



BIOEROSÃO DO SOLO OCACIONADA POR FORMIGAS E SUAS CARACTERÍSTICAS

Vitor Gustavo Cristofolini ¹
Caetano Ribas de Campos Santos ²

RESUMO

As formigas fazem parte da macrofauna do solo, desempenhando papéis variados nas suas propriedades físicas e químicas. A família *Formicidae* pode ser encontrada por todo o mundo, com exceção somente das áreas polares. Uma parte das espécies utilizam o solo para construir seu ninho, alocando-o para a superfície e disponibilizando para a erosão por agentes externos. Poucas pesquisas são relacionando o solo e a influência destes invertebrados, sendo a grande maioria, na área de Geografia, apenas relacionadas à química e hidrografia do solo. Diante disto, a metodologia proposta tem como objetivo quantificar e detalhar os processos de erosão provenientes de solo exposto por formigas e cupins no município de Guarapuava e no campus CEDETEG do mesmo município. Para isto, serão realizados trabalhos de campo para a coleta de amostras de solo e sedimento em âmbito natural, na área urbana e na área rural do município, assim como os diferentes tipos de uso do solo no campus CEDETEG. Assim, se faz importante a pesquisa e metodologia que busca contribuir e ampliar estudos voltados para compreender melhor a influência das formigas no sistema, como também a influência humana no aumento ou diminuição dos processos de erosão do solo.

Palavras-chave: Biogeomorfologia, estabilidade de microagregados, erosão de solo, montículos.

RESUMEN

Las hormigas son parte de la macrofauna del suelo, desempeñando diferentes roles en sus propiedades físicas y químicas. La familia *Formicidae* se puede encontrar en todo el mundo, excepto en las zonas polares. Una parte de la especie utiliza el suelo para construir su nido, destinándolo a la superficie y dejándolo disponible para la erosión por agentes externos. Pocas investigaciones están relacionadas con el suelo y la influencia de estos invertebrados, siendo la gran mayoría, en el área de Geografía, solo relacionadas con la química e hidrografía del suelo. Ante esto, la metodología propuesta tiene como objetivo cuantificar y detallar los procesos de erosión derivados del suelo expuesto por hormigas y termitas en el municipio de Guarapuava y en el campus de CEDETEG en el mismo municipio. Para ello, se realizará un trabajo de campo para la recogida de muestras de suelo y sedimentos en un entorno natural, en las zonas urbanas y rurales del municipio, así como los diferentes tipos de uso del suelo en el campus del CEDETEG. Por ello, es importante la investigación y metodología que busquen aportar y ampliar estudios encaminados a comprender mejor la influencia de las hormigas en el sistema, así como la influencia humana en el aumento o disminución de los procesos de erosión del suelo.

¹ Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO, VitorGeografiaCristofolini@gmail.com;

² Graduando no Curso de Geografia da Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO, ribascaetano@gmail.com;



Palabras clave: Biogeomorfología, estabilidad de microagregados, erosión de suelos, montículos.

INTRODUÇÃO

O solo e sua conservação é objeto de preocupação desde 1930, começando o debate pelas consequências econômicas e posteriormente devido a perda física, química e biológica, ficando os custos dessas perdas para os produtores e principalmente à sociedade (TELLES *et al.*, 2011). Entre os anos de 1970 e 1980 se teve um aumento expressivo dos estudos sobre os organismos e a geomorfologia, que proporcionou uma maior base teórica para o estudo dos solos e sistemas, relacionando-os com a biologia e ecologia (THOMAZ, 2019). Embora houvesse um aumento no final do século XX, como apontam Whitford e Eldridge (2013), analisando as pesquisas relacionadas à contribuição da erosão do solo por formigas, relata que ainda se sabe pouco sobre o papel preciso destes agentes biológicos nos ecossistemas e que há uma necessidade urgente de quantificar e compreender estes efeitos.

As formigas que nidificam o solo são bioconstrutores, participando no processo de erosão quando alocam o solo para a superfície e potencializando a erosão causada pelos agentes externos (THOMAZ, 2019). A chuva então acaba por ser um dos maiores agentes responsáveis pela erosão, pedogênese (transporte limitado) e/ou morfogênese (perda do solo), sendo o impacto da chuva (salpicamento) juntamente com o escoamento superficial que resulta na magnitude e eficácia do processo de erosão (THOMAZ, 2019). Conforme a tabela abaixo, pode-se observar que a quantidade de solo alocado e disponibilizado no sistema pode ser muito significativo, sendo os valores mais elevados em áreas com influência humana.



**Tabela 1 - Acumulação anual de subsolo na superfície do solo ao redor das
entradas dos ninhos de formigas**

<i>Community</i>	<i>Location</i>	<i>Soil movement (kg soil ha⁻¹ yr⁻¹)</i>	<i>References</i>
Temperate forest	Massachusetts, USA	60	Lyford (1963)
Rural environments	Berkshire, England	8240	Waloff and Blackith (1962)
Rural environments	New York, USA	948	Levan and Stone (1983)
Rural environments	Wisconsin, USA	11 360	Salem and Hole (1968)
Rural environments	Louisiana, USA	1600 ^a	Lockaby and Adams (1985)
Humid savanna	Africa	300	Wood and Sands (1978)
Humid savanna	Africa	4000	Aloni et al. (1983)
Semi-arid woodland	Argentina	1100	Bucher and Zuccardi (1967)
Sown pasture	Argentina	2100	Folgarait (1998)
Sclerophyll woodland	Cataract, Australia	841	Humphreys (1981)
Semi-arid woodland	Cobar, Australia	336	Eldridge and Pickard (1994)
Semi-arid shrubland	Deniliquin, Australia	350–420	Briese (1982)
Arid grassland	New Mexico, USA	0.1–255	Whitford et al. (1995)
Arid shrubland	New Mexico, USA	6.3–35	Whitford unpublished data
Arid dunefield	New Mexico, USA	61.1–187	Whitford unpublished data

^aOne-off measurement only.

Fonte: WHITFORD, Walter G.; ELDRIDGE, David J. (2013).

Os fatores biológicos e físicos, relacionando-se entre si, são o objeto de estudo desta pesquisa, sendo necessário quantificar a magnitude destes eventos e fatores, assim como suas contribuições para os sistemas em que estão presentes. Whitford e Eldridge (2013, p. 13) afirmam que:

“Apesar de seu pequeno tamanho, um grande número de estudos tem mostrado que as formigas e cupins têm efeitos benéficos substanciais nas propriedades e processos do ecossistema que seriam quase impossíveis de avaliar. Embora, muito tenha sido escrito sobre formigas e cupins, nós ainda sabemos relativamente pouco sobre seus papéis precisos no solo, processos ecológicos, suas ligações com outra biota e sua importância na manutenção de ecossistemas saudáveis e resilientes (Folgarait, 1998). Há, portanto, uma necessidade urgente de quantificar alguns desses efeitos desconhecidos e incluir o estudo de formigas e cupins em estudos futuros para desenvolver uma compreensão integrada de sua importância no funcionamento do ecossistema” (Traduzido pelos autores).

Assim, podemos afirmar que a contribuição de erosão do solo por formigas ainda é pouco documentada. O solo alocado é uma quantidade significativa e apresenta diferentes quantidades conforme a espécie. Em geral, as pesquisas, na área de geografia, relacionadas a macrofauna no solo se preocupam com a química e hidrografia, deixando de lado a perda do solo por erosão. O trabalho então tem como objetivo quantificar a erosão do solo proveniente de formigueiros no município de Guarapuava, assim como descrever os processos de erosão e compara-la entre as diferentes áreas quantificadas.



APORTE TEÓRICO

A biogeomorfologia foi primeiramente descrita por Knox (1972), quando se referiu a sedimentação e mudanças hidrológicas em uma bacia no sudoeste de Wisconsin, seguido por Levit (1999) que introduziu o conceito de biogeomorfogênese. Howard e Mitchel (1985) avaliaram a influência de plantas na razão de erosão do solo. Termos como bioerosão, bioconstrução, biotransformação, bioproteção e biointemperismo são classificados por Naylor *et al.* (2002) como conceitos guarda-chuva, onde deriva-se vários estudos avançados. Tais trabalhos têm se caracterizado como tendência entre estudiosos, pelo fato de se mostrar de grande importância na consideração de aspectos pouco compreendidos do sistema Terra.

Ainda assim, Naylor *et al.* (2002) destaca que a relação Ecologia e Geomorfologia têm levantado vários temas para este entendimento de processos naturais. Jouquet *et al.* (2015), destacam em seu ensaio que as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo são alteradas pela ação de cupins, em áreas no Sul da Índia. Neste estudo, por exemplo, foi destacado que o ambiente, e provavelmente as propriedades do solo, influenciam as propriedades físico-químicas e a forma dos cupins, bem como as propriedades pedológicas e como estas direcionam o estabelecimento e a sobrevivência de cupins em ecossistemas tropicais. Do ponto de vista ecohidrológico, a maioria das atividades das formigas e outros agentes que escavam o solo pode melhorar a infiltração através do desenvolvimento de macroporos e também pode aumentar a quantidade de sedimentos disponíveis para a erosão por salpico (Cerdeira e Doerr, 2010).

No Brasil estudos em bioerosão foram realizados (Thomaz e Dias, 2009; Antoneli *et al.*, 2013), contudo essas pesquisas foram direcionadas ao papel de grandes animais criados comercialmente. Thomaz e Dias (2009), destacaram o papel de bovinos (bioagentes) na compactação de solo (que proporciona escoamento superficial, redução de infiltração, além de resistência a penetração de sonda) juntamente com o aumento do rebanho no Brasil baseando-se em dados secundários do Censo Agropecuário do IBGE. Já Antoneli *et al.* (2013) constatou que em detrimento da concentração do pisoteio dos animais em determinados locais, foram identificados indicadores de erosão, como: redução da infiltração, aumento de escoamento e também concentração de fluxo nos caminhos preferenciais (trilhas). Contudo, na análise de perda média mensal de solo, destaca-se a interferência do maior volume de precipitação com o volume de carga por



m² de solo erodido. A variação temporal de temperatura foi juntamente analisada com o comportamento desses animais, em que a perda de solo de caminhos preferenciais próximos a zonas ripárias (terras baixas), é maior em relação a outros próximos às vertentes (terras altas).

Em 2005, a Avaliação Ecosistêmica do Milênio (AEM), definiu como serviços ecossistêmicos, os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas. Os quais se dividem em três segmentos: serviços de suporte (ou habitat), associados a formação de solo, processos de fotossíntese e de ciclagem de nutrientes; serviços de provisão, que se referem ao abastecimento e fornecimento de alimento, fibras, madeira e água e serviços reguladores, que influenciam na dinâmica climática, degradam resíduos e mantêm a qualidade da água.

A janela de investigação parte do conceito engenheiros do solo, proposto por LA VELLE *et al.* (1997), que corresponde a capacidade de organismos se moverem através do perfil e construir estruturas organo-minerais com propriedades físicas, químicas e microbiológicas específicas. Ou seja, a capacidade de seres invertebrados (formigas) em mobilizar solo para construção de montículos.

As formigas, embora pequenas, tem uma grande variedade por todo o mundo. Hölldobler (*et al.*, 1990) afirma que há 8800 espécies catalogadas de formigas em todo o planeta e Calixto (2013) relata que 1460 dessas são somente no Brasil, ao fato que, 226 fazem parte do estado paranaense. Ainda, Hölldobler (*et al.*, 1990) relata que nas florestas da Nova Inglaterra, as formigas movimentam a mesma quantia de solo pela nidificação do que as minhocas, e que em áreas tropicais, essa quantia é ainda maior. Sabe-se também que as formigas tendem a migrar e construir novos ninhos, a exemplo da formiga *Acromyrmex heyeri*, que migram e constroem novos ninhos em caso de inundações, falta de alimento, aplicação de inseticidas e/ou disputa com outros animais, podendo percorrer dezenas de metros, deixando então o ninho anterior como solo em potencial erosivo (NICKELE *et al.*, 2012).

Conforme Whitford e Eldridge (2013) a contribuição destes seres com a translocação e homogeneização do solo, aumento da porosidade, formação de agregados, aumento do armazenamento e infiltração de água, sendo que com esta pesquisa, se pode compreender melhor o papel desses insetos no sistema natural, em específico, a contribuição da erosão do solo causada pela construção de ninhos na região



dos campos, floresta ombrófila densa montana e de altamontana e no meio antrópico como as áreas urbanas e rurais no município de Guarapuava – PR.

METODOLOGIA

O trabalho metodológico aqui descrito apresenta dois momentos, primeiro, o trabalho de Iniciação Científica feito pelo graduando Caetano Ribas de Campos Santos, segundo, a metodologia que ainda será utilizada pelo mestrando Vitor Gustavo Cristofolini. A metodologia utilizada no mestrado será uma expansão do trabalho já feito durante a IC, sendo destacado as mudanças e complementações.

Metodologia utilizada na Iniciação Científica:

Conduziu-se o experimento de IC no Laboratório de Erosão de Solos, instalado nas dependências do AMBIOTEC, após coleta de amostras em áreas experimentais. Os pontos de coleta foram determinados considerando diferentes tipos de ocupação do solo: lavouras de cultura sazonais, parcelas de silvicultura em transição e gramados. A classe de solo predominante é Latossolo Bruno Distrófico (areia 180 g kg⁻¹, silte 260 g kg⁻¹ e argila 560 g kg⁻¹). A classificação de Köppen determina que a região de estudo apresenta clima Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb), tendo no decorrer do ano verões frescos, geadas severas no inverno, sem estação seca, com temperaturas médias de 18° C no mês mais frio e 22° C no mês mais quente (IAPAR, 1994).

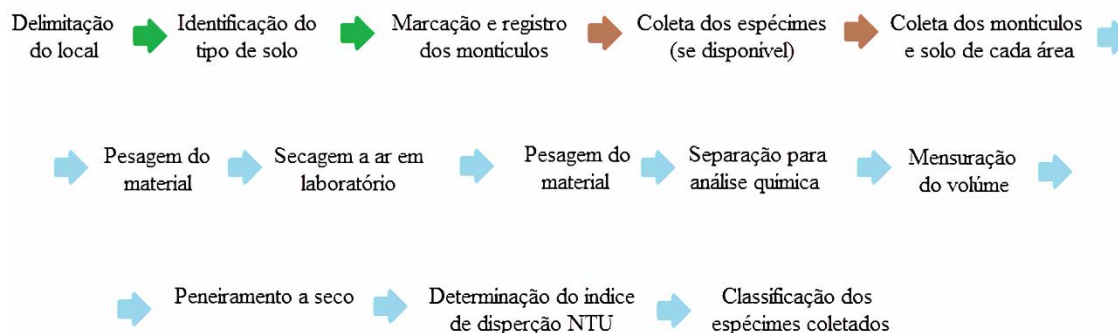
Para mensuração dos agregados, foram coletadas dez amostras de material mobilizado à superfície, com auxílio de uma prancheta lisa de alumínio e pincel, então, transferidas cuidadosamente para sacos plásticos. Após o material ser seco ao ar, se deu os seguintes procedimentos: a) Peneiramento seco, utilizando conjunto de peneiras granulométricas obedecendo as classes: 4,00 mm, 2,00 mm, 1,00 mm, 0,5 mm, 0,250 mm, 0,125 mm e <0,125 mm. Agitados em agitador eletromecânico a uma frequência de ~10hz, por 60 segundos para fracionar os agregados de diferentes tamanhos, sendo então estimado seu peso para determinar o Diâmetro Médio de Agregados, seguindo a equação $DMA = \sum xi yi$, em que xi corresponde Diâmetro médio da classe de agregados (mm); yi Proporção de agregado retido em cada classe em relação à amostra total.



Posteriormente, uma quantidade pré-definida (5g) foi separada. Os microagregados (<0,250 mm) foram agitados em Becker de vidro com 100 ml de água deionizada por 3h e 10 min. Utilizou-se de uma fração de 10 ml de cada amostra agitada para determinação da dispersão/estabilidade dos agregados (Watts et al., 1996; Watts e Dexter, 1997; Dexter e Czyz, 2000). O índice de dispersão, medido em NTU (Nephelometric Turbidity Unit) foi dado pela leitura de turbidímetro, ao todo foram mensuradas dez amostras em triplicatas ($10 \times 3 = 30$).

Metodologia proposta para o Mestrado:

Imagem 1 - Esquema da metodologia a ser utilizada



Fonte: Os autores.

Será feito primeiramente o levantamento de dados para o reconhecimento de formigueiros em diferentes áreas naturais e antrópicas no município de Guarapuava - PR. Com o levantamento, cada ninho será marcado e identificado com estacas de madeira, registrado a localização via GPS, registrado as medidas do ninho e também o tipo de espaço que está o formigueiro. Com isto, será analisado o tipo de solo e seu uso onde está localizado estes montículos assim como a vegetação presente. Somente será coletado os formigueiros do mesmo tipo de solo na localidade. A coleta será feita em período sem atividade pluviométrica. O solo e os formigueiros serão coletados em sacos plásticos e devidamente identificados com o local de coleta para análise química e da erodibilidade e estabilidade de microagregados. A coleta será utilizando uma prancheta de 60cm x 60cm, afim de comportar ninhos maiores do que foi encontrado no trabalho de IC. Será coletado o solo de cada área nas profundidades 0,5cm, 5-20 cm, 20-



50 cm e 50-100 cm. Todo material coletado será pesado e parte separado para análise química.

As análises químicas serão de rotina, sendo pH (CaCl₂), acidez potencial (H + Al), cátions trocáveis (Al⁺³, Ca⁺², Mg⁺² e K⁺), fósforo (P), soma de bases, matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, saturação por bases (V%) e por alumínio trocável (m%).

Para determinar a erodibilidade e estabilidade de microagregados, o solo coletado será seco ao ar e então será depositado em Becker de 1000ml para determinação de seu peso e volume (g cm³), então será feito o peneiramento a seco em agitador de peneiras eletromagnético, para obtenção da distribuição granulométrica. Serão utilizadas peneiras granulométricas com malhas de 4mm, 2mm, 1mm, 0,5mm, 0,250mm e 0,125mm para determinação do Diâmetro Médio de Agregado, obedecendo a equação $\%Ac = Ar / \sum amostra \times 100$ (%Ac: agregados por classe; Ar: Agregados retidos em cada classe (g); $\sum amostra$: total da amostra coletada (g)). Os microagregados (<0,250 mm) serão separados por peneiramento seco. Será utilizado um turbidímetro para medir a dispersão/estabilidade dos agregados (Watts et al., 1996; Watts e Dexter, 1997; Dexter e Czyz, 2000). Uma quantidade pré-definida de microagregados será colocada em Becker (100 ml) com água deionizada, onde, em seguida, o material será agitado por 30 min em mesa agitadora. Posteriormente, uma alíquota do material suspenso será retirada do centro do Becker e transferida para o turbidímetro para determinação do índice de dispersão em NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

Para classificar as formigas, os espécimes coletados serão comparados e catalogados utilizando-se como referência Bolton (*et al.*, 2006). Também poderá ser consultado o Museu de Zoologia da USP (MZUSP), que tem o maior acervo zoológico da América Latina e o disponibiliza a pesquisadores. Os espécimes coletados serão colocados em frascos com álcool 70% e identificados conforme o local e ninho, a fim de preservá-los para a catalogação.

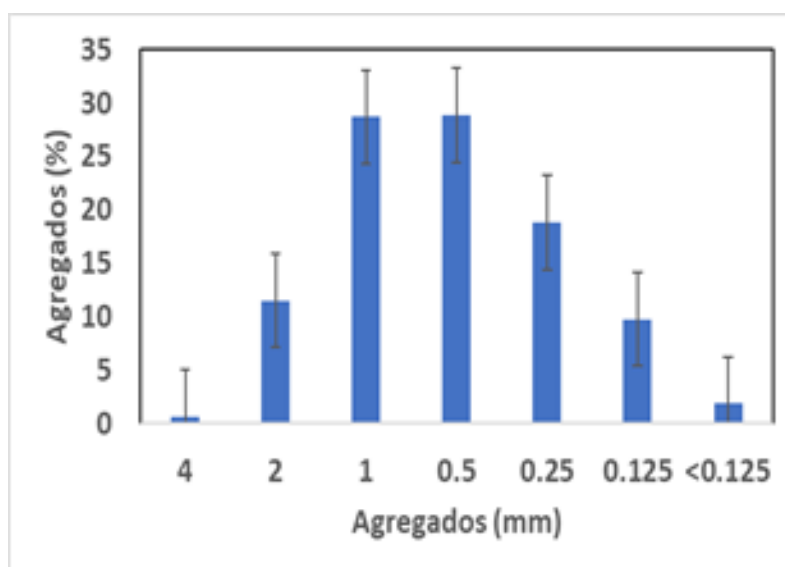
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados resultantes do trabalho de IC foram analisados por meio de estatísticas descritiva e representados em gráficos de barras. Os agregados mensurados apresentaram, maior quantidade nas classes de mesoagregados com dimensões entre 1,0



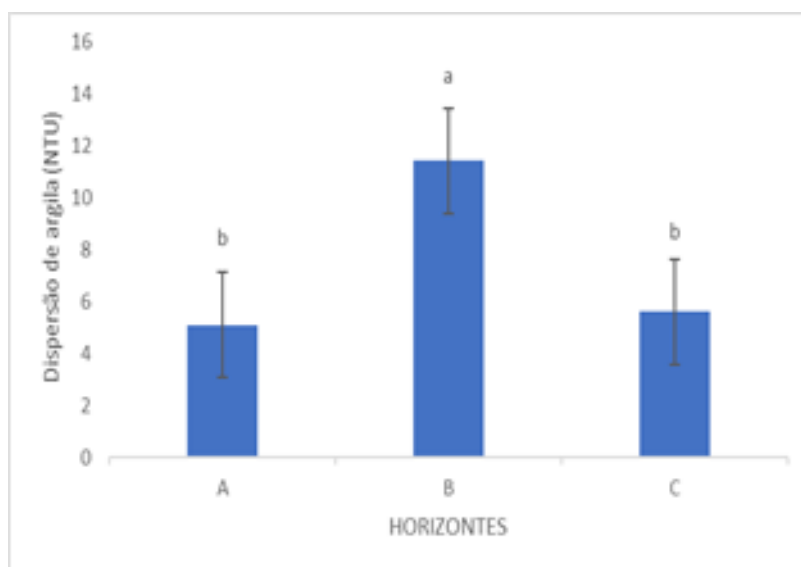
mm e 0,5 mm (57,5%) (Tabela 2). Os índices de dispersão de argila, mensurados pela leitura direta de turbidímetro, foram maiores do que o observados em estudo anterior. A comparação aqui pertinente, se dá com os resultados da pesquisa realizada em 2018-2019 (PROIC). Naquela pesquisa utilizou-se a mesma metodologia de análise de perfil de Latossolo Bruno em três horizontes distintos, do Campus CEDETEG. Os índices do estudo anterior apontam que o horizonte B é o que apresentou maior dispersão de argila em água 11,43 NTU. Contudo, o material transportado por formigas apresentou dispersão 17 vezes maior. Os microagregados (<0,250 mm) após agitados em água deionizada, apresentam média de $200,57 \pm 102,77$ NTU. Ressalta-se que o desvio padrão foi muito alto, apesar do número de réplicas ($n = 30$).

Tabela 2 - Distribuição granulométrica de agregados provenientes de montículos de formiga



Fonte: Os autores.

Tabela 3 - Dispersão de argila em horizontes de Latossolo Bruno



Fonte: Os autores.

O diâmetro médio ponderado (DMP), resultado do peneiramento seco em agitador eletromecânico, apresentou os seguintes dados, média de $1,08 \pm 0,51$ mm. Duas amostras apresentaram DMP acima de 1,5 mm. Excluindo-se duas amostras com DMP superiores a 1,5 mm, a média do DMP diminuiu para $0,80 \pm 0,23$ mm.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O solo mobilizado pelas formigas, apresentam-se como estruturas pouco estáveis, com distribuição granulométrica predominante de mesoagregados. Além disso, os microagregados ($<0,250$ mm) registraram índice de argila mecanicamente dispersa alto em comparação a solo sem atividade de formigas. Este estudo não buscou informações acerca de características químicas, tais como capacidade troca catiônica, pH ou matéria orgânica, isto será feito no trabalho de mestrado conforme já apresentado. Informações adicionais sobre comportamento, ambientes frequentes e possível sazonalidade, podem ser novas lacunas de investigação.

As pesquisas de Whitford e Eldridge (2013) demonstram uma grande preocupação devido à falta de estudos destes elementos. Nesta questão, Thomaz (2013, p. 76) reforça a ideia de que “é pertinente tratar as atividades dos animais e seus efeitos na erosão do solo, uma vez que o tema praticamente inexistente nos livros sobre erosão do



solo, especialmente, em se tratando de animais não manejados para a prática comercial em grande escala”. Ao analisar o processo de erosão causada por formigas, possibilitará compreender como o solo vai se modificando e deslocando de forma naturalmente no sistema, além disto, analisar também como a influência humana pode aumentar ou diminuir os processos naturais de erosão destes organismos, contribuindo não somente para a geografia, mas para estudos ambientais e biológicos.

REFERÊNCIAS

ANTONELI, Valdemir; THOMAZ, Edivaldo Lopes; BEDNARZ, João Anésio. Produção de sedimento em caminhos de animais em Sistema de Faxinal na região Centro-Sul do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 3, 2013.

BOLTON, Barry; *et al.* **Bolton's Catalogue of Ants of the World**. Cambridge: Harvard, 2006.

CALIXTO, J. **Lista preliminar das espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) do estado do Paraná, Brasil**. Monografia. UFPR, Curitiba-PR, 2013.

CERDÀ, Artemi; DOERR, Stefan H. The effect of ant mounds on overland flow and soil erodibility following a wildfire in eastern Spain. **Ecohydrology**, v. 3, n. 4, p. 392-401, 2010.

HÖLLDOBLER, Bert; Wilson E. O. **The ants**. Harvard University Press, 1990.

HOWARD, John Anthony et al. **Phytogeomorphology**. John Wiley & Sons, 1985.

JOUQUET, Pascal et al. Influence of soil type on the properties of termite mound nests in Southern India. **Applied Soil Ecology**, v. 96, p. 282-287, 2015.

KNOX, James C. Valley alluviation in southwestern Wisconsin. **Annals of the association of American geographers**, v. 62, n. 3, p. 401-410, 1972.

KRUMBEIN, Wolfgang E. Geophysiology of cyanobacterial biofilms and the “dyssymmetry” principle. **Marine Cyanobacteria**, v. 19, p. 175, 1999.

LAVELLE, Patrick et al. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of soil biology**, v. 33, n. 4, p. 159-193, 1997.

Museu de Zoologia da USP (MZUSP). Disponível em <<http://mz.usp.br/pt/pesquisa/colecoes-cientificas-orientacoes-e-procedimentos/>>. Acessado dia 25/01/2021.



NAYLOR, L. A.; VILES, H. A.; CARTER, N. E. A. Biogeomorphology revisited: looking towards the future. **Geomorphology**, v. 47, n. 1, p. 3-14, 2002.

NICKELE, Mariane Aparecida; PIE, Marcio Roberto; REIS FILHO, Wilson. **Emigration of a colony of the leaf-cutting ant *Acromyrmex heyeri* Forel (Hymenoptera, Formicidae)**. Revista Brasileira de Entomologia, v. 56, n. 3, p. 385-386, 2012.

TELLES, Tiago Santos; GUIMARÃES, Maria de Fátima; DECHEN, Sonia Carmela Falci. **The costs of soil erosion**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, n. 2, p. 287-298, 2011.

THOMAZ, Edivaldo L. **EROSÃO DO SOLO: teorias, métodos e perspectivas**. Curitiba: Editora CRV, 2019.

THOMAZ, Edivaldo Lopes; DIAS, Wolliver Anderson. Bioerosão-evolução do rebanho bovino brasileiro e implicações nos processos geomorfológicos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 2, 2009.

WATTS, C.; DEXTER, A. The influence of organic matter in reducing the destabilization of soil by simulated tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 42, n. 4, p. 253-275, 1997. ISSN 0167-1987.

WATTS, C. et al. An assessment of the vulnerability of soil structure to destabilization during tillage. Part I. A laboratory test. **Soil and Tillage Research**, v. 37, n. 2-3, p. 161-174, 1996. ISSN 0167-1987.

WHITFORD, Walter G.; ELDRIDGE, David J. **Effects of ants and termites on soil and geomorphological processes**. Treatise on Geomorphology, v. 12, 2013.