

## Fauna edáfica em áreas reconstruídas após mineração de carvão a céu aberto

### *Edaphic fauna in built areas after open air coal mining*

Julia Corá Segat<sup>1</sup>, Maurício Vicente Alves<sup>2</sup>, Julio César Pires Santos<sup>3</sup>, Dennis Góss de Souza<sup>4</sup>,  
Alex Fernando Manfro<sup>5</sup>, Dilmar Baretta<sup>6</sup>

**RESUMO:** A exploração do minério de carvão a céu aberto ocasiona impactos ambientais através da disposição inadequada dos rejeitos e pela contaminação causada pela oxidação da pirita. O objetivo foi avaliar a - fauna edáfica sob diferentes sistemas de reconstituição e manejo do solo, após a mineração de carvão a céu aberto, com base na hipótese de que a reconstituição com calcário e adubação orgânica sejam mais efetivas na reabilitação. O delineamento foi de blocos ao acaso com três repetições dos respectivos tratamentos: Testemunha sem reconstituição; reconstituição + calcário; reconstituição + calcário + cama de aviário; reconstituição + calcário + esterco bovino; área reconstituída; e campo nativo. As coletas da fauna foram realizadas a cada 60 dias, entre abril e outubro. Os dados foram submetidos à ANOVA e comparados pelo teste de LSD ( $P \leq 0,05$ ). Na sequência os índices foram submetidos à análise de agrupamento e de correspondência. Observou-se que ao decorrer da implantação do projeto os efeitos da calagem e da adubação orgânica fizeram com que bovinos tratados com esses manejos melhorassem seus índices, especialmente em termos de diversidade da fauna.

**Palavras-chave:** Exploração de carvão. Fauna do solo. Pirita. Reconstituição do solo.

**ABSTRACT:** Open air coal mining causes environmental impacts due to the inadequate deposits of wastes and to contamination by pyrite oxidation. Current paper evaluates edaphic fauna under different system of soil reconstitution and management after open air coal mining. The paper's hypothesis is that reconstitution with limestone and organic fertilization are rather more effective in rehabilitation. Assay's design comprised randomized blocks with three replications: control without reconstitution; reconstitution + limestone; reconstitution + limestone + aviary bed; reconstitution + limestone + cattle; reconstituted area; and natural field. Fauna was collected every 60 days, between April and October. Data were submitted to ANOVA and compared by LSD test ( $p \leq 0.05$ ). Indexes were clustered and submitted to correspondence analysis. Results show that, during implementation, the effects of liming and organic fertilization caused cattle improve indexes, especially in terms of fauna diversity.

**Keywords:** Coal mining. Ground fauna. Pyrite. Soil reconstruction.

<sup>1</sup> Doutora em Ciência do Solo pela UDESC. Docente no Departamento de Zootecnia da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC Oeste), Chapecó (SC), Brasil.

<sup>2</sup> Doutor em Ciência do solo pela UFPA. Docente na Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), Xanxerê, SC, Brasil.

<sup>3</sup> Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela ESALQ/USP. Docente no Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages (SC), Brasil.

<sup>4</sup> Professor, Doutor em Ciências (Ecologia Aplicada) pela Universidade São Paulo (USP). Docente no Departamento de Solos e Recursos Naturais na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages (SC), Brasil.

<sup>5</sup> Graduado em Agronomia pela em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages (SC), Brasil.

<sup>6</sup> Doutor em Agronomia pela USP. Docente Permanente nos Programa de Pós-graduação em Zootecnia e Ciência do Solo na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Florianópolis (SC), Brasil.

**Autor correspondente:**

Julia Corá Segat: [juliasegat@yahoo.com.br](mailto:juliasegat@yahoo.com.br)

Recebido em: 17/04/2020

Aceito em: 01/12/2020

## INTRODUÇÃO

O processo de utilização dos recursos naturais no Brasil foi iniciado com vários ciclos econômicos que ocorreram nas diversas regiões do país, sobretudo pela exploração madeireira e mineradora, sendo estas entre as que mais agredem o ecossistema (PALHETA *et al.*, 2017). A exploração desordenada dos recursos naturais tem causado sérias alterações ao meio ambiente levando à redução dos níveis de fertilidade natural e matéria orgânica do solo com alterações na comunidade e atividade biológica, o que tem sido considerado como um processo de degradação do solo (LONGO *et al.*, 2011; SANTOS, 2018).

Em Santa Catarina, mais precisamente no Sul do Estado, a exploração do minério de carvão a céu aberto e em minas subterrâneas ocasiona impactos ambientais pela modificação do meio natural, através da disposição inadequada dos rejeitos, com contaminação de águas superficiais e subterrâneas, alteração na atmosfera ao redor das minas pela geração de gases, poeiras e perda do solo fértil (CAMPOS *et al.*, 2010; BRANDELERO *et al.*, 2017; LADWIG *et al.*, 2018).

A bacia carbonífera catarinense contém uma reserva de carvão mineral da ordem de 4,3 bilhões de toneladas, o que corresponde a 13% do total do país. Até o final da década de 1990, o estéril ou rejeito era, na maioria dos casos, depositado a céu aberto em áreas próximas aos locais de mineração ou beneficiamento do carvão (CAMPOS *et al.*, 2010). Os efeitos da falta de planejamento ambiental na exploração do minério de carvão nas bacias carboníferas levaram à criação de leis evitando que novas áreas tivessem o mesmo destino e protegendo o meio ambiente. Para o atendimento da legislação passou a ser exigido das empresas de mineração o "Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD" (BRANDT, 1998).

No PRAD, as camadas de solo e substrato sobrejacentes às camadas de carvão são retiradas e dispostas em pilhas separadas. Após a retirada do carvão, a cava deve ser preenchida com o resíduo piritoso e com os fragmentos das rochas sobrejacentes, recobrando-os com parte do regolito. A última camada depositada deve ser a camada superficial do solo vegetal previamente estocada. Por fim, é recomendada a drenagem do terreno e a semeadura de espécies vegetais para revegetação da área e cobertura do solo.

Na prática, entretanto, observa-se solos reconstruídos de forma inadequada, com problemas de acidificação por drenagem ácida causada pela oxidação da pirita ( $\text{FeS}_2$ ) (BRANDELERO *et al.*, 2017). Na maioria das áreas de mineração recompostas são observadas sérias restrições ao estabelecimento de espécies florestais e de gramíneas, que resultam na permanência de grande parte do solo desnudo, favorecendo a erosão hídrica e o assoreamento de mananciais hídricos (CAMPOS *et al.*, 2010; OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 2015).

A fauna edáfica tem sua importância ambiental pautada na atuação nos processos de decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, participando diretamente dos ciclos biogeoquímicos e, conseqüentemente, mediando a disponibilidade de nutrientes no solo (FUENTES-RAMIREZ *et al.*, 2018; MANTONI *et al.*, 2020).

Os organismos da fauna edáfica afetam diferencialmente a dinâmica do material orgânico e a transformação de energia, bem como as inter-relações entre os componentes da cadeia trófica. Por sua íntima associação com os processos que ocorrem na camada superficial do solo e sua grande sensibilidade à interferência no ambiente, a composição da comunidade da fauna edáfica reflete o padrão de funcionamento do ecossistema (BARETTA *et al.*, 2011). Além disso, alterações na densidade e diversidade da fauna são observadas em ecossistemas que sofrem algum tipo de interferência (SALMON *et al.*, 2008; SEGAT *et al.*, 2019).

Apesar de conhecida a importância da fauna edáfica em vários processos no solo, ainda são escassos os trabalhos que enfatizam como parâmetros de avaliação da recuperação de solos degradados por mineração de carvão (ANDRÉS; MATEOS, 2006; DING *et al.*, 2008; OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 2015). O estudo de indicadores biológicos de alterações ocorridas nos solos pode fornecer subsídios fundamentais para a escolha dos métodos de recuperação mais apropriados em solos que sofreram mineração.

A hipótese central do trabalho é que as áreas que receberam tratamentos que incluíam calcário e adubação orgânica apresentassem maior qualidade na composição da comunidade edáfica e indicasse, então, qual método de recuperação é capaz de favorecer a recomposição edáfica. E, portanto, objetivo deste estudo foi avaliar a dinâmica populacional da fauna edáfica, sazonalmente, sob diferentes sistemas de reconstituição e manejo do solo, após a mineração de carvão a céu aberto na bacia carbonífera do Sul catarinense.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

As áreas estudadas estão localizadas no município de Lauro Muller (SC) (28°20'S e 49°20'W). O clima, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é mesotérmico úmido com verões quentes (Cfa), com precipitação de 1400 mm e temperatura média anual de 19 °C, com amplitude térmica entre 9 e 30 °C. A vegetação original de Floresta Ombrófila Densa e a geologia é representada regionalmente pela formação gonduânica da Bacia do Paraná e localmente pelas formações Bacia Palermo e Bacia Rio Bonito e minerada pela Formação Barro Branco (SANTA CATARINA, 1986).

O trabalho foi conduzido em área de mineração de carvão a céu aberto (Mina do Apertado). A mineração ocorreu no ano de 1992 e a reconstituição em 1995/96. Para tanto, na área degradada foram cobertos os resíduos da mineração utilizando material proveniente do decapeamento de uma área de pastagem nativa, adjacente à minerada, manejo que consistiu na remoção da camada superficial e da vegetação de uma área e transportado para outra. O decapeamento foi necessário, pois, o processo de mineração fez uso de explosivos resultando

na mistura das várias camadas geológicas e perda do solo que constituía o perfil original. A revegetação foi realizada com o plantio de mudas de *Eucalyptus* sp.

Após cinco anos da reconstituição, através do decapeamento, foi instalado o experimento que visou avaliar o efeito da calagem e adição de esterco animais sobre a fauna edáfica do solo reconstruído, no ano de 2001 (MENDONÇA, 2002; CAMPOS *et al.*, 2003; NETO *et al.*, 2008), uma vez que melhorias na qualidade química do solo, promovidas pela prática de calagem e adubação, favorecem o desenvolvimento biológicos e podem acelerar o processo de reabilitação da área minerada. O experimento constou de três blocos de 12 x 16 metros, cada um deles dividido em quatro parcelas de 3 x 16 m, onde foram aplicados os seguintes tratamentos:

- Testemunha (T1) - área sem reconstituição com material proveniente do decapeamento, apenas com cobertura vegetal;
- Reconstituição + calcário (T2) - com material proveniente do decapeamento + aplicação 12,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário PRNT 100%;
- Reconstituição + calcário + cama de aviário (T3) - com material proveniente do decapeamento + aplicação 12,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário PRNT 100% + 10,41 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves;
- Reconstituição + calcário + esterco bovino (T4) - com material proveniente do decapeamento + aplicação 12,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário PRNT 100% + 12,5 t ha<sup>-1</sup> de cama de aves;
- Área reconstituída (T5) - com material proveniente do decapeamento;
- Campo nativo (T6) - campo nativo adjacente à área reconstituída.

As áreas Testemunha, Reconstituída e o Campo Nativo não foram calcariados, já os demais tratamentos receberam doses de calcário estimadas com base no método de saturação por bases (V%) para elevar o pH a 5,5 e uma dose suplementar de NPK (66 kg de N ha<sup>-1</sup>, 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 80 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>).

A coleta para avaliação da fauna edáfica foi realizada com intervalos de 60 dias após a implantação do experimento, em quatro diferentes ocasiões (abril, junho, agosto e outubro), totalizando sete meses. Para tanto, foram utilizadas armadilhas de “Tretzel”, constituídas por frascos com oito centímetros de diâmetro instalados à superfície do solo, sendo três armadilhas em cada parcela com distância de 2 m entre elas. Em cada armadilha foram adicionados 200 mL de uma solução de detergente neutro 2,5%. Após 72 horas, as armadilhas foram retiradas, sendo efetuada a limpeza e o preparo das amostras com peneiras de 0,1 mm, separando o solo e os fragmentos vegetais. As amostras foram acondicionadas em solução aquosa de álcool etílico (80%). Em seguida, os invertebrados foram contados e classificados ao nível de ordem, com auxílio de microscópio estereoscópico de 40 aumentos.

Os resultados obtidos foram analisados através de valores absolutos da abundância e número de indivíduos coletados por armadilhas. A abundância da fauna do solo foi analisada

pelos índices ecológicos (BARETTA *et al.*, 2011) de diversidade de Shannon (H), dominância de Simpson (Is) e uniformidade de Pielou (*e*). O índice H foi obtido pela equação  $H = -\sum p_i \cdot \log p_i$ , onde  $p_i = n_i/N$ ;  $n_i$  = densidade de cada grupo; e N = número total de grupos. O índice Is é dado pela equação  $Is = 1-L$ , sendo  $L = \sum n_i(n_i - 1)/N(N - 1)$ ,  $n_i$  = número indivíduos do grupo “i” e N = somatório da densidade populacional de todos os grupos. O índice *e* foi calculado com base na relação ( $e = (-\sum p_i \cdot \log p_i)/\log N$ ). Também foi calculada a riqueza das principais ordens da fauna edáfica, através de frequência relativa (demonstra a porcentagem do valor de dados em relação ao total amostrado), que é expresso pela fórmula  $fri = fi/n$ . Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas por meio do teste LSD ( $P \leq 0,05$ ) (SAS LEARNING EDITION 2.0, 2004). Os índices ecológicos da fauna do solo foram submetidos à análise multivariada de agrupamento (Cluster) e análise multivariada de correspondência (AC), com auxílio do programa SAS Learning Edition 2.0 (2004).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando os índices de riqueza de ordens, número médio de indivíduos coletados por armadilhas (NMICA), diversidade de Shannon (H), dominância de Simpson (Is) e uniformidade de Pielou (*e*), encontramos diferenças entre as épocas de coletas, sendo que no mês de abril obtivemos os menores valores de riqueza, *e*, Is e H. Já o NMICA obteve os menores valores no mês de junho (Tabela 1). No mês de outubro obtivemos os melhores índices ecológicos, isso pode ter acontecido pela sazonalidade da atividade da fauna (MANTONI *et al.*, 2020). Nesse sentido, Ricklefs (2013) aponta que as condições ambientais como o clima interferem na abundância e distribuição dos organismos edáficos. E, para Pompeo *et al.* (2016), as condições edáficas impostas pelos diferentes manejos no solo são capazes de determinar a composição das comunidades edáficas em termos de diversidade, dominância e abundância. Sendo que sistemas de uso do solo mais estáveis, com maior cobertura vegetal e disponibilidade de alimentos, favorecem a fauna edáfica, conforme foi observado nos resultados deste trabalho.

A riqueza de ordens variou entre os tratamentos em cada mês, sendo que no mês de abril e junho a área de Campo Nativo (T6) obteve em termos absolutos maior riqueza, já nos meses de agosto e outubro os tratamentos com adição de calcário + cama (T3) e calcário + esterco bovino (T4) tiveram valores absolutos mais altos (Tabela 1). Isso é resposta da adição dos adubos orgânicos que por estarem em processo de decomposição estimulam a fauna do solo através da melhor quantidade e a qualidade de alimento na área (BARETTA *et al.*, 2011; SEGAT *et al.*, 2015).

Também é importante ressaltar que a área Testemunha (T1) teve a menor riqueza de ordens, demonstrando que o preparo inadequado do solo após a mineração é prejudicial à

fauna, corroborado com os resultados de Oliveira-Filho *et al.* (2015) em trabalho em áreas de recuperação após a mineração de carvão a céu aberto.

A variabilidade estacional dos atributos da fauna do solo tem implicações importantes para a dinâmica de comunidades, visto que mudanças na composição e estrutura trófica dos invertebrados do solo podem afetar interações entre espécies e a dinâmica da teia alimentar ao longo do tempo. Sobretudo, integrar a variabilidade temporal aos estudos de flutuação populacional torna-se crucial para o entendimento da dinâmica de comunidades edáficas (DOBLAS-MIRANDA *et al.*, 2007), especialmente em ambientes sob recuperação após exploração pela atividade mineradora.

Na média das quatro épocas de coletas observamos que a riqueza de ordens foi maior nos tratamentos onde foi adicionado adubo orgânico, sendo este igual ao campo nativo, demonstrando que o bom preparo, a adição de adubação orgânica e a calagem foram benéficas à fauna do solo. De acordo com Maccari *et al.* (2020) a matéria orgânica no solo tem efeito positivo sobre a fauna edáfica por servir como fonte de alimento a uma ampla gama de organismos edáficos. E ainda é responsável por proporcionar melhorias no ambiente edáfico através da manutenção do microclima e umidade além de fornecer diversidade de microhabitats aos organismos (PEREIRA *et al.*, 2021).

**Tabela 1.** Riqueza de ordens (Riqueza), número médio de indivíduos coletados por armadilhas (NMICA), diversidade de Shannon (H), dominância de Simpson (Is) e uniformidade de Pielou (*e*). Dados em cada época de coleta e média das coletas

Tratamentos	Índices Ecológicos				
	Riqueza	NMICA	Is	H	<i>e</i>
Abril					
Calcário	3,6	45,0	0,36	0,67	1,17
Calcário + cama <sup>1</sup>	5,1	58,8	0,35	0,72	1,02
Calcário + esterco <sup>2</sup>	4,2	59,8	0,21	0,44	0,74
Testemunha	3,8	20,2	0,49	0,86	1,52
Área Reconstituída	3,5	34,0	0,56	0,88	1,69
Campo Nativo	5,8	37,0	0,61	1,21	1,63
Junho					
Calcário	4,3	18,0	0,57	0,99	1,66
Calcário + cama	4,3	23,1	0,61	1,09	1,78
Calcário + esterco	4,6	27,1	0,49	0,90	1,44
Testemunha	4,7	16,2	0,63	1,13	1,76
Área Reconstituída	4,7	17,2	0,59	1,10	1,63
Campo Nativo	4,8	13,5	0,70	1,28	1,88
Agosto					
Calcário	4,3	34,7	0,55	0,94	1,52
Calcário + cama	5,3	35,5	0,57	1,07	1,52
Calcário + esterco	5,2	31,4	0,64	1,19	1,72
Testemunha	4,4	32,9	0,42	0,80	1,30
Área Reconstituída	3,0	33,3	0,44	0,70	1,53
Campo Nativo	4,7	27,7	0,39	0,79	1,16
Outubro					

Calcário	5,8	37,8	0,70	1,35	1,79
Calcário + cama	6,6	49,8	0,72	1,45	1,79
Calcário + esterco	6,3	65,4	0,70	1,38	1,76
Testemunha	4,9	31,2	0,60	1,13	1,65
Área Reconstituída	3,2	39,7	0,44	0,75	1,35
Campo Nativo	5,8	39,2	0,53	1,07	1,42
Média das quatro épocas de coleta					
Calcário	4,5	33,9	0,54	0,99	1,54
Calcário + cama	5,3	41,8	0,57	1,08	1,53
Calcário + esterco	5,0	45,9	0,51	0,98	1,42
Testemunha	4,5	25,1	0,53	0,98	1,56
Área Reconstituída	3,6	31,0	0,51	0,86	1,55
Campo Nativo	5,3	29,3	0,56	1,09	1,52

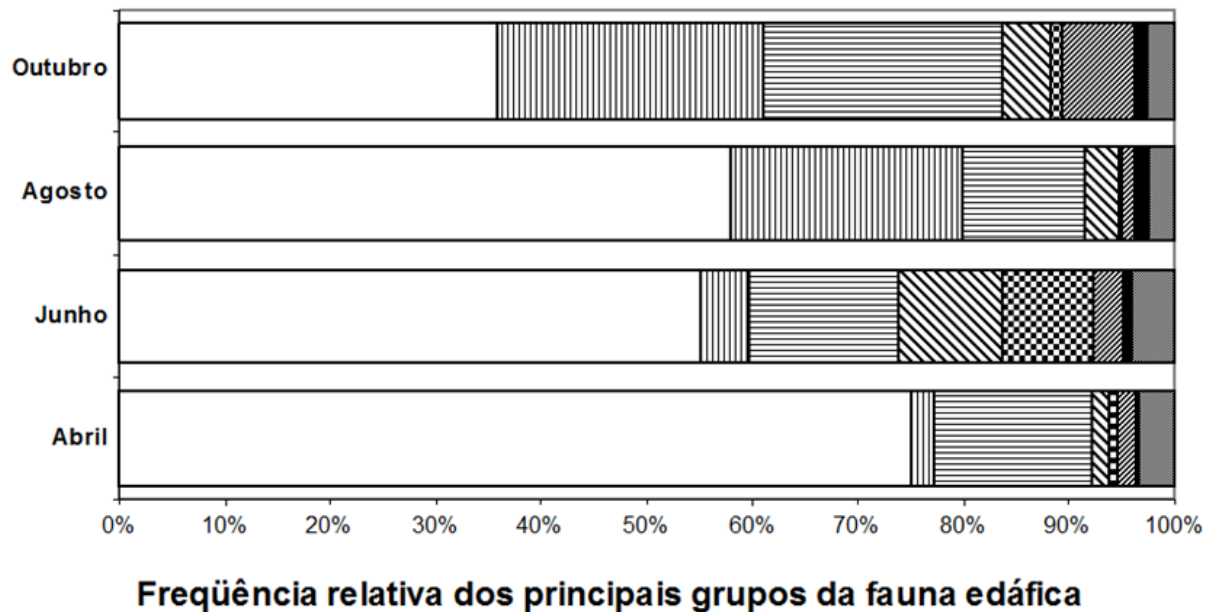
<sup>1</sup>Calcário + cama de aviário; <sup>2</sup>Calcário + esterco bovino

O NMICA variou entre os meses de coletas e entre os tratamentos, sendo que na média os tratamentos com calcário + cama (T3) e calcário + esterco (T4) tiveram o maior número de indivíduos coletados por armadilhas, já a testemunha teve o menor valor, demonstrando que não só a reconstituição do solo, mas adição de matéria orgânica e calagem são favoráveis também para o acréscimo de indivíduos e não apenas na diversidade de grupos (LOPEZ-HERNANDEZ *et al.*, 2004; ALVES *et al.*, 2008; OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 2015). A evolução na recuperação de solos de área de mineração é comumente avaliada por atributos como matéria orgânica e pH (STUMPF *et al.*, 2018), uma vez que o aumento da CTC proporcionado pelo aumento do pH e a presença de material orgânico vão atuar como agentes redutores da biodisponibilidade de possíveis contaminantes (TESTA *et al.*, 2020), que frequentemente estão presentes em solos de áreas mineradas e que atuam como inibidores da evolução da comunidade edáfica.

A área de campo nativo obteve o maior valor de dominância Simpson (Is) nos dois primeiros meses, 0,61 e 0,70, respectivamente, à medida que os tratamentos fizeram efeito as áreas com adição de calcário elevaram o Is, demonstrando que a calagem pode gerar uma dominância de algumas espécies sobre as demais, pelo efeito do aumento do pH, que traz consigo o aumento da mineralização de nutrientes pelos microrganismos (ERNANI, 2008), trazendo benefícios ao desenvolvimento dos organismos edáficos. A dominância de grupos em áreas de pastagem também foi apresentada por Rosa *et al.* (2015) que afirmam que algumas espécies de cupins, formigas e minhocas são dependentes de ambiente com elevada matéria orgânica e com pH ideal, fatores proporcionados nas áreas de campo nativo e com adição de calcário, conforme apontam os resultados do presente estudo. Esse mesmo comportamento pode ser observado na Figura 1 que apresenta a frequência relativa de cada grupo, que se apresentou mais uniforme no mês de outubro, decorrido maior tempo desde a aplicação dos tratamentos nas áreas.

A frequência de ordens variou entre as coletas sendo que no mês de abril obtivemos uma grande porcentagem de Collembola, com aproximadamente 75% da frequência total de ordens, apresentando uma grande dominância sobre as demais ordens. Isso pode ser

comprovado com auxílio da uniformidade alta no tratamento Campo Nativo (T6) nos primeiros meses de coleta (0,61 e 0,70) e com a alta frequência de Collembola neste tratamento, 64% (Figura 1). Também podemos observar que com o passar dos meses a frequência de Collembola foi diminuindo e a de ácaros aumentando. Essa alteração na frequência desses dois grupos é explicada pelo fato de os colêmbolos serem conhecidamente mais susceptíveis a perda de umidade do ambiente quando comparados com os ácaros e o aumento da temperatura ambiental favorece a redução de umidade do solo.

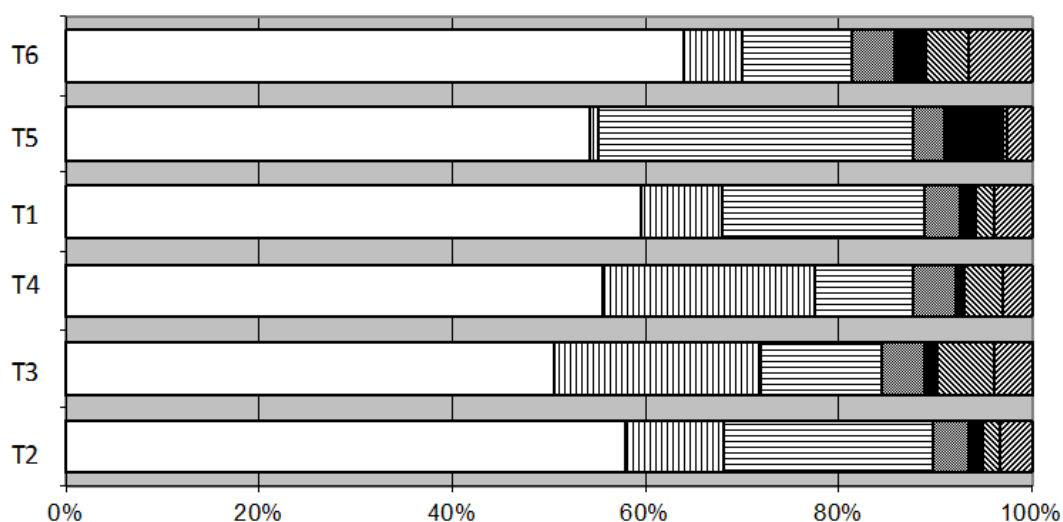


**Figura 1.** Frequência relativa das principais ordens da fauna edáfica capturadas em cada uma das quatro épocas de coleta. Collembola; Acarina; Hymenoptera; Araneae; Coleoptera; Diptera; Homoptera; Outros.

No mês de outubro houve uma boa distribuição das ordens, Collembola com 35%, Acarina com 25%, Hymenoptera com 22%, e o restante, distribuído entre as demais ordens em menor frequência (Figura 1), demonstrando assim que com o passar do tempo estas ordens foram distribuídas entre as áreas formando um ambiente mais uniforme com melhor diversidade de ordens.

Na Figura 2 podemos observar que a ordem Collembola foi predominante com mais de 50% em todos os tratamentos, mas um fator importante que devemos ressaltar é que nos tratamentos onde foi aplicado calcário com ou sem adubo orgânico (T2, T3 e T4) a fauna teve uma melhor distribuição das frequências, decaindo Collembola e aumentando as demais. Esse fato se dá em decorrência da melhoria da qualidade edáfica que é proporcionada pela adubação orgânica combinada com calcário, e melhorias edáficas favorecem o estabelecimento de uma comunidade edáfica mais diversa em termos de grupos (ZAGATTO *et al.*, 2019).





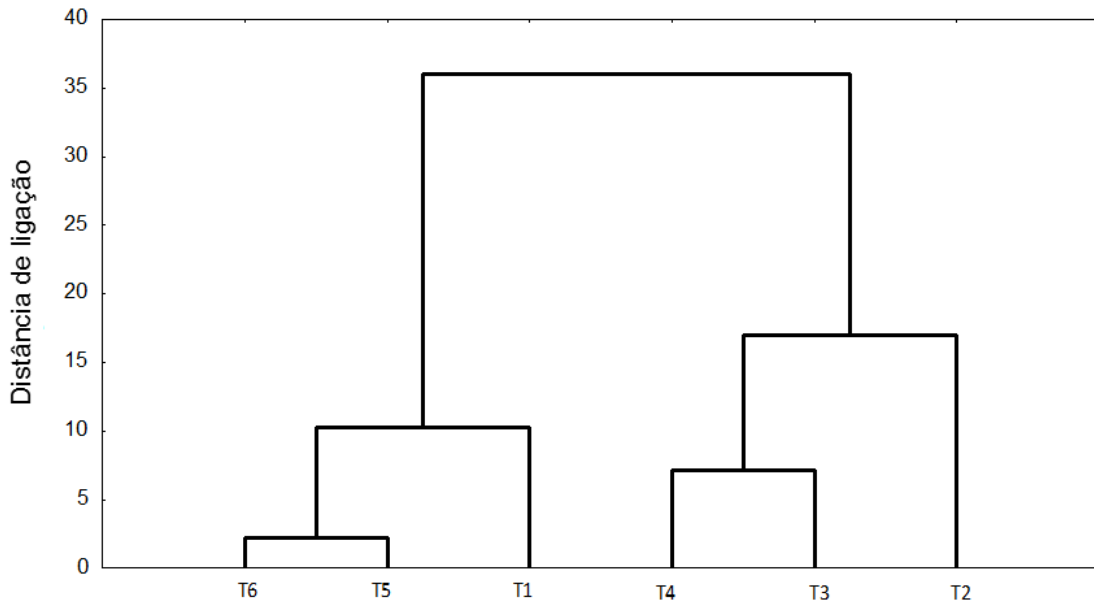
### Frequência relativa das principais ordens da fauna edáfica

□ COLLEMBOLA ▨ ACARINA ▤ HYMENOPTERA ▩ ARANAE ■ COLEOPTERA ▧ DIPTERA ▨ OUTROS

**Figura 2.** Frequência relativa das principais ordens da fauna edáfica capturadas em cada uma das seis áreas de coleta. Testemunha sem reconstituição (T1); reconstituição + calcário (T2); reconstituição + calcário + cama de aviário (T3); reconstituição + calcário + esterco bovino (T4); área reconstituída (T5); e campo nativo (T6).

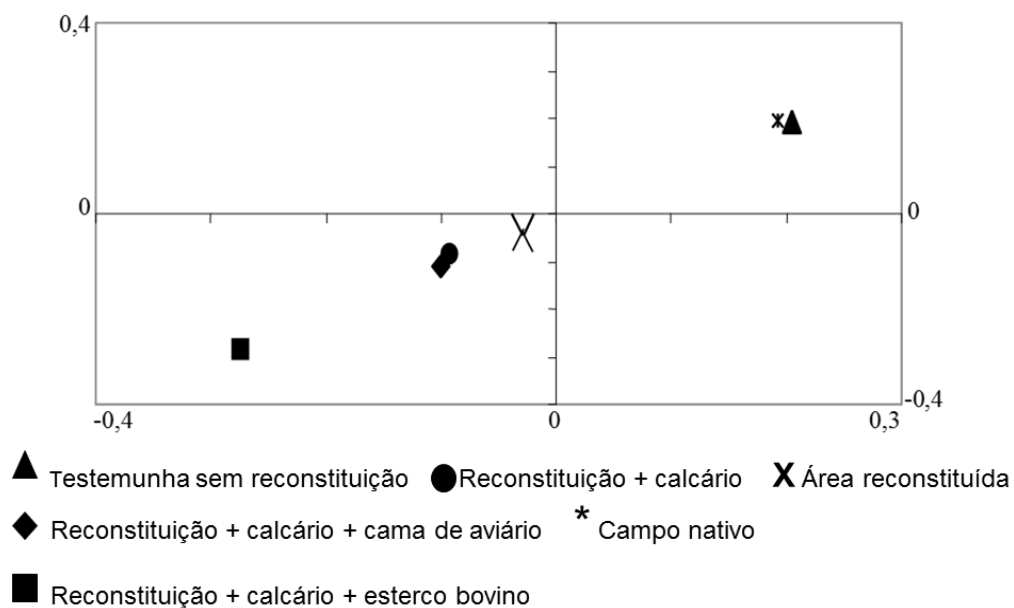
A separação das áreas com base na frequência das ordens edáficas fica bastante clara na análise de similaridade, onde os demais tratamentos com calcário, estes formaram, na média das épocas de coleta, um agrupamento distinto dos demais (Figura 3), comprovando os resultados obtidos na avaliação dos índices ecológicos descritos anteriormente. Além disso, a área reconstituída (T5) separou-se dos demais tratamentos formando um grande agrupamento com área adjacente recomposta sem preparo e campo nativo, demonstrando uma grande similaridade entre as últimas.

A similaridade de áreas que recebem tratamentos que melhoram a qualidade edáfica já foi reportada por McGlynn e Poirson (2012) que afirmam que a composição da comunidade edáfica está fortemente relacionada com os atributos químicos do solo e, para Dunxião *et al.* (1999), um dos principais atributos químicos que interferem na fauna edáfica é a disponibilidade de fósforo, aumentada quando o pH é corrigido e a presença de material orgânico. Geremia *et al.* (2015) mostraram que o uso de material orgânico com intuito de fertilização nos solos é capaz de promover composição da fauna edáfica diferente daquele presente em solos que recebem adubação química e relacionaram esse efeito às melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas que a adubação orgânica proporciona às áreas.



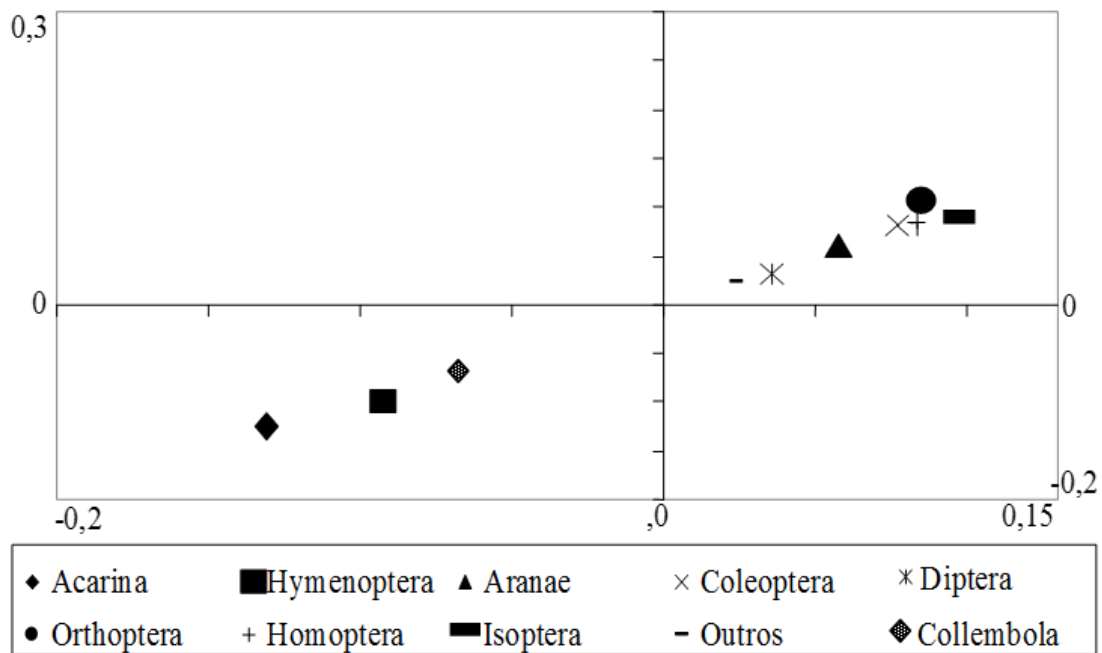
**Figura 3.** Dendrograma apresentando a distância “Euclidiana” de ligação entre os tratamentos estudados, através das ordens, épocas de coletas e repetições da fauna edáfica, em Lauro Muller (SC). (T1) testemunha sem reconstituição; (T2) reconstituição + calcário; (T3) reconstituição + calcário + cama de aviário; (T4) reconstituição + calcário + esterco bovino; (T5) área reconstituída; e (T6) campo nativo.

A análise de correspondência para a fauna edáfica por meio das dimensões 1 e 2, demonstrou a separação entre os diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo estudado (Figura 4), essa separação é causada pela composição da fauna edáfica em cada uma das áreas. A área reconstituída (T%) e o campo nativo (T6) se separaram espacialmente das demais nas duas dimensões, comprovando a similaridade entre as duas.



**Figura 4.** Relação entre as dimensões 1 e 2 na separação dos tratamentos pela análise de correspondência (AC), utilizando todas as coletas com o número médio de indivíduos coletados por armadilhas (NMICA) e diversidade (H). (▲) testemunha sem reconstituição; (●) reconstituição + calcário; (◆) reconstituição + calcário + cama de aviário; (■) reconstituição + calcário + esterco bovino; (X) área reconstituída; e (\*) campo nativo.

As ordens Collembola, Hymenoptera, Acarina (Figura 5) contribuíram significativamente para o arranjo espacial diferenciado lançando a hipótese de que as ordens edáficas podem atuar como bons indicadores de alterações no ambiente edáfico, mesmo quando ocorrem em baixas frequências relativas, o que realça a necessidade de novos estudos mais aprofundados para que isso seja comprovado.



**Figura 5.** Relação entre as dimensões 1 e 2 na separação das ordens pela análise de correspondência (AC), utilizando todas as coletas com o número médio de indivíduos coletados por armadilhas (NMICA) e diversidade (H).

Em trabalho realizado por Geremia *et al.* (2015) no Estado de Santa Catarina foi apresentada íntima associação de Araneae, Homoptera, Isoptera com os tratamentos que receberam cama de aves como fertilizante, mostrando que as práticas de correção do solo favorecem o aparecimento de grupos edáficos com relações ecológicas mais complexas que os ácaros, formigas e colêmbolos. Para os resultados encontrados no presente estudo, Homoptera, Isoptera e Orthoptera foram as ordens que mais contribuíram para a separação das áreas Testemunha (T1) e Campo Nativo (T6) das demais. As três ordens citadas são relacionadas, ainda no trabalho de Geremia *et al.* (2015), a maior riqueza e abundância de organismos, por serem relacionadas aos ambientes de menor intervenção e maior qualidade edáfica.

## 4 CONCLUSÕES

Os índices ecológicos foram melhores na área de campo nativo. Os efeitos da calagem e da adubação orgânica fizeram com que os índices ecológicos melhorassem ao longo das coletas.

A análise de correspondência demonstrou haver similaridade entre os tratamentos testemunha e campo nativo.

As ordens Orthoptera, Isoptera e Homoptera contribuíram para a diferenciação das áreas se mostrando bons indicadores de alterações no ambiente edáfico, mesmo quando em baixas frequências relativas.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, M. V. *et al.* Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 589-598, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000200014.
- ANDRÉS, P.; MATEOS, E. Soil mesofauna responses to post-mining restoration treatments. **Applied Soil Ecology**, v. 33, p. 67-78, 2006. DOI: 10.1016/j.apsoil.2005.08.007.
- BARETTA, D. *et al.* Fauna edáfica e qualidade do solo. *In*: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (ed.). **Tópicos especiais em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011, p. 141-192.
- BRANDELERO, S. M. *et al.* Monitoramento de água e sedimento no Rio Palmeiras, Bacia hidrográfica do Tubarão (SC), Brasil. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 32, n. 1, p. 203-212, 2017. DOI: 10.1590/S1413-41522016159344.
- BRANDT, W. Avaliação de Cenários Futuros em Planos de Fechamento de Minas. *In*: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. **Recuperação de áreas degradadas**, p. 131-134, 1998.
- CAMPOS, M. L.; ALMEIDA, J. A.; SOUZA, L. S. Avaliação de três áreas de solo construído após mineração de carvão a céu aberto em Lauro Müller, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1123-1137, 2003. DOI: 10.1590/S0100-06832003000600017.
- CAMPOS, M. L. *et al.* Impactos no solo provocados pela mineração e depósito de rejeitos de carvão mineral. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 2, p. 198-205, 2010.
- DING, C. C. *et al.* Community structure of collembolan in degraded red soil under different restoration vegetation types. **Chinese Journal of Applied Ecology**, v. 19, p. 593-598, 2008.
- DOBLAS-MIRANDA, E.; SÁNCHEZ-PIÑERO, F.; GONZÁLEZ-MEGÍAS, A. Soil macroinvertebrate fauna of a Mediterranean arid system: composition and temporal changes in the assemblage. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, p. 1916-1925, 2007. DOI: 10.1016/j.soilbio.2007.02.009.

DUNXIÃO, H. *et al.* Relationship between Soil Arthropods and Soil Properties in a Suburb of Qianjiang City, Hubei, China. **Critical Reviews in Plant Sciences**, 18: 467-473, 1999. DOI: 10.1080/07352689991309342.

ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. 2008. v. 1. 230p.

FUENTE-RAMIREZ, A. *et al.* Short-term response of soil microorganisms, nutrients and plant recovery in fire-affected *Araucaria araucana* forests. **Applied Soil Ecology**, v. 31, p. 99-106, 2018. DOI: 10.1016/j.apsoil.2018.08.010.

GEREMIA, E. V. *et al.* Fauna edáfica em pastagem perene sob diferentes fontes de nutrientes. **Revista Scientia Agraria**, v. 16, n. 4, p. 17-30, 2015. DOI: 10.5380/rsa.v16i4.47802.

LADWIG, N. I.; DAGOSTIM, V.; BACK, A. J. Análise da paisagem da região carbonífera do Estado de Santa Catarina, Brasil, realizada com imagens de satélite. **Temático de Geotecnologias**, v. 43, p. 93-107, 2018. DOI: 10.5380/raega.v43i0.50813.

LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. I.; MELO, W. J. Recuperação de solos degradados da exploração mineral de cassiterita: biomassa microbiana e atividade de desidrogenase. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 132-138, 2011. DOI: 10.1590/S0006-87052011000100019.

LOPEZ-HERNANDEZ, D. *et al.* Changes in soil properties and earthworm populations induced by long-term organic fertilization of a sandy soil in the Venezuelan Amazonia. **Soil Science**, v. 169, p. 188-194, 2004. DOI: 10.1097/01.ss.0000122524.03492.b7.

MACCARI, A. P. *et al.* The effect of composted and non-composted poultry litter on survival and reproduction of *Folsomia candida*. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 9, p. 99-105, 2020. DOI: 10.30486/IJROWA.2020.1885804.1012.

MANTONI, C.; DI-MUSCIANO, M.; FATTORINI, S. Use of microarthropods to evaluate the impact of fire on soilbiological quality. **Journal of Environmental Management**, v. 266, p. 1-6, 2020. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110624.

MCGLYNN, T. P.; POISON, E. K. Ants accelerate litter decomposition in a Coast Rican lowland tropical rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 28, n. 5, p. 437-443, 2012. DOI: 10.1017/S0266467412000375.

MENDONÇA, D. **Características biológicas indicadoras de recuperação da qualidade de um solo reconstruído após mineração de carvão a céu aberto com adição de calcário e esterco animais**. Tese (Mestrado). 53f. Universidade do Estado de Santa Catarina CAV/UEDESC, Lages, 2002.

NETO, A. L. *et al.* Atributos físicos do solo em área de mineração de carvão influenciados pela correção da acidez, adubação orgânica e revegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1379-1388, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000400002.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I. *et al.* Avaliação ecotoxicológica do resíduo de mineração de carvão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1806-1813, 2015. DOI: 10.1590/01000683rbc20150151.

PALHETA, J. M. *et al.* Conflitos pelo uso do território da Amazônia mineral. **Mercator**, v. 16, 2017. DOI: 10.4215/rm2017.e16023.

PEREIRA, J. M. *et al.* Soil spiders (Arachnida: Araneae) in native and reforested Araucaria forests. **Scientia Agrícola**, v. 78, n. 3, 2021. DOI: 10.1590/1678-992X-2019-0198.

POMPEO, P. N. *et al.* Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages, Santa Catarina, Brasil. **Revista Scientia Agrária**, v. 17, n. 1, 2016. DOI: 10.5380/rsa.v17i1.46535.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

ROSA, M. G. *et al.* Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 59, p. 1544-1553, 2015. DOI: 10.1590/01000683rbc20150033.

SANTA CATARINA. **Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral**. Subchefia de estatística, geográfica e informática. IBGE, 1986.

SANTOS, C. M. A. *et al.* Processo de reciclagem química de PET em meio alcalino: efeito da concentração do íon hidróxido, da cor do PET e do tempo de reação. **Matéria**, v. 23, n. 4, 2018. DOI: 10.1590/s1517-707620180004.0566.

SAS Institute Inc. 2004. **SAS Learning Edition 2.0**. Cary, NC: SAS Institute Inc.

SEGAT, J. C. *et al.* Ecotoxicological evaluation of swine manure disposal on tropical soils in Brazil. **Ecotoxicological and Environmental Safety**, n. 127, p. 91-97, 2015. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2015.07.017.

STUMPF, L. *et al.* Tensile strength and organic matter fractions in aggregates of a grasscovered mined soil under early stage recovery. **Soil and Tillage Research**, n. 176, p. 69-76. DOI: 10.1016/j.still.2017.11.006.

TESTA, M. A. *et al.* Impacts on reproduction of *Enchytraeus crypticus* in fertilized soils with chicken litter treated with synthetic and natural insecticide. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, n. 78, 2020. DOI: 10.1016/j.etap.2020.103386.

ZAGATTO, M. R. G. *et al.* 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. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.11.008.