O grupo Isoptera foi considerado bioindicador de qualidade do solo, mostrando a influência negativa em relação ao aumento das doses.

REFERÊNCIAS

- ABPA. **Exportações de carne de frango devem crescer entre 4% e 5% no ano, enquanto a suína pode chegar a 12% de aumento.** 2019. Disponível em: < <http://abpa-br.org/abpa-projeta-forte-aumento-da-exportacao-de-carne-de-frango-e-suina-em-2019/>>. Acesso em: 21 dez. 2020.
- ADAMOU, I.; PIERRE, N. J.; POGENET, P.; TCHIMBI, B.; GONLAINA, G. Soil Degradation in the Sudano-guinea Savannas of Mbe, Cameroon: Farmers' Perception, Indicators and Soil Fertility Management Strategies. **Res. J. Agric. & Biol. Sci.** 2007.
- ANDRADE, R. F. S. Análise do impacto do resíduo de suínos na fauna de artrópodes de solo em plantações de eucalipto no município de Uberlândia, MG. 2019.
- ASSIS, P. C. R.; STONE, L. F.; OLIVEIRA, J.; WRUCK, F.J.; MADARI, B. E.; HEINEMANN, A. B. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Agrarian.** v.12, n.43, p.57-70, Dourados. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS (ABCS). **Suinocultura brasileira tem boas perspectivas para 2017.** 2017. Disponível em: < <http://abcs.org.br/noticia/suinocultura-brasileira-tem-boas-perspectivas-para-2017> >. Acesso em: 21 dez. 2020.
- BATISTA, R. O.; MARTINEZ, M. A.; PAIVA, H. N.; BATISTA, R. O.; CECON, P. R. O efeito da água residuária da suinocultura no desenvolvimento e qualidade de mudas de *eucalyptus urophylla*. **Ciênc. Florest.** Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 127-135, 2014.
- BERNARD-VERDLER, M.; NAVAS, M-L.; VELLEND, M.; VIOLLE, C.; FAYOLLE, A.; GARNIER, E. Community assembly along a soil depth gradient: contrasting patterns of plant trait convergence and divergence in a Mediterranean rangeland. **Journal of Ecology** v. 100. p. 1422-1433. Jun. 2012.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Manual técnico de pedologia.** 2 ed. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.ige.unicamp.br/pedologia/manual_tecnico_pedologia.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2017.
- BRITO, M. F.; TSUJIGUSHI, B. P.; OTSUBO, A. A.; SILVA, R. F.; MERCANTE, F. M. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.51, n.3, p.253-260, mar. 2016.
- BROWN, G. G. e SAUTTER, K. D. Biodiversity, conservation and sustainable management of soil animals: the XV International Colloquium on soil zoology and XII International Colloquium on Apterygota. **Pesq. Agropec. Bras.** v. 44, n. 8, p. 835-842, Brasília, ago. 2009.

BROWN, G. R. e MATTHEWS, I. M. A review of extensive variation in the design of pitfall traps and a proposal for a standard pitfall trap design for monitoring ground-active arthropod biodiversity. **Ecology and Evolution**, v. 6, 12 ed., p. 3953-3964, 2016.

CAMPOS, T. S. **Qualidade fisiológica de sementes de canola (brassica napus) submetidas a testes de vigor**. Uberlândia. Dez. 2017

CARDOSO, E. J.B.N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do Solo**. 2 ed. Piracicaba: Esalq, 2016. Disponível em: <<http://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/view/109/92/461-1>>. Acesso em: 09 dez. 2020.

CASTALDELLI, A. P. A.; SAMPAIO, S. C.; TESSARO, D.; HERRMAN, D. R.; SORACE, M. Meso e macrofauna de solo cultivado com milho e irrigado com água residuária da suinocultura. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.35, n.5, p.905-917, 2015.

COSTA, L. M. e DRESCHER, M. S. Implications of agricultural management on the epigeic fauna and soil physical properties of a clayey Oxisol. **Rev. Ceres**, Viçosa, v.65, n.5, p.443-449, 2018.

CUNHA, H. F.; BRANDÃO, D. **Cupins (Isoptera) bioindicadores no Estado de Goiás, Brasil**. Congresso de pesquisa, ensino e extensão da UFG - CONPEEX, 2., 2005, Goiânia. Anais eletrônicos do XIII Seminário de Iniciação Científica, Goiânia: UFG, 2005. n.p.

DIAS, S. C. Planejando estudos de diversidade e riqueza: uma abordagem para estudantes de graduação. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, v. 26, n. 4, p. 373 – 379, 2004.

EMBRAPA. Agência de Informação Embrapa. **O solo é vivo e responsável pelos serviços ecossistêmicos necessários à vida**. Recursos naturais. 2017.

FRANCO, R. **Fauna edáfica sob modelos em estágio inicial de restauração de floresta subtropical**. Pato Branco, 2016.

FRANKLIN, E.; MAGNUSSON, W. E.; LUIZÃO, F. J. Relative effects of biotic and abiotic factors on the composition of soil invertebrate communities in an Amazonian savanna. **App. Soil Ecol**, v. 29, p. 259-273. 2005.

FREITAS, M. S. C. **Distribuição de organismos da fauna epigeica, ciclagem de nutrientes e carbono do solo em agroecossistema de mangueira no Semiárido**. UFPB, CCA, 2018.

GOMES, V. C. **Salinização e toxidez do solo em sistema silvipastoril com aplicação de água residuária de suinocultura**. Uberlândia. 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20197/3/Saliniza%C3%A7%C3%A3oToxicidezSolo.pdf>> Acesso em: 14 dez. 2020.

GONÇALVES, C. A. **Sistemas de integração lavoura pecuária floresta e seu uso na recuperação de pastagens degradadas**. São João Evangelista. 2016. Disponível em:

<https://www.sje.ifmg.edu.br/portal/images/artigos/biblioteca/TCCs/Meio_Ambiente/2016/CARLOS_ALEXANDRE_GON%C3%87ALVES.pdf> Acesso em: 14 dez. 2020.

GREINER, L.; KELLER, A.; GRÊT-REGAMEY, A.; PAPRITZ, A. Soil function assessment: review of methods for quantifying the contributions of soils to ecosystem services. **Land Use Policy**. [S.I.], p. 224-237. 2017.

GRÊT-REGAMEY, A.; DROBNIK, T.; GREINER, L.; KELLER, A.; PAPRITZ, A. Factsheet Soil and Ecosystem Services: Soils and their contribution to ecosystem services. Soil as a Resource. **Nat. Res. Prog.** v. 68, p. 1 -3, fev. 2017.

GUIMARÃES, N. F.; FONTANETTI, A.; FUJIHARA, R. T.; GALLO, A. S.; SOUZA, M. D. B.; MORINIGO, K. P. G.; SILVA, R. F. et al. Fauna invertebrada epigéica associada a diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 484 - 494, dez. 2016.

JUNIOR, V. R. A.; LOVERA, L. H.; PARRA, J. A. S.; NORONHA, R. L.; LIMA, E. S.; OLIVEIRA, I. N.; SOUZA, Z. M. et al. **Macrofauna edáfica em diferentes usos e manejos do solo em área de Neossolo Quartzarênico**. III SBSA. EMBRAPA, Brasília, 2019. Disponível em: <<https://www.redeilpf.org.br/arquivos/Anais-do-III-Simposio-Brasileiro-de-Solos-Arenosos-2019.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2020.

KAMIMURA, C. T.; OLIVEIRA, R.; QUINTANILHA, S. C.; LIMA, E. S.; FERREIRA, R. M.; NERY, V. L. H. Possibilidades de reuso de efluentes gerados na suinocultura visando à economia de água e fertilizantes químicos. **Atas de Saúde Ambiental - ASA** (São Paulo, Online), v. 3, n. 2, p. 74-79, 2015.

KANIESKI, M. R.; ARAUJO, A. C. B.; LONGHI, S. J. Quantificação da diversidade em Floresta Ombrófila Mista por meio de diferentes Índices Alfa. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 567-577, 2010.

KIM, Bo-Ra; JIWON, S.; GUEVARRA, R.; LEE, J. H.; KIM, D. W.; SEOL, K-H; LEE, J-H; KIM, H. B.; ISAACSON, R. Deciphering diversity indices for a better understanding of microbial communities. **J. Microbiol. Biotechnol.** v. 27(12), n. 12, p. 2089–2093. dez. 2017.

LANDAU, E. C.; SILVA, G. A.; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARAES, D. P. A evolução do efetivo de suínos (*Sus scrofa domesticus*, *Suidae*). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas**. Cap. 49. p. 1681 -1700. 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214967/1/Cap49-EvolucaoProducaoSuinos.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2020.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J-P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 3-15 set. 2006.

LEHMANN, J.; BOSSIO, D. A.; KÖGEL- KNABNER, I.; RILLIG, M. C. The concept and future prospects of soil health. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 1, p. 544-553. ago. 2020.

LIMA, C. S.; DALZUCHIO, M. S.; SILVA, E. F.; PÉRICO, E. Macrofauna edáfica e sua relação com sazonalidade em sistema de uso do solo, bioma cerrado. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.2, p.1-13, 2020.

LIMACHI, M.; NAOKI, K.; ARMENGOT, L. Efecto de diferentes sistemas de producción de cacao de 3-4 años sobre la composición de un ensamble de hormigas terrestres. **Ecología en Bolivia**, La Paz, v 53, n. 2, p. 113-127, set. 2018.

MARTINKOSKI, L.; VOGUEL, G. F.; JADOSKI, S. O.; WATZLAWICK, L. F. Qualidade física do solo sob manejo silvipastoril e floresta secundária. **Floresta e Ambiente**. Seropédica, v. 24 2017.

MELO, A. S. O que ganhamos 'confundindo' riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotrop**. Campinas, v. 8, n. 3, p. 21-27 set. 2008.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Suinocultura ABC**. 2016.

ALVES NETO, A. J.; LANA, M. C.; RAMPIM, L.; COSTA, L. A. M.; COPPO, J. C.; ALVES, A. G. Água residuária de suinocultura sobre a produtividade de soja e milho segunda safra: uso e Viabilidade Econômica. **Scientia Agraria Paranaensis**. v. 15, n. 3, p. 350-357. 2016.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília. Embrapa, 2015. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/131969/1/Livro-Servicos-Ambientais-Embrapa.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

PEREIRA, J. M.; NISHIJIMA, M. T.; KRAFT, E.; BARETTA, C. R. D. M.; BARETTA, D.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I. **Fauna edáfica em cultivo de morango orgânico e convencional no Sul de Minas Gerais**. 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/15458/Downloads/2020.Captulo.AvanosCientficenseTecnolgicosnasCinciasAgrrias5.pdf> Acesso em: 16 dez. 2020.

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

PEREIRA, P. A. M.; SAMPAIO, S. C.; REIS, R. R.; ROSA, D. M.; CORREA, M. M. Swine farm wastewater and mineral fertilization in corn cultivation. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 20, n. 1, p. 49-54, jan. 2016.

ROS, C. O.; DILVA, V. R.; SILVESTRIN, T. B.; SILVA, R. F.; PESSOTTO, P.P. Disponibilidade de nutrientes e acidez do solo após aplicações sucessivas de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuaria**. v. 1, n. 1, p. 35-44. 2017.

ROSA, D. M.; SAMPAIO, S. C.; PEREIRA, P. A. M.; MAULI, M. M.; REIS, R. R. Swine wastewater: impacts on soil, plant, and leachate. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 37, n. 5, p. 928-939. 2017.

SANTOS, D. P.; SANTOS, G. G.; SANTOS, I. L.; SCHOSSLER, T. R.; NIVA, C. C.; MARCHÃO, R. L. Caracterização da macrofauna edáfica em sistemas de produção de grãos no Sudoeste do Piauí. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1466-1475, set 2016.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAUJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **Revista e ampliada** 5 ed, p. 25. Brasília. Embrapa, 2018.

SCHLEGE, G. A; POLETTO, A. S. R. S. Smart agriculture: estudo exploratório sobre a agricultura orientada pela tecnologia da informação e comunicação. **Intelecto**, Assis, v. 2. dez. 2019. Disponível em: <https://www.fema.edu.br/images/fema/pesquisa/Intelecto/Intelecto2019/SMART_AGRICULTURE.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2020.

SILVA, M. C. S.; SOBRINHO, F. S. L.; SILVA, A. V.; BARROS, R. P. 2016. A utilização de armadilhas tipo pitfall para levantamento da fauna edáfica em solos com cultivo de *Manihot esculenta* Crantz e *Opuntia spp.* na zona rural de Arapiraca-AL. Anais do Congresso Nordeste de Biólogos – **Congrebio**. v. 6 p. 426 2016.

TEIXEIRA, W. G.; MACEDO, R. S.; LIMA, H. N.; SOUZA, A. C. G.; SILVA, F. W. R.; ENCINAS, O. C.; NEVES, E. G. Terra preta de índio em várzeas eutróficas do rio Solimões, Brasil: um exemplo da não intencionalidade na formação de solos antrópicos na Amazonia central. **Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi Ciênc. Hum.** v. 14, n. 1, p. 207-227, abr. 2019.

TESSARO, D.; SAMPAIO, S. C.; DIETER, J.; CASTALDELLI, A. P. A. **Doses de água residuária da suinocultura na cultura da aveia e suas influências sobre a fauna epiedáfica.** XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do solo. Natal. 2015.

TESSARO, D.; SAMPAIO, S. C.; CASTALDELLI, A. P. A. Wastewater use in agriculture and potential effects on meso and macrofauna soil. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 6, p. 976-983, junho 2016.

VOGUEL, H.-J.; EBERHARDT, E.; FRANKO, U.; LANG, B.; LIEß, M.; WELLER, U.; WIESMEIER, M.; WOLLSCHLÄGER, U. Quantitative evaluation of soil functions: potential and state. **Frontiers in Environmental Science**. Canadá, p. 164-164. 22 out. 2019. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fenvs.2019.00164>>. Acesso em: 30 nov. 2020.

WINK, C; GUEDES, J. V. C.; FAGUNDES, C. K.; ROVEDDER, A. P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, p. 60-71, 2005.