

**MARIA EUNICE PAULA DE SOUZA**

**OLIGOCHAETAS EM SOLOS SOB SISTEMAS DE MANEJOS A PLENO SOL E  
AGROFLORESTAL E VERMICOMPOSTAGEM ASSOCIADA COM PÓS DE  
ROCHAS**

**Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Programa de Pós-Graduação  
em Solos e Nutrição de Plantas para  
obtenção do título de *Magister Scientiae*.**

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL**

**2010**

MARIA EUNICE PAULA DE SOUZA

OLIGOCHAETAS EM SOLOS SOB SISTEMAS DE MANEJOS A PLENO SOL E  
AGROFLORESTAL E VERMICOMPOSTAGEM ASSOCIADA COM PÓS DE  
ROCHAS

Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das exigências  
do Programa de Pós-Graduação em Solos e  
Nutrição de Plantas para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de julho de 2010

---

Prof. Ivo Jucksch  
(Co-orientador)

---

Prof. Eduardo de Sá Mendonça  
(Co-orientador)

---

Dr. Arnoldus Rudolf Maria Janssen

---

Prof.<sup>a</sup> Ana Cláudia Rodrigues de Lima

---

Prof.<sup>a</sup> Irene Maria Cardoso  
(Orientadora)

Dedico,

Aos meus pais, M<sup>a</sup> Paula e Otaviano (*in memoriam*),  
por suas histórias de sucesso na educação dos filhos,  
diante de todas as adversidades.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por tornar tudo possível.

À Nossa Senhora de Aparecida, minha rainha e protetora de todas as horas.

À minha família, pelo apoio incondicional que me deram em especial à minha mãe pela paciência e carinho. À minha irmã Mazé, que sempre foi um exemplo de dedicação aos estudos e a pesquisa ao qual eu procuro seguir.

À Professora Irene, que orientou deste trabalho, pelo estímulo, críticas e sugestões relevantes feitas durante a orientação, pelo incansável apoio moral e, sobretudo pela amizade e confiança demonstradas.

Ao Professor Ivo Jucksch, que co-orientou este trabalho, pela atenção e dedicação desde o início do curso de graduação, por ser meu socorro de todas as horas e pela amizade de todos esses anos.

Aos meus conselheiros, Eduardo e George pelo apoio e valiosas contribuições para o trabalho.

Aos professores, Raphael, Arne, Anôr e Ana Cláudia pelo conhecimento transmitido e colaboração para desenvolvimento desse projeto e pelo apoio recebido.

Ao Professor André Mundstock, pela contribuição e apoio em todas as fases desse trabalho, pelos momentos de aprendizagem constante e amizade.

Aos agricultores e suas famílias: Romualdo, Samuel e Carlos que permitiram que parte da pesquisa fosse desenvolvida nas suas propriedades. E também ao Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM) e às organizações locais dos agricultores de Araçuaia pela oportunidade que me deram de trabalhar nessa linha de pesquisa.

Ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa e profissionais envolvidos no curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, em especial a Luciana pelo companheirismo e disposição para auxiliar e dar apoio em todos os momentos. À Coordenação de Aperfeiçoamento aos Profissionais do Ensino Superior (CAPES), pela bolsa concedida. Ao CNPq pelo apoio financeiro a parte dos estudos.

Ao Prof. Dr. Jonathan D. Majer que mesmo distante sempre supervisionou meus estudos.

A todos meus sobrinhos e sobrinhos-netos em especial a Carla Marina, nossa doutora do ABC, pela força e carinho dedicado a mim. E também a minha cunhada Valéria Fiorillo da Rocha pela colaboração nas correções dos meus trabalhos.

Ao meu anjo-da-guarda, Dany que me ajudou nos trabalhos de campo e de laboratório, pela amizade ao longo deste trabalho. À Edivania, à Joedna, ao Rodrigo e à Laís, pelo apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos laboratoristas, do Laboratório de Matéria Orgânica dos Solos, em especial ao Lula e Braz, onde passei grande parte do meu tempo durante os trabalhos.

Ao meu esposo, Rogério, pelo carinho, compreensão nesses momentos que foram tão turbulentos.

Aos meus amigos da casa do cupim, Glauxinha, Cara Carol, Carlos, Rodolfo, Wagner, e a agregada CamilaRá pelo incentivo para entrar no mestrado.

Á Raquel pela ajuda valiosa nas coletas de campo.

A todos participantes do Curso de Taxonomia de minhocas, pela troca de conhecimento e experiências.

Á D. Ursula e Norma Jucksch, pelo carinho e atenção ao me receber em sua residência, para o Curso de Taxonomia de minhocas. Também aos estagiários, Marcela e Tiago, por toda a disponibilidade na montagem e acompanhamento do experimento em casa de vegetação.

Ao Professor João Carlos Galvão pelo fornecimento das sementes de milho. Á Professora Eveline Montovani e ao Laboratório de Sementes/UFV, onde realizei os as análises das sementes do milho.

Aos Companheiros (as) da Pós-graduação, pelo convívio agradável e solidário, por tudo que passamos juntos que jamais esquecerei.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Maria Eunice Paula de Souza, filha de Maria Paula de Souza e Otaviano Carvalho de Souza, nasceu em Visconde do Rio Branco- MG, e morou a maior parte da sua vida em Viçosa – MG, onde ainda mora. Em 1995, ingressou no curso de química da Universidade Federal de Juiz de Fora, porém, em virtudes de problemas de saúde na família, não conclui o curso e retornou a Viçosa, onde posteriormente ingressou no curso de agronomia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), graduando-se no ano 2004. Nesse mesmo ano, foi trabalhar no norte do estado do Tocantins prestando assessoria social e ambiental aos assentados da reforma agrária do estado. Com a necessidade de aprofundar seus conhecimentos, retornou a Viçosa ao final de 2006. No início de 2007, cursou especialização em Recursos Naturais na Curtin University of Technology, em Perth - WA, Austrália, por 10 meses retornando à Viçosa ao final de 2007. Em agosto de 2008 ingressou no programa de pós-graduação do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas (UFV) concluindo-o em julho de 2010.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS E FIGURAS – CAPÍTULO I</b>	vii
<b>LISTA DE TABELAS E FIGURAS – CAPÍTULO II</b>	vii
<b>RESUMO</b>	x
<b>ABSTRACT</b>	xii
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b>	1
1.1. PRINCIPAIS QUESTÕES E OBJETIVOS GERAIS	7
1.2. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	7
<b>2. CAPÍTULO I - ABUNDÂNCIA DE OLIGOCHAETAS EDÁFICOS EM CAFEZAIS SOB VÁRIOS TIPOS DE MANEJO</b>	8
<b>RESUMO</b>	8
<b>ABSTRACT</b>	10
<b>2.1. INTRODUÇÃO</b>	12
<b>2.2. MATERIAL E MÉTODOS.</b>	14
2.2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	14
2.2.2. COLETA DAS AMOSTRAS	15
2.2.3. IDENTIFICAÇÃO DOS OLIGOCHAETAS	19
2.2.4. DETERMINAÇÃO DA ABUNDÂNCIA E DA DIVERSIDADE	19
2.2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	19
<b>2.3. RESULTADOS</b>	20
<b>2.4. DISCUSSÃO</b>	22
<b>2.5. CONCLUSÃO</b>	25
<b>3. CAPÍTULO II - VERMICOMPOSTAGEM ASSOCIADA AOS PÓS DE ROCHAS GNAISSE E ESTEATITO NO CRESCIMENTO DE PLANTAS</b>	26
<b>RESUMO</b>	26
<b>ABSTRACT</b>	28

<b>3.1. INTRODUÇÃO.</b>	29
<b>3.2. MATERIAL E MÉTODOS.</b>	30
3.2.1. PÓS DE ROCHAS	30
3.2.2. CRESCIMENTO DAS MINHOCAS EM SUBSTRATOS ENRIQUECIDOS – ENSAIO EM POTES	31
3.2.3. CRESCIMENTO DAS PLANTAS - ENSAIO AGRONÔMICO	32
3.2.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	33
<b>3.3. RESULTADOS</b>	34
<b>3.4. DISCUSSÃO</b>	37
<b>3.5. CONCLUSÃO</b>	40
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	42
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	43



## LISTA DE TABELAS E FIGURAS – CAPITULO I

- Tabela 1:** Análise granulométrica das amostras de solo dos sistemas de cultivo a pleno sol agroecológico, a pleno sol convencional e agroflorestal de café, dois fragmentos de mata. Araponga - MG, 2009 16
- Tabela 2:** Análise química do solo dos sistemas de cultivo a pleno sol agroecológico, a pleno sol convencional e agroflorestal de café, dois fragmentos de mata. Araponga - MG, 2008. (o se tem que ficar na mesma linha, se for o caso faça tabela paisagem). 17
- Figura 1:** Sistemas estudados: A, Fragmento; B, pleno sol agroecológico e C, Sistema agroflorestal – Romualdo; D, Fragmento; E, sistema agroflorestal e F, pleno sol agroecológico do Samuel. 18
- Tabela 3:** Número de indivíduos de oligochaetas por metro quadrado nas diferentes profundidades. SER = serapilheira. Médias seguidas de letras distintas minúsculas, no gráfico, diferem entre si pelo modelo linear de efeitos mistos ( $p < 0,05$ ). 20
- Figura 2.** Interação profundidade e época, onde a linha preta e cinza corresponde ao número de indivíduos por metro quadrado no ano de 2009 e 2010, respectivamente e SER significa serapilheira. 21
- Figura 3:** Oligochaetas edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafezal.  $FM_{ROM}$  = Fragmento Romualdo;  $FM_{SAM}$  = Fragmento Samuel; SAF Sistema agroflorestal; PSA= Pleno sol agroecológico; PSC = Pleno sol convencional. Médias seguidas de letras distintas minúsculas diferem entre si ( $p < 0,05$ ). Azul = média de ind/m<sup>2</sup> e laranja = SE 21
- Tabela 4:** Riqueza, Índice de Shannon e gêneros/espécies encontrados nos sistemas de manejos estudados – Araponga – MG (2009/2010) 22

## LISTA DE TABELAS E FIGURAS – CAPITULO II

- Tabela 1.** Caracterização química das rochas moídas utilizadas nos experimentos. 31
- Tabela 2.** Caracterização química do Latossolo Vermelho Amarelo utilizado. 33
- Figura. 1.** Massas fresca e seca média e número médio de minhocas ao final do 34

processo de vermicompostagem, enriquecidos ( $VcS_5$ ,  $VcS_{20}$ ,  $VcG_5$ ,  $VcG_{20}$ ) ou não ( $Vc$ ) com os pós de gnaiss e esteatito à 5 e 20 %.

**Figura 2.** Comprimento médio das folhas de milho (cm) em função dos dias após a semeadura no ensaio agronômico 35

**Figura 3.** Massa seca total (parte aérea + raízes) das plantas de milho aos 73 dias após a semeadura no ensaio agronômico. 36

## RESUMO

SOUZA, Maria Eunice Paula de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2010. **Oligochaetas edáficos em solos sob sistema de manejo a pleno sol e agroflorestal e vermicompostagem associada com pós de rochas.** Orientadora: Irene Maria Cardoso. Co-orientadores: Eduardo de Sá Mendonça, George Gardner Brown e Ivo Jucksch.

Os Oligochaetas edáficos atuam em vários processos fundamentais para a manutenção da fertilidade e qualidade dos solos de agroecossistemas. As práticas agrícolas, condições climáticas e as características do solo afetam a população de oligochaetas edáficas. Atualmente, frente aos problemas como o decréscimo de qualidade do solo, da água e das plantas e o alto custo dos insumos agrícolas faz-se necessário buscar alternativas de uso sustentável das terras, como podem ser os sistemas agroecológicos, dentre eles os sistemas agroflorestais. Os sistemas agroflorestais, com aporte contínuo de matéria orgânica e qualidade e manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo, propiciam maior biomassa das oligochaetas e atuam positivamente no equilíbrio populacional das mesmas, durante as estações do ano. Este trabalho teve como objetivo avaliar as alterações nas populações de Oligochaetas edáficos em função do manejo do café (*Coffea arabica*), no município de Araponga – MG. O estudo foi realizado em áreas de plantio de café consorciado em sistema agroflorestal (SAF<sub>ROM</sub> e SAF<sub>SAM</sub>); café a pleno sol agroecológico (PSA<sub>ROM</sub> e PSA<sub>SAM</sub>); café a pleno sol convencional (PSC<sub>CAR1</sub>) e (PSC<sub>CAR2</sub>); e dois fragmentos de mata (FRA<sub>ROM</sub> e FRA<sub>SAM</sub>) que foram utilizados como referências. PSAs diferem SAFs basicamente por não possuírem árvores consorciadas com o café. As coletas de oligochaetas foram realizadas, em quatro tratamentos, três profundidades (0 – 0,1m; 0,1 – 0,2m e 0,2 – 0,3m), duas épocas (fevereiro de 2009/ janeiro de 2010) e cinco repetições equidistantes em 10m, ao longo de uma linha de café, na mesma área. No laboratório, identificou-se os Oligochaetas no laboratório ao nível de gêneros e espécies. Para cada tratamento foi estimada a abundância das diferentes espécies de oligochaetas encontradas, riqueza e Índice de Shannon. A análise estatística foi feita utilizando Modelo Linear dos Efeitos Mistos (Programa R). Não houve efeito de época e houve diferença em profundidade. A profundidade de 0-10 cm apresentando a maior abundância, em média 52,3 ind/m<sup>2</sup>, seguida da profundidade de 10-20 cm apresentando, média de 25,9 ind/m<sup>2</sup>. Houve interação significativa entre profundidade e época. FRA<sub>ROM</sub> apresentou o maior número

de Oligochaetas (média de 224 ind/m<sup>2</sup>), não havendo diferenças ( $p < 0,05$ ) entre e FRA<sub>SAM</sub>, SAF<sub>SAM</sub> e PSA<sub>SAM</sub> (55,8 ind m<sup>2</sup>) e entre SAF<sub>ROM</sub> PSA<sub>ROM</sub> (36,9 ind m<sup>2</sup>). Em PSC<sub>CAR</sub> praticamente não se encontrou oligochaetas e por isto não foi incluídos na análise estatística. Nos agroecossistemas avaliados ocorreu predomínio da espécie *Pontoscolex corethrurus*. A capacidade de solubilização de minerais durante o processo de vermicompostagem foi avaliada utilizando dois tipos de pó de rocha (gnaisse e esteatito) em 2 doses cada, com 5 repetições. A produção de vermicomposto com pó de rocha e sem pó de rocha foi realizada em potes plásticos cilíndricos (2 dm<sup>3</sup>), utilizando esterco de gado. O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC), sendo o esterco enriquecido com pós de duas rochas diferentes (gnaisse = G e esteatito = E), três doses cada (0, 5 e 20 % m/m) e cinco repetições. Realizou-se um ensaio agrônômico com a cultura do milho cultivada por 73 dias em Latossolo Vermelho Amarelo, fertilizado com os vermicompostos descritos e com apenas pó de gnaisse ou esteatito, totalizando oito tratamentos, sendo um controle (C, sem pós de rochas e sem vermicompostos), Vc (sem pós de rochas), VcG<sub>5</sub>, VcG<sub>20</sub>, VcE<sub>5</sub>, VcE<sub>20</sub>, G e E. O delineamento foi inteiramente casualizado com 4 repetições. Semanalmente a parte aérea do milho foi medida para avaliar crescimento. As plantas cresceram mais quando o solo foi fertilizado com esterco enriquecido com pó de rocha durante o processo de vermicompostagem. Os oligochaetas além de poder serem utilizados como indicadora de recuperação do solo, podem contribuir para o processo de recuperação, melhorando a disponibilidade de nutrientes presentes em resíduos que podem ser utilizados na agricultura.

## ABSTRACT

SOUZA, Maria Eunice Paula de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2010. **Edaphic oligochaetes in soils sun- and agroforestry-coffee management and vermicomposting associated with powdered rock.** Advisor: Irene Maria Cardoso. Co-advisors: Eduardo de Sá Mendonça, George Gardner Brown and Ivo Jucksch.

Edaphic Oligochaetes acts in various fundamental processes, including maintaining soil fertility and soil quality in agroecosystems. However, agricultural practices, climatic conditions and soil characteristics affect populations of soil oligochaetes. Currently, as a result of problems with soil quality, water availability and plants, plus the high cost of agricultural inputs, it is necessary to find alternatives for sustainable use of land in agroforestry systems. Agroforestry systems with continuous input of organic matter and maintenance of crop residues on the soil surface provide biomass for oligochaetes, which acts positively on their population balance throughout the seasons. This study aimed to assess changes in populations of edaphic oligochaetes due to differences in the management of coffee (*Coffea arabica*) in the municipality of Araponga - MG. The study was conducted in agroforestry systems (SAF<sub>ROM</sub> e SAF<sub>SAM</sub>), where coffee is intercropped with trees, in agroecological full sun coffee systems (PSA<sub>ROM</sub> and PSA<sub>SAM</sub>); conventional full sun coffee systems (PSA<sub>CAR1</sub>; PSA<sub>CAR2</sub>) and two forest fragments (FRA<sub>ROM</sub> e FRA<sub>SAM</sub>), used as references. PSA differs from SAF by not having trees intercropped with coffee. The collections of oligochaetes were performed in four treatments, at three depths (0 - 0.1 m, 0.1 - 0.2 m and 0.2 to 0.3 m), two times (February 2009 / January, 2010), and in five replicates 10 m equidistant from each in each area. Identification in the laboratory was at the level of genera and species. For each treatment, abundance of different species of oligochaetes found was estimated, and richness and Shannon's index was calculated. Statistical analysis was performed using Linear Mixed Effects models. There was not time effect and there was difference in depth. There was no effect of time but there was with depth, with the 0-10 cm depth having higher average abundances (52,3 ind/m<sup>2</sup>), followed by 10-20 cm depth (25,9 ind/m<sup>2</sup>). There was a significant interaction between depth and time. FRA<sub>ROM</sub> had the largest number of oligochaetes (average of 224 ind/m<sup>2</sup>), but there were no differences between FRA<sub>SAM</sub>, SAF<sub>SAM</sub> and PSA<sub>SAM</sub> (55,8 ind/m<sup>2</sup>) or between SAF<sub>ROM</sub> and PSA<sub>ROM</sub> (36,9 ind/m<sup>2</sup>). Practically no Oligochaeta were sampled in PSC<sub>CAR</sub> in, so this was not included in the statistical analysis. *Pontoscolex corethrurus* predominated in agroecosystems.

The capacity for release of minerals during the vermicomposting process was evaluated using two types of rock (gneiss and steatite). The production of vermicompost, using cattle manure, enriched with rock powder and without rock powder was performed in cylindrical plastic pots (2 dm<sup>3</sup>). The completely randomized design (DIC) used five replicates, of two different rock types (gneiss and steatite = G = E), at three doses (0, 5 and 20%). An agronomic test was performed growing corn for 73 days in Oxisol, fertilized with vermicompost produced as previously described and only with rock powder (G or E). In total, we had eight treatments, controle (C, without rock powder and vermicompost), Vc (only vermicompost, without rock powder), VcG<sub>5</sub>, VcG<sub>20</sub>, VcE<sub>5</sub>, VcE<sub>20</sub>, G and E. The completely randomized design had four replicates. Weekly, maize leaves were measured to assess growth. The plants performed better when the soil was fertilized with manure enriched with rock powder during the vermicomposting process. Oligochaetes can therefore be used as an indicator of soil recovery and may contribute to the recovery process, improving the availability of nutrients present in waste that can be used in agriculture.

## INTRODUÇÃO GERAL

A cobertura do solo na região da Zona da Mata passou por ciclos que iniciaram com o desmatamento da Mata Atlântica para dar lugar ao plantio de café (*Coffea arabica*) e posteriormente às pastagens. Isto quebrou a ciclagem de nutrientes do ecossistema florestal e levou rapidamente a degradação dos solos, principalmente devido a erosão e exportação de nutrientes pelas culturas (Cardoso et al., 2001). Na década de 60 e 70 o incentivo governamental para a adoção, pelos agricultores, de tecnologias da Revolução Verde contribuiu significativamente para a degradação ambiental tais como a perda de biodiversidade, a poluição por agrotóxicos, a perda de qualidade dos solos e das águas e o enfraquecimento da agricultura familiar como empreendimento econômico (dívidas, dependência de um único produto para comercialização, perda da diversidade alimentar, competição desigual com a agricultura comercial). Como consequência, a maioria dos agroecossistemas da região possui baixa produtividade devido à história de crescente uso das terras com práticas nem sempre adequadas à conservação do ambiente (Ferrari, 1996). Apesar disso, a agricultura familiar manteve sua importância na região, principalmente para a produção de alimentos (Gomes, 1986; Ferrari, 1996). Objetivando levantar as potencialidades e as dificuldades enfrentadas da agricultura familiar da região, o Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Araponga, em parceria com o Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM) e com a Universidade Federal de Viçosa (UFV) realizaram, em 1993, um Diagnóstico Rural Participativo (DRP). Diagnosticou-se a perda de qualidade do solo como sendo um dos principais problemas da agricultura na região. Para melhorar a qualidade do solo, iniciou-se um processo de experimentação participativa com sistemas agroflorestais, principalmente, com a cultura do café (Cardoso et al., 2001) como uma proposta alternativa de manejo e conservação dos solos da região.

O mérito dos sistemas agroflorestais em reduzir a degradação das terras é amplamente aceito. Os sistemas agroflorestais têm sido propostos como a melhor opção para alcançar tanto a conservação da biodiversidade, como a melhoria da qualidade de vida dos agricultores dos trópicos (Bhagwat et al. 2008; Rice 2008; Vandermeer & Perfecto 2007). Isto é especialmente importante na Mata Atlântica, um dos biomas mais diversos, porém mais ameaçados e fragmentados dos trópicos (Myers et al. 2000).

Entre os anos de 2003 e 2005, as experiências com sistemas agroflorestais na região foram sistematizadas de forma participativa, quando então os agricultores e pesquisadores apontaram as espécies arbóreas *Senna macranthera* (fedegoso), *Inga subnuda* (ingá), *Persea americana* (abacateiro), *Musa* sp. (bananeira), *Aegiphila sellowiana* (papagaio) e *Erythrina verna* (mulungu), entre outras, como compatíveis com o café (Souza, 2006). Um dos principais resultados com os SAFs, apontados pelos agricultores experimentadores, foi a melhoria da qualidade do solo, como por exemplo, um aumento significativo nos teores de matéria orgânica do solo, comparado ao sistema de cultivo convencional em área semelhante e adjacente (Aguilar, 2007).. Entretanto, a sistematização também apontou a necessidade de realizar estudos mais aprofundados como, por exemplo, a ciclagem de nutrientes e os indicadores da qualidade do solo dos SAFs (Souza, 2006).

A diversidade e a abundância da fauna invertebrada do solo, assim como a presença de determinados grupos de organismos em um sistema, podem ser usadas como indicadores eficientes da qualidade dos solos (Paoletti (1999); Barros et al., 2003). A macrofauna (organismos maiores que 2 mm), composta de grupos muito diversos desse organismos, possui características que permitem, através da identificação de suas principais comunidades, conhecer sua função no solo. Uma vez que integram o conjunto das condições físicas e químicas do solo, assim como a biodisponibilidade de elementos químicos poluentes ao longo do tempo, estes grupos proporcionam uma avaliação confiável dos riscos ecológicos (Beylich, et al., 1995; Linden, et al., 1994; Lavelle & Spain, 2001). Como isso, a macrofauna considerada é um bom indicador, pois é muito sensível à modificação da cobertura vegetal do solo e possui capacidade de influenciar diretamente no funcionamento do solo (Lavelle et al., 1994; Lavelle et al., 2006).

Dentre os organismos, os oligochaetas edáficos, grupo preponderante da macrofauna, são considerados excelentes bioindicadores do tipo de uso e qualidade do solo (Paolletti et al., 1998) e, com menor ou maior sensibilidade, demonstram o estado da qualidade do solo ante as ações antrópicas (Turco & Blume, 1999). Eles atuam em vários processos fundamentais para a manutenção da fertilidade e qualidade dos solos de agroecossistemas e ecossistemas naturais. Os oligochaetas são capazes de melhorar a estrutura do solo; transportar, redistribuir, fragmentar e contribuir na decomposição e na estabilização da matéria orgânica do solo e; melhorar a atividade da comunidade microbiana através de uma alimentação seletiva oferecendo excrementos ricos em



nutrientes (Edwards et al., 1995; Brown et al., 1998; Römcke, et al., 2005; Aira et al., 2007).

Os oligochaetas edáficos são definidos como invertebrados terrestres que pertencem ao filo Annelida, e a Classe Oligochaetas, que compreendem as ordens Aecolosomatida, Lumbriculida e Haplotaxina, sendo a última, a ordem a qual pertence às minhocas e os enquitreídeos (Righi, 1997). A família Glossoscolecidae é das mais significativas dentre as famílias que abrangem as minhocas. Existem em torno de 20 famílias, 693 gêneros e um número estimado de 6.000 espécies, mas apenas 3.700 têm sido até hoje descritas (Edwards; Lofty, 1976; Fragoso et al., 1997).

Os Enchytraeidae, também conhecida como minhocas brancas, devido à sua cor pálida, são constituídos por 27 gêneros e cerca de 500 espécies, no entanto, novas espécies ainda estão sendo descritas cada ano (Chalupsky, 1991). Eles têm sido amplamente estudados em solos orgânicos, especialmente sistemas florestais, e são consideradas como bons indicadores de efeitos antropogênicos (Didden et al., 2001, Kapusta et al, 2003). Em ecossistemas terrestres sua abundância média anual situa-se entre 20.000 e 60.000 indivíduos m<sup>-2</sup>, mas está sujeito a fortes flutuações sazonais.. Como a pele enquitreídeos é permeável à água e não tem proteção especial contra a dessecação, eles preferem locais úmidos ou em solos secos em microhabitats de agregados. Enquitreídeos também estão expostos a mudanças osmóticas e mudanças no pH da água do solo. Há uma preferência global pelos enquitreídeos por condições ligeiramente ácidas às condições neutras, em que a diversidade de espécies é maior. No entanto, não parece existir uma forte correlação entre o pH e abundância de enquitreídeos (Didden, 1993).

Enquitreídeos afetam direta e indiretamente o processo de decomposição e mineralização de nutrientes, diretamente por consumir grandes quantidades de matéria orgânica (Setälä & Huhta, 1991; Cole et al, 2000) e indiretamente por melhoraram a estrutura dos agregados do solo. Além disso, pela sua atividade alimentar, que afetam a atividade e função da comunidade microbiana (van Vliet et al, 1993;. Cole et al, 2000;.. Rantalainen et al, 2004).

Neste trabalho, daqui para frente, utilizaremos o termo oligochaetas, para referirmos às minhocas e aos enquitreídeos. Os oligochaetas reduzem a compactação do solo e contribuem para um melhor arejamento do solo, em decorrência das várias galerias escavadas durante o deslocamento pelo solo (Righi, 1966). A atividade cavadora dos oligochaetas altera a porosidade e a macroporosidade do solo, favorece a

movimentação vertical e infiltração de água no solo (Blanchart et al., 1999; Römbke et al., 2005). Ao promover a fragmentação, redistribuição e decomposição da matéria orgânica, os oligochaetas contribuem para a ciclagem e liberação de nutrientes presentes nesse material (Kennette et al., 2002).

Embora seja bem estudada a dinâmica dos efeitos dos oligochaetas, em especial das minhocas, sobre a decomposição da matéria orgânica (Edwards, 1988 E 1995; Butt, 1993), estudos sobre a relação com as diferentes espécies destes organismos em diferentes tipos de agroecossistemas e a solubilização de minerais por esses organismos são escassos.

Se por um lado os oligochaetas influenciam a qualidade do solo, por outro lado a biomassa das minhocas edáficas é influenciada pelas práticas agrícolas, como revolvimento do solo, mecanização, utilização de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos, adição de matéria orgânica ao solo, entre outras, além de características climáticas e características intrínsecas do solo (Edwards, 1983). A crescente contaminação do solo, da água e das plantas em virtude da utilização de fertilizantes inorgânicos (Fornari, 2002) contribui para a diminuição das mesmas. A aplicação de adubos inorgânicos nitrogenados pode causar a acidificação do solo (Edwards & Bohlen, 1983) limitando a sobrevivência de minhocas, enquanto a aplicação de agrotóxicos pode ter efeitos diretos ou indiretos sobre as populações de minhocas no solo.

Os sistemas conservacionistas, como os sistemas agroflorestais, com aporte contínuo de matéria orgânica de qualidade e manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo, propiciam maior biomassa dos oligochaetas (Ortiz-Ceballos & Fragoso, 2004; Nuutinen, 1992; Brown et al., 2006).

Na Zona da Mata, embora os resultados com SAFs com café tenham mostrado melhoria da qualidade do solo e manutenção da produtividade, muitos agricultores ainda utilizam adubos químicos, embora em menores quantidades, quando comparados aos sistemas convencionais. Devido ao alto custo dos insumos agrícolas, seus impactos no ambiente e nos custos de produção, é necessário buscar fontes alternativas de nutrientes ou alternativas que melhorem a qualidade dos insumos utilizados, garantindo a sustentabilidade da agricultura. Dentre estas alternativas, encontram-se a vermicompostagem e a fertilização com pó de rochas.

O vermicomposto é o nome que se dá ao resultado da transformação de esterco e restos animais ou vegetais por minhocas e a microflora que vive em seu trato digestivo: um composto orgânico, vulgarmente chamado de “húmus” (Antoniolli et al.,

1995; Aquino, 1994). O esterco bovino ao passar pelo processo de vermicompostagem tem seu conteúdo de matéria orgânica humificada (ácidos fúlvicos, húmicos e humina) acrescido em até 30% (Giracca, 1997), enriquecendo assim o produto final.

As espécies de minhocas *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) e *Eisenia andrei* (Bouché, 1972), ambas conhecidas vulgarmente como “Vermelhas da Califórnia”, são as mais usadas para a vermicompostagem, devido a sua capacidade de se adaptar melhor ao cultivo em cativeiro, por serem muito tolerantes a variações de temperatura, podendo viver em resíduos orgânicos com diferentes graus de umidade e serem bastante resistentes ao manuseio (Edwards, 1998). Além disto, alimentam-se de resíduos orgânicos semi-crus, têm alta capacidade para proliferarem e apresentarem crescimento rápido (Aquino & Nogueira, 2001). No Brasil, a espécie mais comum e mais utilizada nesse processo é a *E. andrei*.

Ao se alimentar, as minhocas ingerem também minerais presentes no solo que ao passar pelo intestino das minhocas, saem mais ricos em nutrientes e mais assimiláveis pelas plantas (Motter et al., 1987).

Por sua vez, o uso de pó de rocha pode ser uma fonte de nutrientes a ser utilizada na agricultura. Experimentos em propriedades familiares de um assentamento rural em João Pinheiro - MG, com as culturas de milho, arroz, mandioca, cana-de-açúcar e hortigranjeiros mostraram que a rochagem apresentou significativas vantagens econômicas, ambientais e produtivas, quando comparada à adubação com fontes minerais altamente solúveis (Theodoro & Leonardos, 2006).

Entretanto no uso de pó de rocha, como alternativa ao uso de adubos químicos solúveis, deve-se priorizar o material encontrado na região e ou como subprodutos de processos industriais de rochas, barateando o material e facilitando o acesso para os agricultores. (Theodoro et al., 2006). Outra vantagem é que o pó de rochas, por ser pouco solúvel, pode ser utilizado na agricultura orgânica, que restringe o uso de adubos solúveis (MAPA, 2008).

Na Zona da Mata muitos agricultores familiares estão optando pelo cultivo de café orgânico. O café é uma planta exigente em potássio (Catani et al., 1965). Por um lado, há dificuldades em encontrar fontes não solúveis de potássio, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) autoriza a utilização de sulfato de potássio na agricultura orgânica. Por sua vez o Brasil importa 90% da matéria prima utilizada na produção de fertilizantes potássicos (Melamed et al., 2007; Loureiro & Nascimento, 2003). Por outro lado, os solos da Zona da Mata são ácidos e os

agricultores utilizam calcário para corrigir esta acidez e também como fonte de cálcio e magnésio.

Os pós de gnaiss e esteatito apresentam potencial de uso na agricultura na Zona da Mata, especialmente a agricultura familiar, predominante na região. Alguns agricultores agroecológicos da Zona da Mata mineira já vêm utilizando o pó de gnaiss em suas lavouras orgânicas (Irene M. Cardoso, informação pessoal).

O Gnaiss é a principal rocha encontrada na Zona da Mata. É uma rocha de origem metamórfica, possui uma diversa composição de minerais, com predominância de k-feldspato, quartzo, mica (biotita) e anfibólios (Bigarella et al., 1994). Os minerais que compõem o gnaiss são ricos em nutrientes como potássio. Portanto, o uso destas rochas pode contribuir para a disponibilização destes nutrientes, residindo aí, o potencial de uso das mesmas na Zona da Mata. As jazidas de esteatitos são encontradas em grande abundância na região do Quadrilátero Ferrífero localizado em Minas Gerais (Roeser et al., 1980). O esteatito é uma rocha metamórfica de origem básica/ultrabásica, de estrutura maciça e coloração verde-acinzentada, constituída principalmente do mineral talco ( $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) e traços de  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Roeser et al., 1980). O processo de elaboração das peças artesanais produzidas com o esteatito é realizado por desgaste da rocha in natura, gerando resíduos na forma de pó, que usualmente é descartado em mananciais e nas proximidades de rios, gerando outros problemas ambientais (Instituto Terra Brasilis, 1999).

Entretanto, os minerais presentes no pó de rochas são de baixa solubilização e para viabilizar seu uso na agricultura, é necessário buscar formas naturais que acelerem a solubilização destes minerais, o que talvez possa ser feito utilizando os organismos do solo, como as minhocas. Naturalmente os organismos do solo atuam nestes minerais solubilizando-os e disponibilizando os nutrientes para as plantas (Stevenson & Cole, 1999). Este é um processo lento e depende do manejo das culturas. Espera-se, portanto, que sistemas agrícolas, como os SAFs, que favorecem a presença dos organismos no solo, favorecem também a solubilização de minerais, por exemplo, presentes no pó de rochas. Entretanto estudos desta natureza, incluindo as oligochaetas, são escassos.

### ***1.1. Principais questões e objetivos gerais***

O estudo proposto irá procurar responder as seguintes questões:

- a) Diferentes tipos de manejo da cultura do café afetam a diversidade e densidade de oligochaetas edáficos?
- b) O processo da vermicompostagem com pó de rocha proporciona maior disponibilidade dos nutrientes nos minerais presentes nas rochas?

Os objetivos deste trabalho foram avaliar as populações de oligochaetas edáficos e sua variação em função do manejo e uso do solo no município de Araponga - MG, e avaliar a capacidade de disponibilização de nutrientes presentes nos minerais do gnaiss e do esteatito pela aplicação de pó de rochas no processo da vermicompostagem. Os resultados gerados a partir desse estudo serão também usados para inferir a respeito do estado de recuperação do solo das áreas de estudo.

### ***1.2. Estrutura da dissertação***

Esta dissertação está organizada em dois capítulos. O primeiro trata da diversidade de Oligochaetas edáficos em fragmentos florestais, cafezais em sistema agroflorestal e a pleno sol no município de Araponga, MG. O segundo capítulo trata do potencial da vermicompostagem na disponibilização de nutrientes presentes em minerais das rochas gnaiss e esteatito.

## 2. CAPITULO I.

# ABUNDÂNCIA DE OLIGOCHAETAS EDÁFICOS EM CAFEZAIS SOB VÁRIOS TIPOS DE MANEJO

### RESUMO

SOUZA, Maria Eunice Paula de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2010. **Abundância de oligochaetas edáficas em cafezais sob vários tipos de manejo.** Orientadora: Irene Maria Cardoso. Co-orientadores: Eduardo de Sá Mendonça, George Gardner Brown e Ivo Jucksch

Os Oligochaetas edáficos atuam em vários processos fundamentais para a manutenção da fertilidade e qualidade dos solos de agroecossistemas. As práticas agrícolas, condições climáticas e as características do solo afetam a população de oligochaetas edáficas. Atualmente, frente aos problemas de qualidade do solo, da água e das plantas e o alto custo dos insumos agrícolas faz-se necessário buscar alternativas de uso sustentável das terras, como podem ser os sistemas agroflorestais. Os sistemas agroflorestais, com aporte contínuo de matéria orgânica e qualidade e manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo, propiciam maior biomassa das oligochaetas e atuam positivamente no equilíbrio populacional das mesmas, durante as estações do ano. Este trabalho teve como objetivo avaliar as densidades e diversidade das populações de Oligochaetas edáficos em função do manejo do café (*Coffea arabica*). O estudo foi realizado em áreas de plantio de café consorciado em sistema agroflorestal, café a pleno sol agroecológico, café a pleno sol convencional, e dois fragmentos de mata. As coletas de oligochaetas foram realizadas em três profundidades (0 – 0,1m; 0,1 – 0,2m e 0,2 – 0,3m), dois anos (fevereiro de 2009/ janeiro de 2010) e cinco repetições equidistantes em 10m, ao longo de uma mesma área. A identificação no laboratório foi em nível de gêneros e espécies. Para cada tratamento foi estimada a abundância das diferentes espécies de oligochaetas encontradas, riqueza e Índice de Shannon. A análise estatística foi feita utilizando Modelo Linear dos Efeitos Mistos (utilizando o programa R). Não houve efeito de época e houve diferença em profundidade. A profundidade de 0-10 cm apresentando a maior abundância, em média 51,7 ind/m<sup>2</sup>, seguida da profundidade de 10-20 cm apresentando, média de 25,9 ind/m<sup>2</sup>. Houve interação

significativa entre profundidade e época. O fragmento de mato do agricultor Romualdo apresentou o maior número de Oligochaetas (média de 224 ind/m<sup>2</sup>). Não houve diferenças entre o fragmento de mata, sistema agroflorestal e o pleno sol agroecológico do agricultor Samuel (55,8 ind m<sup>2</sup>) e entre o sistema agroflorestal e pleno sol agroecológico do agricultor Romualdo (36,9 ind m<sup>2</sup>). Entretanto, no sistema agroflorestal do Romualdo encontrou-se apenas enquitreídeos. No sistema a pleno sol convencional, do agricultor Carlos, praticamente não se encontrou oligochaetas. Nos agroecossistemas avaliados ocorreu predomínio da espécie *Pontoscolex corethrurus*.

Palavras chaves: Agroecossistemas, manejo dos solos, café.

## ABSTRACT

SOUZA, Maria Eunice Paula de, M.Sc., Federal University of Viçosa, July 2010. **Abundance of edaphic oligochaetes in coffee plantations with several types of management.** Advisor: Irene Maria Cardoso. Co-advisors: Eduardo de Sá Mendonça, George Gardner Brown and Ivo Jucksch.

Edaphic Oligochaeta acting in various fundamental processes, including maintaining soil fertility and soil quality in agroecosystems. However, agricultural practices, climatic conditions and soil characteristics affect populations of soil oligochaetes. Currently, as a result of problems with soil quality, water availability and plants, plus the high cost of agricultural inputs, it is necessary to find alternatives for sustainable use of land in agroforestry systems. Agroforestry systems with continuous input of organic matter and maintenance of crop residues on the soil surface, provide biomass for oligochaetes, which acts positively on their population balance throughout the seasons. This study aimed to assess evaluates the densities and diversity in populations of edaphic oligochaetes due to differences in the management of coffee (*Coffea arabica*) in the municipality of Araponga - MG. The study was conducted in plantations of coffee in intercropped agroforestry (farmer Romualdo and Samuel) and agroecological coffee in full sun (farmer Romualdo and Samuel). The agroecological coffee in full sun differs from agroforestry by not having trees intercropped with coffee. Unshaded, more conventionally grown coffee (farmer Carlos) and two forest fragments (farmer Romualdo and Samuel) were used as references. The collections of oligochaetes were performed in four treatments, at three depths (0 - 0.1 m, 0.1 - 0.2 m and 0.2 to 0.3 m), two years (February 2009 / January, 2010), and in five replicates 10 m equidistant from each in each area. Identification in the laboratory was at the level of genera and species. For each treatment, abundance of different species of oligochaetes found was estimated, and richness and Shannon's index was calculated. Statistical analysis was performed using Linear Mixed Effects models. There was no effect of time but there was with depth, with the 0-10 cm depth having higher average abundances (51.7 ind/m<sup>2</sup>), followed by 10-20 cm depth (25.9 ind/m<sup>2</sup>). There was a significant interaction between depth and time. Forest fragments (farmer Romualdo) had the largest number of oligochaetes (average of 224 ind/m<sup>2</sup>), but there were no differences between forest fragments, agroforestry and agroecological full sun coffee systems, in Samuel's farm



(55,8 ind/m<sup>2</sup>) or between agroforestry and agroecological full sun coffee systems in Romualdo's farm (36,9 ind/m<sup>2</sup>). Practically no Oligochaeta were sampled in conventional full sun coffee. *Pontoscolex corethrurus* predominated in agroecosystems.

**Index terms:** Agroecosystems, management of soil, coffee.

## 2.1. INTRODUÇÃO

A fauna do solo está fortemente ligada aos processos de decomposição e à ciclagem de nutrientes na interação solo-planta e é muito sensível às alterações no manejo do solo (Lavelle, 1992), portanto, o seu monitoramento permite avaliar a qualidade do solo e o funcionamento dos sistemas de produção (Correia & Oliveira, 2000).

Os oligochaetas edáficos são definidos como invertebrados terrestres que pertencem ao filo Annelida, e a Classe Oligochaetas, que compreendem as ordens Aecolosomatida, Lumbriculida e Haplotaxina, sendo a última, a ordem a qual pertence às minhocas e os enquitreídeos (Righi, 1997). Os oligochaetas edáficos representam a maior parte da biomassa entre a macrofauna do solo tropical (Fragoso & Lavelle, 1992) A família Glossoscolecidae é das mais significativas dentre as famílias que abrangem as minhocas. Existem em torno de 20 famílias, 693 gêneros e um número estimado de 6.000 espécies, mas apenas 3.700 têm sido até hoje descritas (Edwards; Lofty, 1976; Fragoso et al., 1997). Enchytraeidae (família dos enquitreídeos), também conhecida como minhocas brancas, devido à sua cor pálida, é constituída por 27 gêneros e cerca de 500 espécies, no entanto, novas espécies ainda estão sendo descritas por ano (Chalupsky, 1991).

Pela diversidade e magnitude das funções que realizam e pela sensibilidade às alterações de manejo do solo, os oligochaetas possuem grande importância ecológica e têm sido vistos como bons indicadores de qualidade do solo (Snyder & Hendrix 2008, Zang et al., 2000). Os oligochaetas atuam em vários processos fundamentais para a manutenção da fertilidade e qualidade dos solos de agroecossistemas e ecossistemas naturais, tais como a agregação do solo e a decomposição da matéria orgânica do solo e resíduos vegetais, influenciando a disponibilidade de nutrientes (Brown et al. 1998, Hendrix et al., 2006). Por meio de seus deslocamentos, eles modificam as características físicas do solo, misturando seus horizontes aumentando a aeração, drenagem, alterando a porosidade, e principalmente, a macroporosidade do solo. A ação das minhocas favorece também a movimentação vertical e infiltração de água no solo (Righi, 1966; Motter et al., 1990; Römcke et al., 2005). No entanto, os Enquitreídeos possuem uma maior capacidade de cavar o solo (em relação às minhocas) e, portanto, possuem maior

capacidade de melhorar o arejamento do solo e a infiltração de água no perfil do solo. (Jänsch & Römbke, 2005).

O húmus de minhoca favorece a microbiota do solo, pois suas fezes apresentam um elevado conteúdo de microrganismos, muitos desses, benéficos para o solo. (Martinez 1998, Aquino, 2005). Além disto, os coprólitos das oligoquetas possuem nutrientes essenciais ao crescimento vegetal, tais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, entre outros (Oliveira Filho et al., 2005). Por meio das glândulas calcíferas, as minhocas excretam o excesso de cálcio, na forma de  $\text{CaCO}_3$ , que é lançado ao exterior junto com partículas não digeridas, na forma de excrementos neutralizando o material húmico ingerido pelas mesmas, elevando o pH dos solos devido à alteração da solubilidade de vários nutrientes (Joshi & Kelkar, 1982; Bidone, 1985; Lee, 1985; Longo 1995).

Se por um lado as minhocas alteram o pH do solo, por outro lado as práticas de manejo que alteram o teor de cálcio e a acidez do solo refletem na comunidade de minhocas. A acidez do solo é um dos fatores mais limitantes à sobrevivência destes organismos que têm seu pH ótimo entre 5,5 a 6,5, coincidindo com o pH ideal das maiorias das plantas cultivadas (Meinicke, 1983). O teor de cálcio do solo também influencia na abundância de oligochaetas. Se o teor de cálcio for elevado, os oligochaetas são abundantes e o contrário, os oligochaetas tornam-se escassos (Malavolta et al., 2002).

As práticas de manejo que aportam continuamente matéria orgânica ao solo contribuem para a melhoria da biologia do solo em geral e dos oligochaetas em particular. Sistemas diversificados e com aporte contínuo de resíduos orgânicos ao solo, como os sistemas agroflorestais, podem aumentar consideravelmente a infiltração, melhorar a ciclagem de nutrientes, reduzir a evapotranspiração e a perda de matéria orgânica do solo e estimular as comunidades microbianas (Wardle, 1995), tudo isto com reflexos na fauna do solo. Além disto, a liteira abundante forma micro-sítios, locais de refúgio e ação da macrofauna (Tapia-Coral et al., 1999). Sistemas onde as práticas de manejos adotadas com preparo mecânico do solo, aplicação de agrotóxicos e falta de cobertura do solo não são propícias as atividade da fauna do solo, podem alterar a população de oligochaetas do solo.

Entretanto, as diferentes espécies de oligochaetas respondem de maneira diferenciada ao manejo. Por exemplo, a aplicação de coberturas do solo influencia positivamente, principalmente, as espécies que habitam a superfície, enquanto as que

habitam mais profundamente no perfil responderão mais favoravelmente à incorporação dos resíduos ao solo (Fraser, 1994). A abundância dos diferentes grupos de oligochaetas é influenciada pelas estações do ano, estando diretamente ligada as oscilações de temperatura e umidade (Kühnelt, 1961; Bouché, 1977).

Práticas de manejo que beneficiam a dominância de determinadas espécies de minhoca podem também ser negativas à qualidade do solo. Por exemplo, biomassa elevada de *Pontoscolex corethrurus*, causou perda de estrutura e compactação de solo na floresta amazônica. Como a biomassa elevada de *P. corethrurus*, o solo apresentou redução da infiltração e selamento na camada superficial de 0-10cm. A compactação dificultou a evaporação da água existente nos horizontes mais profundos e criou condições de saturação em grandes profundidades (Barros et al., 1996).

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar as populações de oligochaetas edáficos e sua variação em função do manejo e uso diferenciado do solo. Especificamente avaliar a riqueza, abundância e a diversidade de oligochaetas encontrados em mata secundária, cafezais cultivados em sistemas agroflorestais e a pleno sol e avaliar a variação destes com a profundidade do solo e de um ano para outro.

## **2.2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.2.1. Caracterização da área de estudo.**

O trabalho foi conduzido no Município de Araponga, Zona da Mata - MG, Bioma Mata Atlântica, região com temperatura média de 18°C (ENGEVIX, 1995), precipitação anual variando de 1.200 a 1.800 mm, com um período seco de 2 a 4 meses. O relevo é montanhoso com declividade variando de 20 a 45° nas encostas, com altitude média de 1.000 metros. O solo predominante no município é o Latossolo Vermelho Amarelo (Amaral et al., 2004).

### 2.2.2. Coletas das amostras

As coletas dos oligochaetas foram realizadas nas propriedades dos agricultores Romualdo (ROM), Samuel (SAM) e Carlos (CAR). Os sistemas onde foram realizadas as coletas foram identificados com as iniciais dos proprietários da área, sendo fragmentos de mata ( $FRA_{ROM}$  e  $FRA_{SAM}$ ); sistemas agroflorestais, onde o café é consorciado com árvores ( $SAF_{ROM}$  e  $SAF_{SAM}$ ); cafezais a pleno sol agroecológico, vizinhos aos sistemas agroflorestais ( $PSA_{ROM}$ ) e ( $PSA_{SAM}$ ); e café a pleno sol convencional ( $PSC_{CA1}$ ) e ( $PSC_{CA2}$ ), localizados em uma propriedade próximas às propriedades onde localizam-se os demais sistemas e, localizados próximos aos SAFs e PSA (Figuras 2). Os sistemas agroflorestais e os sistemas agroecológicos a pleno sol foram estabelecidos em áreas previamente sujeitas a um processo severo de degradação dos solos, devido aos cultivos sem práticas conservacionistas. Um dos critérios de escolha para o estabelecimento dos SAFs foi o estágio avançado de degradação das áreas, tendo os SAFs sido vislumbrados como uma perspectiva de recuperação das áreas. Os agricultores ROM e SAM são considerados agroecológicos, entre outras razões, por não usarem agrotóxicos e promoverem a diversificação dos seus sistemas de produção.

$SAF_{ROM}$  possui aproximadamente 900 pés de café e o Ingá (*Inga sessillis* e *Inga subnuda*) é a espécie arborea dominante;  $PSA_{ROM}$  aproximadamente quatro mil pés de café.  $PSA_{ROM}$  difere de  $SAF_{ROM}$  basicamente por não possuir árvores consorciadas com o café. Em ambos, aplica-se calcário a cada dois anos, “Supermagro”, calda Viçosa e cal hidratada, esterco bovino e N-P-K (20-5-20) - 100g/planta, três vezes/ano. Normalmente a vegetação espontânea praticamente ausente em  $SAF_{ROM}$  é roçada em  $PSA_{ROM}$ , mas uma vez por ano, próximo à colheita, realiza-se a capina, para facilitar o manejo dos frutos de café.

$SAF_{SAM}$  possui aproximadamente 2.500 pés de café, tendo predominantemente a bananeira (*Musa sp*) e o Abacate (*Persea americana*). No  $SAF_{SAM}$  usa-se o biofertilizante “Supermagro”, calda Viçosa, cal hidratada, esterco bovino e N-P-K (20-5-20) - 100g/planta, três vezes/ano. A área de  $PSA_{SAM}$  possui aproximadamente 1.000 pés de café, usa-se esterco de curral, cama de galinha e torta de mamona (comprada de terceiros) e a serapilheira como cobertura morta nas ruas do café. Em ambos, a vegetação herbácea é roçada e permanece sobre o solo a maior parte do ano, realizando-se capinas quando há predominância de uma espécie, para alterar a sucessão das plantas.

PSC<sub>CAR1</sub> e PSC<sub>CAR2</sub> possuem aproximadamente 44 mil pés de café, recebem aplicação de agrotóxicos como o Roundup, formicidas, adubação química e pulverização com boro e zinco. A palha seca do café retorna a lavoura. Há também, a utilização da calda Viçosa. Os fragmentos de mata nativa (FRA<sub>ROM</sub> e FRA<sub>SAM</sub>) secundária foram utilizados como testemunha para fins de comparação, por se tratarem de ecossistemas atualmente com menos perturbação humana. Estas matas, entretanto estão sendo reestabelecidas em áreas previamente degradadas, pois no passado a floresta foi retirada para dar lugar principalmente ao café (Cardoso et al., 2001).

As coletas de Oligochaetas foram realizadas, usando o método padrão do TSBF (“Tropical Soil Biology and Fertility”) descrito por Anderson & Ingram (1993). Resumidamente, o método consiste na retirada de blocos de solo (0,3m X 0,25m X 0,25 m); extração manual dos animais; conservação em formol 4%, contagem, pesagem e identificação dos animais. Em cada sistema, as amostras foram coletadas em cinco pontos (considerados repetição) equidistantes em 10m, entre duas linhas de café em três profundidades, em fevereiro de 2009 e em janeiro de 2010, período de maiores precipitações e temperaturas mais elevadas na região. A temperatura média nos meses de estudo foram 22,7 °C e 23,2 °C e a precipitação 170 mm em fevereiro de 2009 e 57,9 mm em janeiro de 2010. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo oito sistemas (FRA<sub>ROM</sub>, FRA<sub>SAM</sub>, SAF<sub>ROM</sub>, SAF<sub>SAM</sub>, PSA<sub>ROM</sub>, PSA<sub>SAM</sub>, PSC<sub>CAR1</sub>, PSC<sub>CAR2</sub>), três profundidades (0 – 0,1m; 0,1 – 0,2m e 0,2 – 0,3m), duas épocas (fevereiro de 2009 e janeiro de 2010), com cinco repetições.

As características físicas dos solos amostrados encontram-se na Tabela 1 e químicas na Tabela 2 (vale ressaltar que dados da tabela 2 são questionáveis).

**Tabela 1:** Análise granulométrica das amostras de solo dos sistemas de cultivo a pleno sol agroecológico, a pleno sol convencional e agroflorestal de café, dois fragmentos de mata. Araponga - MG, 2009.

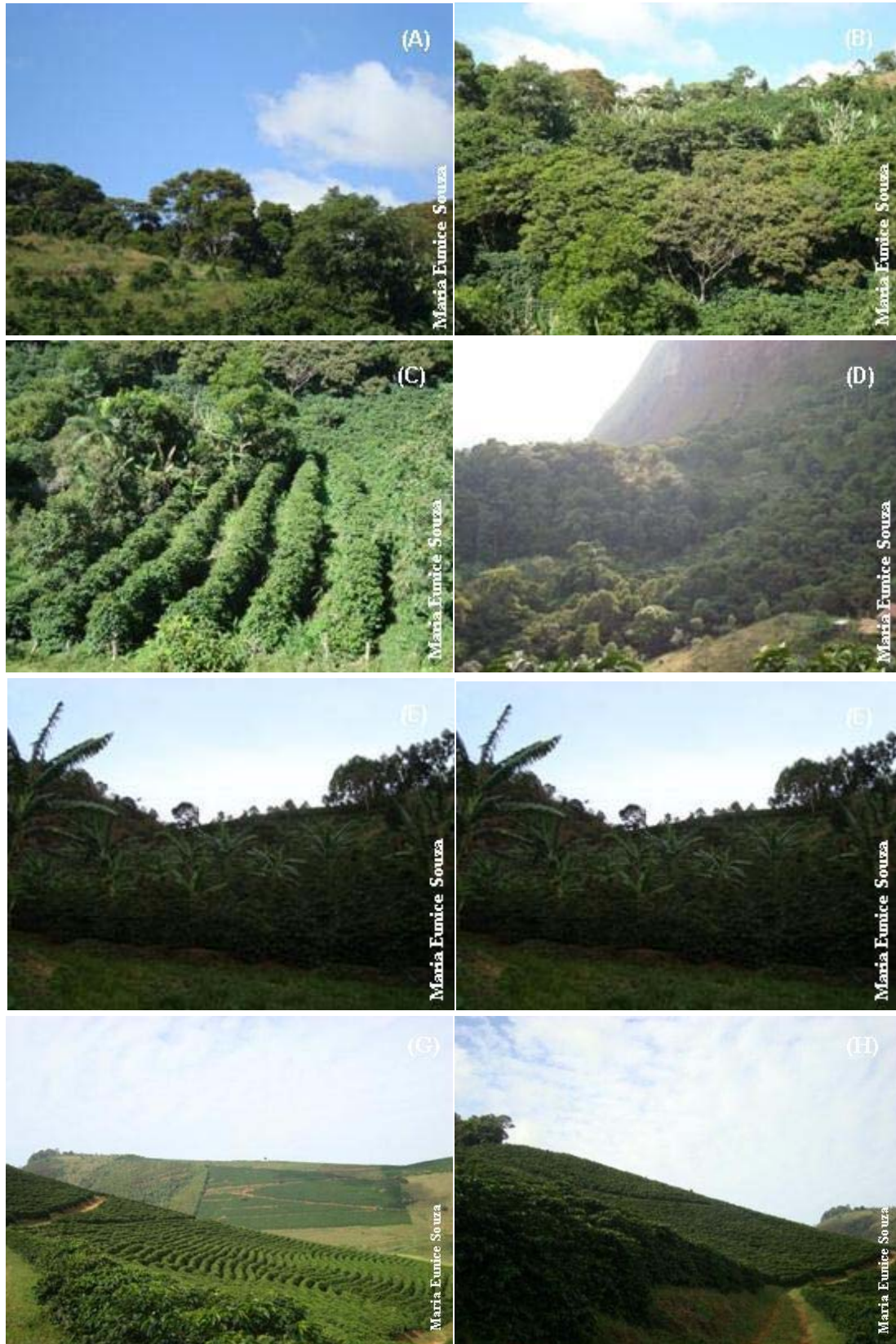
Sistema	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
FRA <sub>ROM</sub>	27,0	17,9	12,6	42,5
SAF <sub>ROM</sub>	25,5	12,2	11,2	51,1
PSA <sub>ROM</sub>	27,9	12,1	14,0	46,0
FRA <sub>SAM</sub>	31,4	12,4	17,0	39,2
SAF <sub>SAM</sub>	22,6	10,2	33,0	34,2
PSA <sub>SAM</sub>	22,6	10,2	33,0	34,2
PSC <sub>CAR1</sub>	28,6	11,0	20,6	39,8
PSC <sub>CAR2</sub>	25,2	16,0	14,8	44,0

Fonte: AGUIAR (2008) E SILVA (2010)

**Tabela 2:** Análise química do solo dos sistemas de cultivo a pleno sol agroecológico, a pleno sol convencional e agroflorestal de café, dois fragmentos de mata. Araçuaia - MG, 2008. (o se tem que ficar na mesma linha, se for o caso faça tabela paisagem).

Sistemas	pH	P	K	Ca	Mg	Al	(T)	MO
	(água)	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>			dag/kg
FRA <sub>ROM</sub>	4,99 ± 0,08	2,13 ± 0,47	28,03 ± 5,52	0,01 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,65 ± 0,09	14,43 ± 1,63	8,1 ± 0,11
SAF <sub>ROM</sub>	5,36 ± 0,12	2,70 ± 0,88	94,33 ± 15,49	1,20 ± 0,65	0,29 ± 0,12	0,26 ± 0,11	11,53 ± 0,50	6,4 ± 0,51
PSA <sub>ROM</sub>	5,58 ± 0,23	4,53 ± 1,45	82,53 ± 9,16	1,45 ± 0,84	0,28 ± 0,13	0,29 ± 0,12	9,9 ± 0,74	5,2 ± 0,34
FRA <sub>SAM</sub>	5,73 ± 0,15	0,10 ± 0,04	116,67 ± 14,36	6,90 ± 1,62	1,27 ± 0,24	0,03 ± 0,2	17,03 ± 0,87	10,47 ± 0,56
SAF <sub>SAM</sub>	6,83 ± 0,04	8,97 ± 2,41	219,00 ± 8,01	7,97 ± 0,46	2,70 ± 0,16	0,00 ± 0,0	17,93 ± 0,21	13,10 ± 0,54
PSA <sub>SAM</sub>	6,40 ± 0,10	14,80 ± 2,68	92,67 ± 11,44	9,87 ± 0,92	2,03 ± 0,20	0,00 ± 0,0	17,40 ± 1,11	13,67 ± 0,48
PSC <sub>CAR1</sub>	5,80 ± 0,25	1,87 ± 0,21	171,33 ± 9,61	2,37 ± 0,40	1,53 ± 0,30	0,33 ± 0,21	11,70 ± 0,35	5,40 ± 0,04
PSC <sub>CAR2</sub>	7,27 ± 0,06	3,87 ± 0,37	97,33 ± 6,76	6,53 ± 0,45	4,67 ± 0,21	0,00 ± 0,0	14,63 ± 0,18	10,13 ± 0,25

Fonte: AGUIAR (2008) E SILVA (2010)



**Figura 1:** Sistemas estudados: A, Fragmento; B, pleno sol agroecológico e C, Sistema agroflorestal – Rom (propriedade de José Romualdo Macedo); D, Fragmento; E, sistema agroflorestal e F, pleno sol agroecológico - Sam (propriedade de Samuel Lopes); G, pleno sol convencional 1; e H, Pleno sol convencional 2 – CAR<sub>1</sub> e CAR<sub>2</sub>, propriedade de Carlos Eduardo Andrade).



### 2.2.3. Identificação dos Oligochaetas

Foi realizada a triagem do material *in loco*, separando os oligochaetas para posterior identificação no laboratório. A identificação dos Oligochaetas edáficos foi realizada com base nos trabalhos de RIGHI (1990) em nível de gêneros e ou espécies.

### 2.2.4. Determinação da abundância e da diversidade

Para cada tratamento foi estimada a abundância dos oligochaetas, expressa em número de indivíduos por metro quadrado (ind/m<sup>2</sup>) e a riqueza (número de espécies ou gênero).

A partir dos dados obtidos foi estimada para cada tratamento a diversidade por meio do índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ).

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$$

Onde  $S$  = número das espécies;  $p_i = n_i/N$ ;  $n_i$  = abundância de cada grupo;  $N = \sum n_i$ .

### 2.2.5. Análise estatística

Foi utilizado o modelo linear de efeitos mistos (lme da biblioteca lmer do R) com propriedade, profundidade e ano como fatores ao acaso e log (# indivíduos como dependente). A variável independente foi manejo de sistema (tratamentos). Nós não pudemos analisar o modelo completo porque todos os fatores e interações requerem mais dados dos que os disponíveis. Portanto, nós começamos com um modelo com todos os fatores e suas interações “two way” (bifatorial). Simplificações gradativas do modelo foram feitas removendo as interações e fatores não significantes e comparando o modelo sem e com o modelo com o fator ou a interação, usando função anova no R (Crawley 2007). Quando o modelo simplificado sem a interação ou fator não diferia significativamente do modelo mais complexo, o fator ou interação era removido do modelo. Isto foi feito até que um modelo mínimo adequado fosse alcançado, o qual contém somente fatores e interações significativas. Finalmente, modelos foram

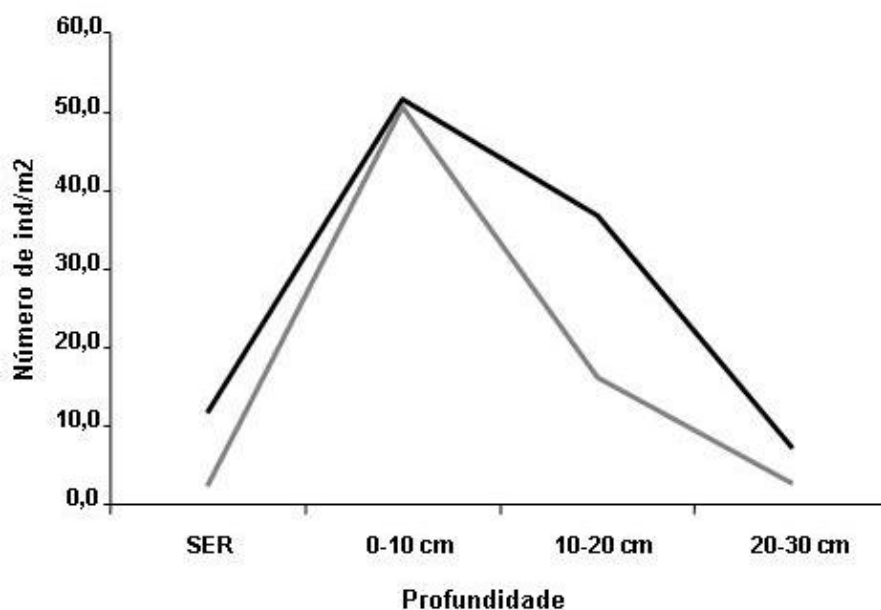
formulados nos níveis de fatores dos tratamentos eram combinados e estes foram também avaliados usando função anova do R (Crawley 2007).

### 2.3. Resultados

A abundância dos indivíduos (Tabela 3) variou de 6,4 ( $PSC_{CAR}$ ) a 128 ind/m<sup>2</sup> ( $FRA_{ROM}$ ). Como na propriedade CAR praticamente não foi encontrado oligochaetas, esta propriedade não foi incluída na análise estatística. Não houve efeito de época ( $p < 0,1$ ) e houve diferença em profundidade ( $p < 0,05$ ), com a profundidade de 0-10 cm apresentando a maior abundância, em média 52,3 ind/m<sup>2</sup>, seguida da profundidade de 10-20 cm apresentando, média de 25,9 ind/m<sup>2</sup>. A abundância na serapilheira (média de 6,9 ind/m<sup>2</sup>) e profundidade de 20 a 30 cm (em média 5,0 ind/m<sup>2</sup>) não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ). Houve interação significativa entre profundidade e época (Figura 2). Este efeito foi atribuído às profundidades de 10-20 e 20-30 cm.

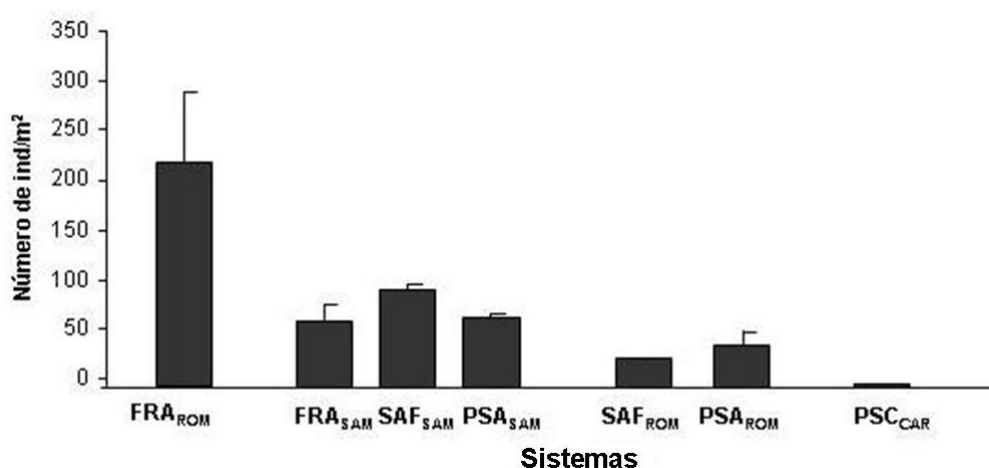
**Tabela 3:** Número de indivíduos de Oligochaetas por metro quadrado, nas diferentes profundidades. SER = serapilheira.

	Nº ind/m <sup>2</sup> em 2009				Nº ind/m <sup>2</sup> em 2010			
	SER	0-10	10-20	20-30	SER	0-10	10-20	20-30
$FRA_{ROM}$	54,40	128,00	108,80	35,20	12,80	73,60	22,40	12,80
$SAF_{ROM}$	12,8	0,0	16,0	0,0	0,0	32,0	0,0	0,0
$PSA_{ROM}$	0,0	12,8	9,8	0,0	0,0	48,0	16,0	0,0
$FRA_{SAM}$	0,0	32,0	54,4	2,0	0,0	32,0	12,8	3,2
$SAF_{SAM}$	3,2	70,4	22,4	6,4	0,0	67,2	28,8	0,0
$PSA_{SAM}$	0,0	73,6	3,2	0,0	0,0	51,2	16,0	0,0
$PSC_{CAR1}$	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$PSC_{CAR2}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



**Figura 2.** Interação profundidade e época, onde a linha preta e cinza corresponde ao número de indivíduos por metro quadrado no ano de 2009 e 2010, respectivamente e SER significa serapilheira.

A figura 4 apresenta os números de oligochaetas edáficos encontrados nos fragmentos e em diferentes sistemas de manejo do cafezal.  $FRA_{ROM}$  apresentou o maior número ( $p < 0,05$ ) de Oligochaetas (média de  $224 \text{ ind/m}^2$ ). Não houve diferenças ( $p < 0,05$ ) entre  $FRA_{SAM}$ ,  $SAF_{SAM}$  e  $PSA_{SAM}$  ( $55,8 \text{ ind m}^2$ ) e entre  $SAF_{ROM}$   $PSA_{ROM}$  ( $36,9 \text{ ind m}^2$ ). Em  $PSC_{CAR}$  praticamente não se encontrou oligochaetas (Tabela 3).



**Figura 3:** Oligochaetas edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafezal.  $FM_{ROM}$  = Fragmento Romualdo;  $FM_{SAM}$  = Fragmento Samuel; SAF Sistema agroflorestal; PSA= Pleno sol agroecológico; PSC = Pleno sol convencional. Médias seguidas de letras distintas minúsculas diferem entre si ( $p < 0,05$ ).

A riqueza, o índice de Shannon e família, gênero/espécies encontrados nos sistemas estudados encontram-se na Tabela 4. Foram encontrados Oligochaetas de três famílias (Glossoscolecidae, Megascolecidae, Enchytraeidae), duas espécies sendo a *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857), *Amyntas gracilis* (Kinberg, 1867), uma minhoca identificada apenas ao nível de gênero (*Tupinaki*) e os enquitreídeos (identificado apenas ao nível de família). O número de família, gênero ou espécies encontrados variou de um a três por sistema.

FRA<sub>ROM</sub> e PSC<sub>CAR</sub> apresentaram os menores Índice de Shannon indicando menor diversidade, enquanto que a área de SAF e PSA do agricultor Samuel apresentou uma maior diversidade de oligochaetas.

**Tabela 4:** Riqueza, Índice de Shannon e família/gêneros/espécies encontrados nos sistemas de manejos estudados – Araçuaia – MG (2009/2010).

<b>Sistema</b>	<b>Riqueza</b>	<b>Índice de Shannon</b>	<b>Família/Gênero/espécies</b>
<b>FRA<sub>ROM</sub></b>	<b>1</b>	<b>0,0</b>	<b><i>Pontoscolex corethrurus</i></b>
<b>SAF<sub>ROM</sub></b>	<b>1</b>	<b>1,0</b>	<b><i>Enchytraeidae</i></b>
<b>PSA<sub>ROM</sub></b>	<b>3</b>	<b>1,4</b>	<b><i>Pontoscolex corethrurus</i>, <i>Enchytraeidae</i>, <i>Amyntas gracilis</i></b>
<b>FRA<sub>SAM</sub></b>	<b>2</b>	<b>0,4</b>	<b><i>Pontoscolex corethrurus</i>, <i>Tupinaki sp.</i></b>
<b>SAF<sub>SAM</sub></b>	<b>3</b>	<b>0,7</b>	<b><i>Pontoscolex corethrurus</i>, <i>Enchytraeidae</i>, <i>Amyntas gracilis</i></b>
<b>PSA<sub>SAM</sub></b>	<b>3</b>	<b>0,4</b>	<b><i>Pontoscolex corethrurus</i>, <i>Enchytraeidae</i>, <i>Amyntas gracilis</i></b>
<b>PSC<sub>CAR1</sub></b>	<b>1</b>	<b>0,0</b>	<b><i>Pontoscolex corethrurus</i></b>
<b>PSC<sub>CAR2</sub></b>	<b>0</b>		<b>-</b>

ROM= propriedade do Romualdo; SAM= propriedade do Samuel; CAR = propriedade do Carlos  
 FRA=Fragmento de mata; PSA= Pleno sol agroecológico; SAF = Sistema agroflorestal; PSC = Pleno sol convencional.

## 2.4. DISCUSSÃO

A maior abundância de oligochaetas foi encontrada na profundidade de 0-10 e 10-20 cm. Segundo Tradros (1980) E Fragoso & Lavelle (1994), as populações oligochaetas se concentraram, geralmente, nessa faixa de profundidade, sendo a região onde há um teor maior de matéria orgânica em decomposição, a qual é utilizada como

fonte de alimento por esses organismos. Levando-se em consideração as épocas de coleta, podemos observar que houve interação entre as épocas e as profundidades de 10-20 e 20-30. Segundo Kühnelt (1961) e Bouché (1977), a abundância dos oligochaetas é influenciada pelas estações do ano, estando diretamente ligada as oscilações de temperatura e umidade. Na época mais seca, esses indivíduos migram para camadas mais profundas ou entram em diapausa. Nos meses de coleta, a temperatura média teve pouca variação (22,7 °C e 23,2 °C), porém o volume de chuva foi o fator fundamental para redução da abundância. A precipitação média no mês de fevereiro de 2009 foi de 170 mm e a do mês de janeiro de 2010 apenas 57,9 mm, esse dado explica a menor abundância nessas profundidades, mesmo sendo a coleta na mesma época.

A abundância de oligochaetas encontradas mostrou uma variação (Tabela 3) de 6,4 (PSC<sub>CAR</sub>) a 128 ind/m<sup>2</sup> (FRA<sub>ROM</sub>). Os dados do FRA<sub>ROM</sub> são semelhantes ao encontrados por Brown & James (2007) em floretas secundárias, no estado do Paraná e os encontrados no sistema PSC<sub>CAR</sub> são semelhantes aos encontrados por Freitas (2007) que avaliou população de oligochaetas em hortas convencionais e orgânicas no município de Canoinha (SC). Embora os resultados de abundância sejam semelhantes aos encontrados na literatura, ao contrário que se esperava para áreas de mata, em FRA<sub>ROM</sub> encontrou-se apenas uma espécie de minhocas, *P. corethrurus*. Esta é uma espécie peregrina que se reproduz por partenogênese e se adapta facilmente aos meios modificados pelo homem (Aquino et al., 2005). Isto pode indicar que a área ainda esta em recuperação. As áreas de matas secundárias na região estão localizadas em áreas previamente degradadas com o desmatamento para o cultivo de café.

Os sistemas agroflorestais e agroecológicos favoreceram a maior abundância e diversidade de oligochaetas quando comparados aos sistemas convencionais. O baixo número ou ausência de oligochaetas nos sistema convencionais pode estar relacionado à aplicação de fertilização mineral e à aplicação regular de pesticidas (Makeschin, 1997). Os sistemas agroflorestais criam um microclima, que por sua vez, exerce influência na composição da comunidade da macrofauna do solo, já que grupos higrófilos, como Oligochaeta tendem a buscar microhabitats mais sombreados e úmidos (Dauger et al. 2005).

Os sistemas agroflorestais e agroecológicos, do agricultor Samuel, mostraram abundância, riqueza e índices de Shannon mais próximos aos fragmentos florestais. Mas em geral mesmos sistemas agroflorestais e agroecológicos, assim como as matas,

mostraram baixos índices de Shannon, indicando tratar-se de áreas com diversidade relativamente baixa e baixa concentração de espécies.

As minhocas com maiores incidências nas áreas de estudo foram as espécies *P. corethrurus* e *A. gracilis*, consideradas indicadores de ambientes perturbados (Brown et al., 2006; Kalesz & Dotson, 1999). A presença de *P. corethrurus* é muito comum em sistemas agrícolas (Aquino et al., 2005) ou em ecossistemas que sofreram alguma alteração (Lavelle & Pashanasi, 1989; Feijoo et al., 1999; Langenbach et al., 2002; Barros, 1999; Chauvel et al., 1999; Barros et al., 2003). A ocorrência de qualquer comunidade em sistemas agrícolas é reflexo também das forças de seleção, como predação, competição, mutualismo, que promovem as migrações, invasões e extinções, conferindo a esses sistemas um status dinâmico (Fragoso et al., 1999). Os baixos índices de Shannon associado às espécies encontradas mostram que tanto os agroecossistemas quanto os sistemas naturais ainda estão em processos de recuperação.

Os resultados de SAF<sub>ROM</sub> foram surpreendentes, pois não foram encontradas minhocas nessa área e apenas indivíduos da família Enchytraeidae. Neste SAF, o café se encontra viçoso, produtivo, e verificou-se aumento significativo nos teores de matéria orgânica do solo, comparado ao sistema de cultivo convencional em área semelhante e adjacente (Aguiar, 2007; Xavier, 2009). Esse resultado mostra-se diferente de outros sistemas agroflorestais do SAF<sub>SAM</sub> (Tabela 3), dos SAFs de Itubirá - BA (Peneireiro, 1999), Adrianópolis (PR) e Barra Do Turvo (SP), todos com 3 espécies (Maschio & Brown, 2010) e na Costa Rica com duas espécies (Aquino, 2001).

Não foi possível identificar qual o motivo das ausências de minhocas no SAF<sub>ROM</sub>, porém as espécies arbóreas presentes no sistema são do gênero *Inga* (*I. vera* e *I. subnuda*). Segundo Duarte (2007), *Inga* apresenta maiores teores de compostos de difícil degradação (lignina e polifenóis) e menores taxas de respiração, com resíduos de lenta decomposição. Esse pode ser um dos fatores que tenham influenciado na ausência de minhocas nesse sistema, no entanto, esse é um caso a ser pesquisado.

Os enquitreídeos foram encontrados também no SAF<sub>SAM</sub> e PSA<sub>SAM</sub>, podendo ter sido favorecidos pelo maior aporte de matéria orgânica que ocorre em sistemas agroflorestais e pleno sol agroecológicos (Duarte, 2007). São escassa informação sobre a função dos enquitreídeos nos processos que ocorrem no solo, entretanto, acredita-se que podem influenciar o processo de decomposição através de um aumento da capacidade de inoculação da microflora e alterações das condições físico-químicas do substrato (Wolters, 1988)

## 2.5. CONCLUSÃO

Os agricultores agroecológicos estão alcançando avanços significativos na melhoria da qualidade dos solos. O sistema agroflorestal e a pleno sol agroecológico se consolidam como práticas indicadas para conservação do solo. As práticas agroecológicas mostraram capacidade de promover o aumento da abundância de oligochaetas edáficos, considerados indicadores de qualidade do solo.

Os resultados constatados sugerem que há necessidade de aprofundar os estudos, em especial sobre a ausência de minhocas e presença de indivíduos da família Enchytraeidae em um dos sistemas agroflorestais, procurando entender a relação entre a presença deste oligochaeta e a qualidade da biomassa produzida pelas árvores, assim como outros fatores que possam interferir na abundância e biomassa desses organismos.

### 3. CAPITULO II.

## VERMICOMPOSTAGEM ASSOCIADA AOS PÓS DE ROCHAS GNAISSE E ESTEATITO NO CRESCIMENTO DE PLANTAS

### RESUMO

SOUZA, Maria Eunice Paula de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2010. **Vermicompostagem associada aos pós de rochas gnaiss e esteatito no crescimento de plantas.** Orientadora: Irene Maria Cardoso. Co-orientadores: Eduardo de Sá Mendonça, George Gardner Brown e Ivo Jucksch.

Foram avaliados o crescimento de minhocas em substrato enriquecido com pó de gnaiss e esteatito, e avaliou também o potencial de vermicompostagem em promover o crescimento das plantas e no aumento da solubilização de minerais presentes no pó de rocha. Esterco bovino (400 g), foi adicionado em vasos com capacidade de 2 dm<sup>3</sup>, enriquecido ou não enriquecido com 5 e 20% de pó de gnaiss ou esteatita. Cada vaso recebeu sete minhocas (*Eisenia andrei*), com uma densidade de 1.000 m<sup>3</sup> por minhocas. Após 60 dias as minhocas foram coletados, contados e fresca e seca ponderada. O milho foi cultivado em casa de vegetação, em vasos contendo 3 kg de um Latossolo e adubado com o vermicomposto obtido no ensaio em vasos. No experimento com milho, nós adicionamos os tratamentos com o solo a ser fertilizado somente com gnaiss ou esteatito e sem adubação, como controle. Os comprimentos das folhas do milho foram medidos semanalmente a partir da superfície do solo até a ponta das folhas. Em 73 dias, as plantas foram colhidas, as raízes isoladas do solo e, juntamente com as folhas, secas e pesadas. Houve um maior crescimento e biomassa de plantas adubadas com vermicomposto enriquecido com pó de rocha seguido por plantas adubadas com vermicomposto de não-enriquecido. Entre os tratamentos sem vermicomposto, as plantas cultivadas em solo adubado somente com rochas foram superiores às plantas cultivadas em solo não adubado. O processo de vermicompostagem resultou em um efeito maior no crescimento da planta que a mera soma dos efeitos não-enriquecido vermicompostagem e os efeitos da aplicação de apenas esteatito para o solo. O mesmo não foi mostrado para gnaiss, nas condições experimentais. Isto pode estar associado à baixa dureza e baixa resistência ao intemperismo químico de minerais esteatito em



relação ao gnaiss mineral. O efeito do processo de vermicompostagem na otimização da liberação de nutrientes de rochas silicáticas parece depender da rocha.

Palavras chaves: minhocas, rochagem, *Eisenia andrei*, fertilização do solo.

## ABSTRACT

SOUZA, Maria Eunice Paula de, M.Sc., Federal University of Viçosa, July 2010. **The effects of Vermicomposting with gneiss and steatite rock powder on the growth of plants.** Advisor: Irene Maria Cardoso. Co-advisors: Eduardo de Sá Mendonça, George Gardner Brown and Ivo Jucksch.

We evaluated the growth of earthworms in substrates enriched with gneiss and steatite powder, and evaluated the potential of vermicomposting in promoting plant growth and in increasing the solubilisation of minerals present in rock powder. Cattle manure (400 g), was disposed in pots with a 2 dm<sup>3</sup> capacity, enriched or not enriched with 5 and 20% of gneiss or steatite powder. Each pot received seven earthworms (*Eisenia Andrei*), at a density of 1000 worms per m<sup>3</sup>. After 60 days the worms were collected, counted and fresh and dry weighted. Maize was cultivated in a greenhouse, in pots containing 3 kg of an Oxisol and fertilised with the vermicompost obtained in the pot trial. In the experiment with maize, we added treatments with soil being fertilized only with gneiss or steatite and without fertilization, as a control. The lengths of shoots were measured weekly from the soil surface to the tips of the leaves. At 73 days, the plants were collected, the roots isolated from the soil and together with the shoots, dried and weighted. There was greater growth and biomass of plants fertilised with vermicompost enriched with rock powder followed by plants fertilized with non-enriched vermicompost. Between the treatments without vermicompost, those plants grown on soil fertilised only with rocks were superior to the plants grown on no fertilized soil. The vermicomposting process resulted in a greater effect on plant growth than the mere sum of the non-enriched vermicomposting effect and the effect of applying only steatite to soil. The same was not shown for gneiss under our experimental conditions. This may be associated with the lower hardness and lower resistance to chemical weathering of steatite minerals compared to gneiss minerals. The effect of the vermicomposting process on the optimisation of the release of nutrients from silicate rocks seems to depend on the rock.

Key words: earthworms, rock powder, *Eisenia andrei*, soil fertilization

### 3.1. INTRODUÇÃO

A utilização das minhocas para produção de composto orgânico através da vermicompostagem visa, principalmente, a reciclagem de resíduos orgânicos e a produção de adubo orgânico estabilizado (Aquino & Nogueira, 2001). As minhocas têm a capacidade de aumentar a disponibilidade de nutrientes presentes nos materiais por elas ingeridos (Motter et al., 1987, Soares & Cavalheiro, 2004; Correia & Oliveira, 2005), como a matéria orgânica e os componentes minerais do solo. Isto ocorre porque estes materiais são triturados pelas minhocas e ficam sujeitos às enzimas digestivas presentes no intestino desses organismos, como amilases, celulasas, proteases, lipases e quitinases (Michel & Devillez, 1978; Edwards & Fletcher, 1988); por meio das glândulas calcíferas as minhocas excretam o excesso de cálcio mineralizado na forma de  $\text{CaCO}_3$ , disponibilizando-o para as porções da matéria orgânica pobres nesse nutriente, o que eleva o pH do vermicomposto, deixando o mais básico do que o composto orgânico (Longo, 1995), contribuindo também para alterar a solubilidade de alguns nutrientes. Além disso, os coprólitos das minhocas apresentam um elevado conteúdo de microrganismos, muitos deles benéficos para o solo. O húmus de minhoca, portanto, além de fornecer nutrientes, favorece a microbiota do solo (Martinez, 1998).

O vermicomposto pode ser enriquecido com pó de rocha. O pó de rocha tem o potencial de aumentar a reserva nutricional dos solos, mas para aumentar a disponibilidade de nutrientes é preciso aumentar sua solubilidade (Melamed et al., 2007). A adição de pó de rocha na agricultura, é uma prática que viabiliza o equilíbrio do sistema como um todo (Theodoro, 2000), aumentar inclusive a resistência das plantas à estresses bióticos e abióticos, devido à melhoria do seu estado nutricional (Melamed et al., 2007).

Espera-se que a vermicompostagem acelere a solubilização dos pós de rochas, pois os minerais ao passarem pelos tratamentos intestinais das minhocas podem, devido a ação enzimática e a trituração dos materiais, sofrer intemperismo químico (Carpenter et al., 2007) e físico (Suzuki et al., 2003). A utilização do resíduo na forma de pó deve priorizar material encontrado na região e que seja de fácil acesso pelos agricultores. Estes podem ser resíduos de pedreiras onde são produzidas britas, como por exemplo, o gnaïsse na Zona da Mata, resíduos de pedras-sabão da fabricação artesanal da região de Ouro Preto; resíduos provenientes de marmorarias, podendo também ser provenientes

de material rochoso encontrado na propriedade ou próximo a ela, necessitando neste caso ser moída. Outra vantagem do uso de pós-de-rochas é que a liberação gradual de nutrientes diminui as perdas por lixiviação e favorece a ação de longo prazo do insumo aplicado (Leonardos et al., 2000).

A busca de técnicas de baixo custo e de fácil manejo, como a vermicompostagem, que aumentem a solubilização dos minerais e melhore a fertilização dos agroecossistemas pode transformar o uso de resíduos, como os pós de rochas em alternativa ambiental e econômica a ser utilizada pelos agricultores. Portanto, a fertilização com pó de rocha pode se tornar uma alternativa ambiental e economicamente viável para fertilizar os solos brasileiros (Leonardos et al. 2000).

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o crescimento de minhocas em substratos enriquecidos com pós de gnaiss e esteatito e avaliar o potencial dos vermicompostos obtidos sobre a promoção do crescimento de plantas.

## **3.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.2.1. Pós de rochas**

O pós de gnaiss e de esteatito foram obtidos a partir do subproduto de pedreiras da região. Os materiais foram padronizados quanto à granulometria visando minimizar um possível efeito de áreas de superfície diferentes. Esta padronização consistiu na utilização apenas das frações que passaram por peneira de malha 0,150 mm e ficaram retidas na peneira de malha 0,053 mm de abertura. Os materiais foram secos em estufa a 65°C por 72 horas. Os materiais foram submetidos à caracterização mineralógica qualitativa por difratometria de raios-X. Os macros elementos presentes nos pós-de-rochas foram analisados por espectrometria de fluorescência de raios-X. Os outros elementos foram quantificados por espectrometria de emissão atômica com indução de plasma (EEA-ICP) após digestão completa multiácida.

A caracterização química das rochas utilizadas encontra-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização química das rochas moídas utilizadas nos experimentos.

Macro elementos	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO
	..... % .....									
<b>Gnaisse</b>	54,67	14,78	12,28	6,14	2,38	2,54	3,68	2,18	1,12	0,16
<b>Esteatito</b>	47,16	4,24	9,44	2,19	27,61	0,01	< 0,01	0,13	0,01	0,12
Outros elementos* <sup>2</sup>	Ba	Co	Cr	Cu	La	Li	Ni	Sr	V	Zn
	..... mg kg <sup>-1</sup> .....									
<b>Gnaisse</b>	1532	16	13	11	138	15	< 3	457	179	148
<b>Esteatito</b>	6	87	869	39	< 20	< 3	1513	17	68	84

\*1: Análise química quantitativa total por espectrometria de fluorescência de raios-X

\*2: Análise química por ICP - digestão multiácida

\*2: As, Ag, Be, Cd, Mo, Pb, Sb e Se < 10 mg kg<sup>-1</sup>

### 3.2.2. Crescimento das minhocas em substratos enriquecidos – ensaio em potes

O substrato para o preparo dos vermicompostos foi o esterco bovino, previamente curtido. Este substrato foi homogeneizado e padronizado quanto à umidade e granulometria sendo então distribuído igualmente entre as unidades experimentais. Estas consistiram em recipientes plásticos cilíndricos com capacidade de 2 dm<sup>3</sup> com 400 g do esterco bovino enriquecidos ou não com os pós de rochas em duas doses cada. As minhocas utilizadas foram previamente incubadas numa mistura (esterco + pó de rocha) por uma semana antes do experimento para que os restos do substrato do local de origem fossem eliminados.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos, sendo duas rochas diferentes, gnaisse (G) e esteatito (S), duas doses de pó de rocha (5% e 20 %) e um tratamento controle com vermicomposto não enriquecido (Vc), com 5 repetições. Assim, os cinco tratamentos foram representados por: VcG<sub>5</sub>, VcG<sub>20</sub>, VcS<sub>5</sub>, VcS<sub>20</sub> e Vc. Cada pote recebeu em seguida sete minhocas da espécie *Eisenia andrei*, em uma proporção de 1000 minhocas por m<sup>3</sup> (Aquino & Assis, 2005). Os potes foram mantidos em temperatura ambiente, no escuro, sob umidade controlada por um período de 60 dias. Ao final deste período as minhocas foram coletadas, contadas e tiveram suas massas fresca e seca determinadas. Os vermicompostos obtidos em cada tratamento foram homogeneizados e caracterizados quanto ao teor de C orgânico (dados não mostrados) para a montagem do ensaio agrônomo.

### 3.2.3 Crescimento das plantas - ensaio agronômico

Com os vermicompostos obtidos conforme descrito no item anterior realizou-se um ensaio agronômico para avaliar a capacidade destes compostos em promover o crescimento de plantas. Para tal, a variedade UFV M100 de milho foi cultivada por 73 dias em casa de vegetação em vasos contendo 3 kg de um Haplustox (Oxisol) (Soil Survey Staff, 1999) de Viçosa, MG, Brasil (Tabela 2), fertilizado com os vermicompostos obtidos no ensaio em potes. Neste experimento, no entanto, foram incluídos ainda três tratamentos, correspondentes a fertilização com apenas gnaïsse (*G*) e fertilização com apenas esteatito (*S*), ambos na dose correspondente ao gnaïsse e esteatito aplicados nos tratamentos  $VcG_{20}$  e  $VcS_{20}$ . Um último tratamento consistiu em um controle negativo sem fertilização, apenas solo, considerado Controle (*C*). Para garantir que os pós das rochas dos tratamentos *G* e *S* fossem expostos à umidade pelo mesmo período de tempo, tomou-se o cuidado de incubá-los simultaneamente ao ensaio de potes (60 dias sob as mesmas condições de umidade, temperatura e luminosidade).

As doses de vermicomposto aplicadas aos vasos foram definidas com base nas recomendadas por Ribeiro et al. (1999) e correspondiam em média, para os vermicompostos obtidos, a  $12,6 \text{ t ha}^{-1}$  de Carbono Orgânico Total (COT). Para padronizar  $12,6 \text{ t ha}^{-1}$  de COT, a adubação foi padronizada conforme o COT médio de cada um dos vermicompostos dos tratamentos do ensaio de potes. Em seguida foi determinada a percentagem média de pó de rocha existentes nos vermicompostos (após o processo de vermicompostagem), visando determinar as quantidades de pó de rochas a serem aplicadas nos tratamentos *G* e *S*.

Os vasos foram dispostos em casa de vegetação, inteiramente casualizados com quatro repetições. As unidades experimentais eram constituídas por um vaso com duas plantas cada. A umidade do solo foi controlada e mantida a 70 % da capacidade de campo. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Viçosa (UFV), de março a maio de 2010.

A soma dos comprimentos individuais de cada folha foi utilizada como parâmetro de crescimento uma vez que permite, de maneira não destrutiva, acompanhar o crescimento das plantas. Para gramíneas há uma correlação linear entre a soma dos comprimentos das folhas e a produção de matéria seca (Janssen, 1990). O comprimento das folhas foi medido semanalmente da base do solo até a ponta das folhas.

**Tabela 2.** Caracterização química do Latossolo Vermelho Amarelo utilizado.

pH	P	K	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	SB	CTC (T)	V	m	MO
H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>		.....cmolc dm <sup>-3</sup> .....					%		dag kg <sup>-1</sup>
5,0	1,4	4	0,1	0,0	0,4	0,11	3,58	3	78	1,4

### 3.2.4 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as médias testadas isoladamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Para comparações entre grupos de médias foram estabelecidos contrastes. Para avaliar o efeito do vermicomposto enriquecidos ou não com pós de rochas foi utilizado o contraste:

$$C_1 = (mVcG_{20} + mVcG_5 + mVcS_{20} + mVcS_5) - 4mVc$$

Para avaliar o efeito do processo de vermicompostagem sobre a liberação de nutrientes dos pós-de-rochas, avaliou-se se o efeito do tratamento combinado *VcRocha*<sub>20</sub> era maior que a soma dos efeitos dos tratamentos *Vc* e *Rocha*, Utilizando-se os seguintes contrastes:

$$C_2 = (mVcG_{20} - mC) - ((mVc - mC) + (mG - mC)) \text{ e}$$

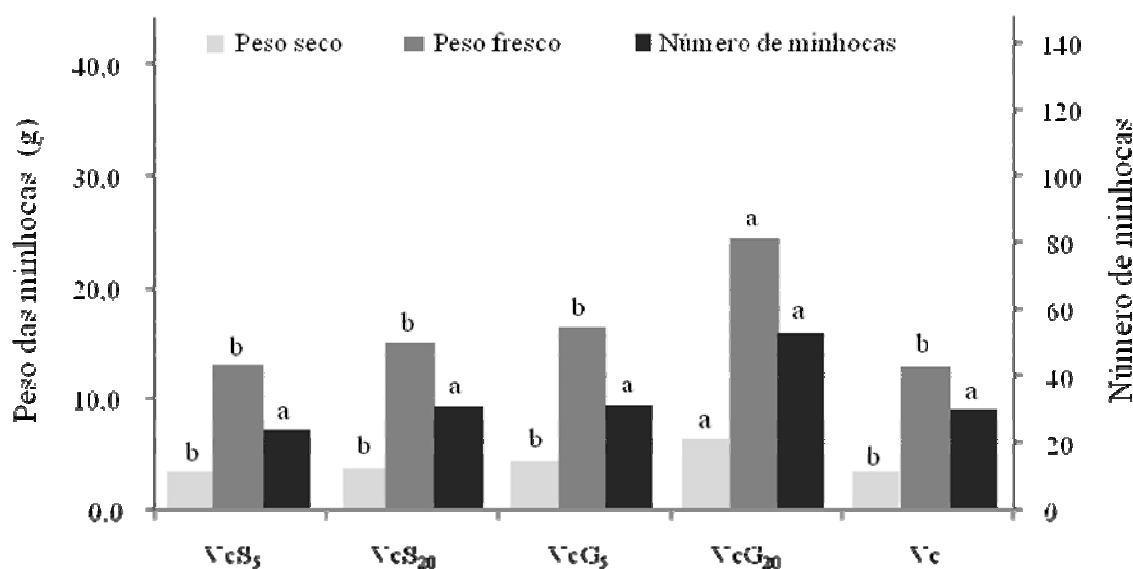
$$C_3 = (mVcS_{20} - mC) - ((mVc - mC) + (mS - mC))$$

Utilizaram-se *VcG*<sub>20</sub> e *VcS*<sub>20</sub>, porque corresponde as doses utilizadas nos tratamentos com apenas pós de rochas (G ou S). As estimativas dos contrastes foram testadas pelo teste de Scheffé a 5 % de probabilidade. Os dados de crescimento em função do tempo no teste agrônômico foram também submetidos à análise de regressão e os parâmetros obtidos testados pelo teste t ao nível de 1 % de probabilidade.

### 3.3 RESULTADOS

O gnaise utilizado era constituído predominantemente pelos minerais quartzo, ortoclásio, andesina, rutilo e apatita enquanto o esteatito era constituído predominantemente pelos minerais talco e dolomita. A caracterização química das rochas utilizadas encontra-se na Tabela 1. O Gnaise possui teores mais elevados de P, Ca, K (macronutrientes), Mn e Zn (micronutrientes) do que o esteatito. Já o Esteatito possui teores mais elevados de Mg (macronutriente), Cu (micronutriente) e Co (importante para as pastagens, pois é um elemento importante para os bovinos).

O número e a massa de minhocas ao final do processo de vermicompostagem estão apresentados na Figura 1. O número de minhocas não diferiu entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ), enquanto as massas fresca e seca diferiram ( $p < 0,05$ ) apenas para o tratamento enriquecido com pó de gnaise à 20 %.

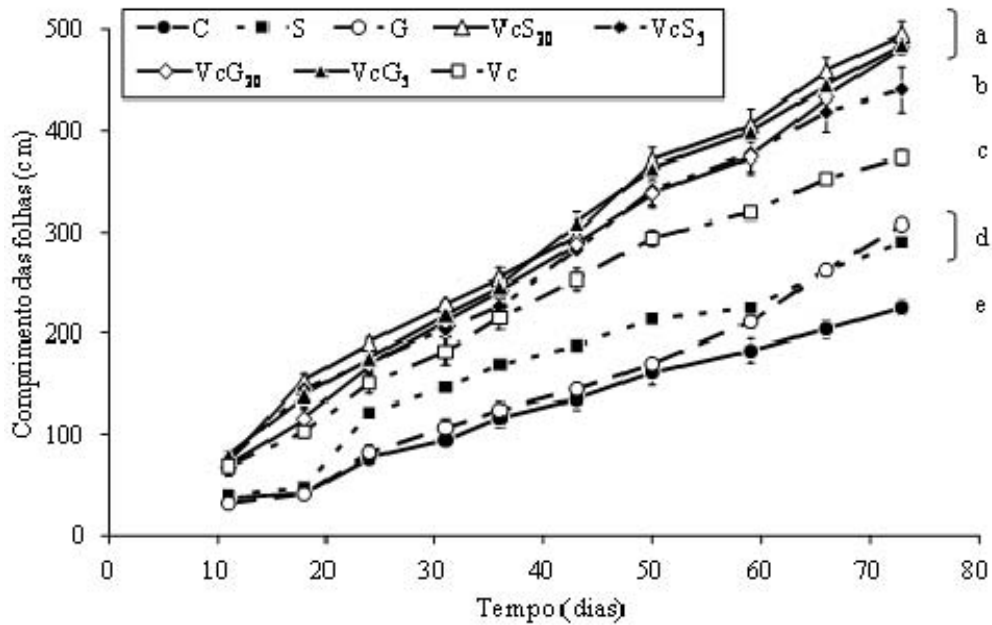


**Figura. 1.** Massas fresca e seca média e número médio de minhocas ao final do processo de vermicompostagem, enriquecidos ( $VcS_5$ ,  $VcS_{20}$ ,  $VcG_5$ ,  $VcG_{20}$ ) ou não ( $Vc$ ) com os pós de gnaise e esteatito à 5 e 20 %. Médias seguidas por uma mesma letra para cada característica não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

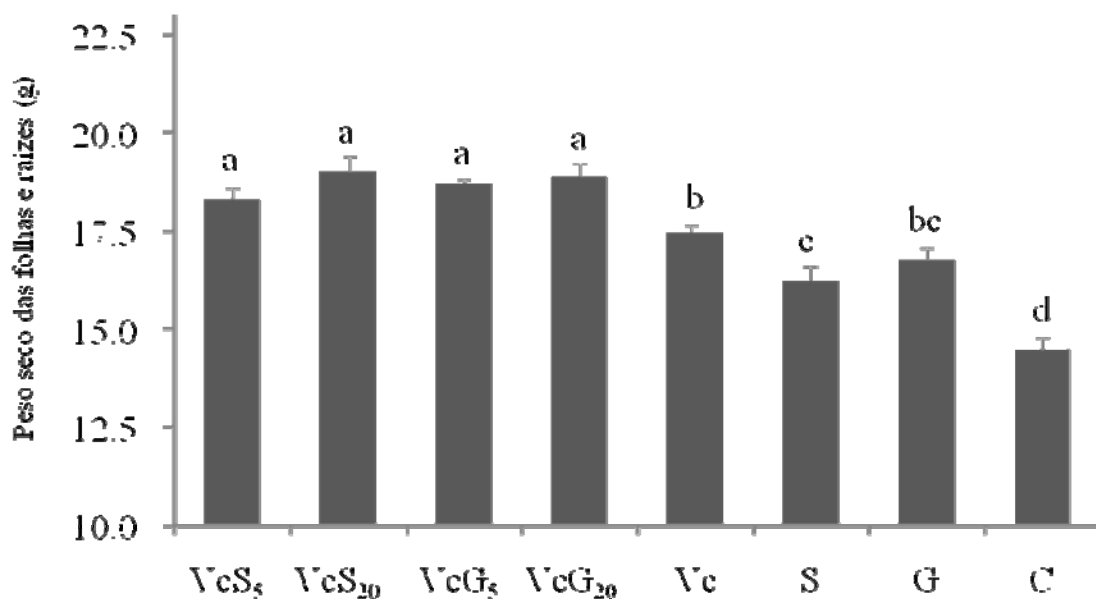
O comprimento total médio das folhas de milho e a biomassa seca total (raízes mais partes aéreas) das plantas estão apresentados nas Figuras 2 e 3. Houve maior crescimento das plantas fertilizadas com vermicompostos enriquecidos com pós de rochas, seguidas pelas plantas fertilizadas com vermicompostos não enriquecidos ( $p < 0,05$ ). Entre os tratamentos sem vermicomposto, os fertilizados apenas com rochas



foram superiores ao tratamento controle ( $p < 0,05$ ). As plantas de milho cultivadas em vermicomposto com pós de rochas cresceram em média 52,7 % a mais que as plantas controle, 39,12 % a mais que as plantas fertilizadas apenas com esteatito, 35,3 % a mais que as fertilizadas apenas com gnaiss e 21,5 % a mais que as fertilizadas com vermicomposto não enriquecido (Figura 2).



**Figura. 2.** Comprimento médio das folhas de milho (cm) em função dos dias após a semeadura no ensaio agrônômico.  $VcS_5$  e  $VcS_{20}$ : fertilizadas com vermicompostos enriquecidos com esteatito a 5 e 20 %;  $VcG_5$  e  $VcG_{20}$ : fertilizadas com vermicompostos enriquecidos com gnaiss a 5 e 20 %;  $V_c$ : fertilizadas com vermicompostos não-enriquecidos; fertilizadas com apenas esteatito (S), apenas gnaiss (G) e não fertilizadas (C). Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si ao final dos 73 dias de crescimento pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.



**Figura 3.** Massa seca total (parte aérea + raízes) das plantas de milho aos 73 dias após a semeadura no ensaio agrônômico.  $VcS_5$  e  $VcS_{20}$ : fertilizadas com vermicompostos enriquecidos com esteatito a 5 e 20 %;  $VcG_5$  e  $VcG_{20}$ : fertilizadas com vermicompostos enriquecidos com gnaïsse a 5 e 20 %;  $Vc$ : fertilizadas com vermicompostos não-enriquecidos; fertilizadas com apenas esteatito (S), apenas gnaïsse (G) e não fertilizadas (C). Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. Barra: desvio padrão.

Na comparação entre grupos de tratamentos ao final do experimento, as estimativas do contraste  $C_1$  (avaliação do efeito do vermicomposto enriquecidos ou não com pós de rochas) foram 5,2 para biomassa seca das plantas e 421,3 para o comprimento total médio das folhas, ambas significativas à 5 % pelo teste de Scheffé. Essas diferenças evidenciam o maior crescimento nos tratamentos fertilizados com vermicompostos enriquecidos com pós de rochas em relação ao vermicomposto não enriquecido. O efeito do processo de vermicompostagem sobre a liberação dos nutrientes dos pós de rochas foram evidenciados pelos contrastes  $C_2$  (utilizando pó de gnaïsse) e  $C_3$  (utilizando esteatito). Suas estimativas para o comprimento total médio das folhas ao final do experimento foram 30,9 ( $C_2$ , não significativo) e 67,1 ( $C_3$ , significativo a 5 % pelo teste de Scheffé), respectivamente.

### 3.4 DISCUSSÃO

Os resultados de número e massa das minhocas (Figura 1) sugerem que a adição de pós de rochas silicatadas no processo de vermicompostagem não afeta negativamente o crescimento e a reprodução destes animais. Assim, apesar da presença de elementos potencialmente tóxicos às minhocas (Karaca et al., 2010) nas rochas (Tabela 1), a adição destes materiais não deverá trazer prejuízos quanto à velocidade de obtenção e qualidade dos vermicompostos produzidos. No caso do tratamento com gnaïsse adicionado ao processo de vermicompostagem a 20 % ( $VcG_{20}$ ), os dados apontam, inclusive, um aumento na massa das minhocas (Figura 1).

Os resultados de crescimento das plantas (Figuras 2 e 3) mostram que tanto o gnaïsse quanto o esteatito promoveram um maior crescimento das plantas quando comparadas às plantas crescidas no solo sem tratamento (controle), em especial quando as rochas foram submetidas previamente ao processo de vermicompostagem. Até o momento, não há relatos na literatura de resultados semelhantes com rochas silicatadas em vermicompostos. A adição de pós de rochas no processo de vermicompostagem, no entanto, tem sido, ainda que timidamente, relatada para rochas calcárias e fosfatos naturais. Alvarez V. et al. (2004), por exemplo, adicionaram fosfato de Araxá e gesso no processo da vermicompostagem, obtendo um resíduo orgânico de melhor qualidade fertilizante. Ainda segundo estes autores, a adição de vermicomposto enriquecido com fosfato contribuiu para o aumento da produção de matéria seca e acúmulo de P pelas plantas de milho.

As respostas diferenciadas no crescimento das plantas observadas (Figuras 2 e 3) estão ligadas, entre outros motivos, à melhoria da nutrição das mesmas com a adição das rochas, do vermicomposto ou de ambos. Sabe-se, no entanto, que o vermicomposto pode também ter ação sobre outros fatores ligados ao crescimento das plantas, como discutido por James & Brown (2008). A produção destes outros fatores pode ter sido alterada pela adição dos pós das rochas no processo de vermicompostagem, mas não há relatos na literatura sobre isso.

Rochas silicatadas moídas têm potencial de liberação de nutrientes às plantas (Escosteguy & Klamt, 1998; Leonardos et al., 2000; Melamed et al., 2007), embora não haja trabalhos específicos com esteatito. Adição de apenas pós de rochas ao solo contribuiu para um maior crescimento das plantas, quando comparadas ao solo (Fig. 2).

Weerasurya et al. (1996) ao fertilizar a cultura de chá e de arroz, observaram que a aplicação de pós de rochas (mica flogopita e feldspato potássico) proporcionaram um aumento de cerca de 10 % na produção de duas safras, quando comparada à fertilização convencional. Escosteguy & Klamt (1998), em experimento utilizando pó de basalto obtiveram pequenos aumentos nos teores de nutrientes disponíveis no solo, com doses que variaram de 0 a 100 t ha<sup>-1</sup>, concluindo que com altas dosagens poderiam atingir o resultado esperado a campo. Arbiato (2005) ao avaliar o efeito da adição de pó de rocha como fonte de K, observou que o granito supriu 40 % de K e o fonolito e a flogopita foram capazes de suprir 66 % das necessidades de K da cultura de alface. Nossos resultados estão indicando que a adição de pós de rochas ao solo e ao vermicomposto, contribuíram para o crescimento das plantas, mostrando que a fertilização com pó de rocha no solo tem potencial de aumentar a disponibilidade de nutrientes nos solos cultivados e aumentar a reserva nutricional do mesmo, conforme afirma Melamed et al. (2007).

Vermicompostos também tem sido utilizados como fertilizantes orgânicos, com respostas positivas sobre o crescimento e a nutrição de plantas (Ricci, 1993; Chaoui et al., 2003; Alvarez V. et al., 2004; Paula et al., 2008). Além da mineralização de nutrientes, a vermicompostagem possibilita maior estabilização dos resíduos orgânicos, pois ao passarem pelo trato digestivo da minhoca sofrem reações enzimáticas adicionais, convertendo os resíduos em substâncias húmicas (Hartenstein & Hartenstein, 1981; Albanell et al., 1988; Almeida, 1991). Além disso, os tratamentos com vermicomposto podem favorecer o crescimento das plantas por meio do aumento da eficiência na absorção de nutrientes (Vaughan & Malcolm, 1985).

Nesse sentido, as diferenças observadas entre os tratamentos controle, os fertilizados apenas com rocha, o fertilizado com vermicomposto e os fertilizados com vermicompostos enriquecidos podem estar ligados à fatores nutricionais, uma vez que estes últimos receberam mais nutrientes totais (advindos do esterco e do pó de rocha), o que explicaria as diferenças observadas nas Figuras 2 e 3.

Dessa forma, os menores teores para a maioria dos elementos nutrientes do esteatito (Tabela 1) poderiam explicar as diferenças encontradas entre os tratamentos G e S (Figura 3), ainda que não significativas nas nossas condições experimentais. As respostas no crescimento das plantas, no entanto, apontam também que o processo de vermicompostagem atuou diferentemente sobre as duas rochas quanto a disponibilização dos nutrientes. As estimativas dos contrastes C<sub>2</sub> (avaliação do efeito do

enriquecimento do vermicomposto com gnaiss) e C<sub>3</sub> (avaliação do efeito do enriquecimento do vermicomposto com esteatito) foram 30,9 (não significativo) e 67,1 (significativo a 5 % pelo teste de Scheffé), respectivamente. Estes valores indicam que o processo de vermicompostagem contribuiu efetivamente para a dissolução dos minerais do esteatito, resultando em um efeito sobre o crescimento das plantas maior do que a simples soma do efeito do vermicomposto não enriquecido com o efeito da aplicação de apenas esteatito no solo. O mesmo, no entanto, não pôde ser demonstrado para o gnaiss nas nossas condições experimentais.

Em outras palavras, apesar de as plantas fertilizadas com apenas gnaiss ou esteatito apresentarem um crescimento semelhante, quando o esteatito foi previamente submetido à vermicompostagem seu efeito foi superior ao gnaiss (C<sub>2</sub> e C<sub>3</sub>). Isso pode estar ligado à menor dureza e menor resistência ao intemperismo químico dos minerais do esteatito em relação aos minerais do gnaiss (van Breemen & Buurman, 2002). Apesar de essa menor resistência não ter implicado em um maior crescimento no tratamento *S* em relação ao *G* (Fig. 2 e 3), a ação das minhocas sobre o intemperismo físico (Suzuki et al., 2003) e químico (Carpenter et al., 2007) de rochas pode ter sido diferenciada, sendo mais eficaz sobre o esteatito. Assim, os dados sugerem que embora nas condições ambientes o intemperismo não tenha sido intenso o suficiente para refletir as diferenças das rochas quanto à resistência ao intemperismo, nas condições do vermicomposto ele foi. Em outras palavras, o processo de vermicompostagem parece ampliar as diferenças entre as susceptibilidades ao intemperismo dos minerais. Tal hipótese demanda mais pesquisas, para diferentes minerais primários e em diferentes granulometrias.

Nutricionalmente, considerando a composição química das rochas e o reduzido crescimento das plantas, as diferenças apontadas por C<sub>2</sub> e C<sub>3</sub> devem estar ligadas aos elementos nutrientes P, Ca, Mg, K e Si ou aos elementos com potencial fitotóxico Al, Ba, Cr e Ni (Tabela 1). Nestes últimos, considerando uma dissolução hipotética elevada das rochas, apenas o Al poderia resultar em efeito fitotóxico nas doses de pó de rocha e vermicomposto aplicadas ao solo (Alleoni et al., 2005; Karaca et al., 2010).

O milho, como boa parte das gramíneas, responde positivamente à fertilização por Si, principalmente em latossolos (Epstein, 1999). O Si disponível no solo, por sua vez, pode favorecer também a nutrição fosfatada (Carvalho et al., 2001). Assim, na vermicompostagem, os minerais silicatados do esteatito podem ter liberado mais Si que os do gnaiss, o mesmo não ocorrendo na ausência das minhocas (*G* e *E*). Esse efeito,

associado aos menores teores de Al e maiores de Mg do esteatito resultaram em um maior efeito do tratamento  $VcE_{20}$  que do  $VcG_{20}$ , como evidenciado pelas estimativas de  $C_2$  e  $C_3$ . O efeito dos maiores teores de P, Ca e K do gnaïsse não devem ter se sobrepujado ao efeito da maior liberação de Si e Mg induzida pelas minhocas no esteatito.

Dentro do trato digestivo das minhocas o material ingerido sofre transformações, havendo decomposição parcial da matéria orgânica e disponibilização de nutrientes para as plantas (Balota et al., 1998) através da ação de enzimas digestivas e da microbiota presente do trato digestivo das minhocas. Benitez et al. (2005) relataram a presença de diversas enzimas hidrolíticas em vermicomposto, observando que a atividade da fosfatase, por exemplo, aumentou, sugerindo que as minhocas e microrganismos envolvidos no processo haviam consumido os principais substratos contendo P metabolizável. No entanto, é muito difícil determinar experimentalmente a contribuição da microbiota intestinal das minhocas para o intemperismo mineral devido à extrema dependência das minhocas pela microbiota para a sua sobrevivência (Edwards & Bohlen, 1996). Por fim, outras avaliações de médio e longo prazo, no decorrer de vários cultivos, em condições de campo, são necessárias à obtenção de resultados mais consistentes sobre a eficiência agrônômica desta aparente promissora tecnologia.

### 3.5 CONCLUSÕES

O enriquecimento dos substratos com pós de gnaïsse e esteatito para a obtenção de vermicompostos não afeta negativamente o crescimento e a reprodução de *Eisenia andrei*, não comprometendo desta forma a velocidade do processo.

O crescimento das plantas de milho é favorecido pela adição de vermicompostos enriquecidos, no início do processo de vermicompostagem, com os pós de gnaïsse e esteatito.

O efeito do processo de vermicompostagem sobre a otimização da disponibilização de nutrientes de rochas silicatadas parece depender da rocha, sendo superior para o esteatito em relação ao gnaïsse.

A adubação com vermicompostos obtidos a partir de substratos enriquecidos com pós de rochas podem otimizar os benefícios às plantas em relação à utilização

isolada do vermicomposto ou dos pós de rochas. Com isso, o aperfeiçoamento desta tecnologia poderá ampliar os horizontes para uma maior viabilidade na utilização de rochas silicatadas moídas na agricultura.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos e descritos nos capítulos é possível concluir, em linhas gerais, o que segue:

O sistema agroflorestal e a pleno sol agroecológico se consolidam como práticas indicadas para conservação do solo. Os resultados nos mostram que há necessidade de aprofundar os estudos, procurando entender a relação entre a presença da oligoqueta e a qualidade da biomassa produzida pelas árvores, como também outros fatores que possam interferir na abundância e biomassa desses organismos.

A utilização de vermicomposto enriquecidos, no início do processo de vermicompostagem, com os pós de gnaïsse e esteatito, favoreceu o crescimento das plantas de milho. A adubação com vermicompostos obtidos a partir de substratos enriquecidos com pós de rochas podem otimizar os benefícios às plantas em relação à utilização isolada do vermicomposto ou dos pós de rochas.

Finalmente, os oligoquetas além de poder serem utilizados como indicadores de recuperação do solo podem contribuir para o processo de recuperação, melhorando a disponibilidade de nutrientes presentes em resíduos que podem ser utilizados na agricultura.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, M. I., 2008. Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais, Dissertação – (Solos e Nutrição de Plantas - Departamento de Solos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Aira, M., Monroy, F.; Domínguez, J., 2007. *Eisenia fetida* (Oligochaeta: Lumbricidae) modifies the structure and physiological capabilities of microbial communities improving carbon mineralization during vermicomposting of pig manure. *Microbial Ecology*, 54, p.662–671.
- Albanell, E., Plailats, J., Cabrero, T., Capellas, M., 1988. Composición química del estiércol de vaca fresco y maduro durante el vermicompostaje. In: Congreso de Biología Ambiental, Anais. Universidad Autonoma de Barcelona, Barcelona, pp. 247-252.
- Alleoni, L.R.F., Borba, R.P., Camargo, O.A., 2005. Metais pesados: da cosmogênese aos solos brasileiros. *Tópicos em Ciência do Solo* 4, 1-42.
- Almeida, D.L., 1991. Contribuição da matéria orgânica na fertilidade do solo. PhD Thesis, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- Alvarez V.V.H., Ruiz, H.A., Martins Filho, C.A.S., Guarçoni, M.A., Rodrigues, D.T., 2004. Crescimento de plantas de milho pela adição de vermicomposto enriquecido ou não com fosfatos e com gesso. *Revista Ceres* 51(297), 635-647.
- Amaral, F.C.S., Santos, H.G., Aglio, M.L.D., Duarte, M.N., Pereira, N.R., Oliveira, R.P., Carvalho-Júnior, W., 2004. Mapeamento de solos e aptidão agrícola de terras do Estado de Minas Gerais. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*; n. 63. Embrapa Solos: Rio de Janeiro, pp. 95.
- Anderson, J.D.; Ingram, J.S.I. (Eds.), 1993. *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. 2. ed. Wallingford: CAB International, pp. 171.

- Aquino, A. M., 2001. Comunidades de oligochaetas (Oligochaeta) sob diferentes sistemas de produção agrícola em varias regiões do Brasil. Doc. 146. Embrapa Agrobiologia. Seropédica.
- Aquino, A.M., Almeida, L.D., Freire, R.L., De-Poli, H., 1994. Reprodução de minhocas (Oligoquetas) em esterco bovino e bagaço de cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 29(2), 161–168.
- Aquino, A.M., Assis, R.L., 2005. Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília. 517 pp.
- Aquino, A.M.; Oliveira, A.Mg.; Loureiro, D.C., 2005. Integrando Compostagem e Vermicompostagem na Reciclagem de Resíduos Orgânicos Domésticos. Circular técnica 12 Embrapa agrobiologia, Seropédica.
- Aquino, M.A., Nogueira, E.M., 2001. Fatores limitantes da vermicompostagem de esterco suíno e de aves e influência da densidade populacional das minhocas na sua reprodução. Embrapa Agrobiologia, Documentos, 147, Seropédica. 10 pp.
- Arbieto, E.A.M., 2005. Biodisponibilização de nutrientes de rochas por microrganismos do solo. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 81 pp.
- Balota, E.L., Hungria, M., Colozzi Filho, A., 1998. Biologia do solo. In: Salton, J. C., Hernani, L.C.; Fontes, C.Z. (Orgs.) (Eds.), Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde. Brasília: EMBRAPA-SPI, Dourados: EMBRAPA-CPAO, pp. 91-102.
- Barros, E., 1999. Effet de la Macrofaune Sur la Structure et les Processus Physiques du Sol de Paturages Degradés D'Amazonie. Thèse de Doctorat de L'Université Paris VI. France.

- Barros, E., Neves, A., Blanchart, E., Fernandes, E.C., Wandelli, E., Lavelle, P., 2003. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. *Pedobiologia*, 47, 273-280.
- Barros, E., Blanchart E., Neves A., Desjardins T., Chauvel A., Lavelle P., 1996. Relação entre a macrofauna e agregação do solo em três sistemas na Amazônia Central. XIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo.
- Barros, E.; Neves A., Blanchart, E.; Fernandes, E.C.M.; Wandelli E..L Lavelle, P., 2003. Soil macrofauna community of Amazonian agroforestry systems. *Pedobiologia* 47(3), 267-274.
- Benitez, E., Sainz, H., Nogales, R, 2005. Hydrolytic enzyme activities of extracted humic substances during the vermicomposting of a lignocellulosic olive waste. *Bioresource Technology* 96, 785–790.
- Beylich, A., Fründ, H. C., Graefe, U., 1995. Environmental monitoring of ecosystems and bioindication by means of decomposer communities. *Newsletter on Enchytraeidae*, 4, 25-34.
- Bidone, F. R. A. (Ed.), 2001. Resíduos Sólidos Provenientes de Coletas Especiais: Eliminação e Valorização. Rio de Janeiro, ABES, 218 pp.
- Bigarella, J.J., Becker, R.D., Santos, G.F., Passos, E., Suguio, K. (Eds.), 1994. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis. Ed. UFSC, 423 pp.
- Blanchart, E. Albrecht, A., Alegre, J., Duboisset, A., Gilot, C., Pashanasi, B. Lavelle, P. Brussaard, L., 1999. Effects of earthworms on soil structure and physical properties. In: LAVELLE, P., BRUSSAARDD, L., Hendrix, P. (Eds.), *Earthworms Management in Tropical Agroecosystems*. Oxon: CAB International, pp. 149-172.
- Bouché, M.B. Ecologie et paraécologie: peut-on estimer la contribution de la faune aux cycles des éléments biogènes? In: Lohm, U.; Persson, T. (Eds.), 1977. *Soil*

- organisms as components of ecosystems. Proceedings of the VI<sup>th</sup> International Colloquium Soil Zoology, Ecological Bulletin, Stockholm, 25, 157-163.
- Brown, G. G., J. Römbke, H. Höfer, M. Verhaagh, K. D. Sautter, And D. L. Q. Santana. Biodiversity and function of soil animals in Brazilian agroforestry systems., 2006. In: Gama-Rodrigues, A. C., Gama-Rodrigues, E. F., Viana, M. S., Freitas, M. S., Marciano, J. M., Jasmin, J. M., Barros, N. F., Carneiro, J. G. A. (Eds.) Sistemas Agroflorestais: Bases científicas para o desenvolvimento sustentado. UENF. Campos dos Goytacazes - RJ. pp. 217–242.
- Brown, G. G.; James S. W.; Pasini A.; Nunes. D. H.; Benito, N. P.; Martins. P. T.; Sautter. K. D., 2006. Exotic, peregrine, and invasive earthworms in Brazil: diversity, distribution, and effects on soils and plants. Caribbean Journal of Science, University of Puerto Rico, Mayaguez, 42(3), 339-358.
- Brown, G.G., Hendrix, P.F.E., Beare, M.H., 1998. Earthworms (*Lumbricus rubellus*) and the fate of <sup>15</sup>N in surface-applied sorghum residues. Soil Biology and Biochemistry, 30, 1701-1705.
- Brown, G.G.; James, S.W., 2007. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: Brown, G.G.; Fragoso, C. (Eds.). Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia. Londrina: Embrapa Soja, pp. 297-383.
- Butt, K.R., 1993. Utilization of solid paper mill sludge and spent brewery yeast as a feed for soil-dwelling earthworms. Bioresource Technology, Oxon, 44, 105-107.
- Cardoso, I.M., Guijt, I., Franco, F.S., Carvalho, P.S., Ferreira Neto, P.S., 2001. Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. Agricultural Systems, 60, 235-257.
- Carpenter, D., Hodson, M.E., Eggleton, P., Kirk, C., 2007. Earthworm-induced mineral weathering: preliminary results. European Journal of Soil Biology, 43, 176-183.

- Carvalho, R., Furtini Neto, A.E., Santos, C.D., Fernandes, L.A., Curi, N., Rodrigues, D.C., 2001. Interações silício-fósforo em solos cultivados com eucalipto em casa de vegetação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36, 557-565.
- Catani, R.A., Pellegrino, D., Bergamin Filho H., Glória, N.A., Graner, C.A.F., (Eds.), 1965. A absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre pelo cafeeiro, *Coffea arabica*, L., var. Mundo Novo (B. Rodr.) Choussy, aos dez anos de idade. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*. 22, pp. 81-93.
- Chaoui, H.I., Zibilske, L.M., Ohno, T., 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology & Biochemistry* 35, 295–302.
- Chauvel A., Grimaldi, M., Barros, E., Blanchart, E., Sarrazin, M., Lavelle P., 1999. An Amazonian earthworm compacts more than a bulldozer. *Nature*, 398, 32-33.
- COLE, L., BARDGETT, R.D., INESON, P., 2000. Enchytraeid worms (Oligochaeta) enhance mineralization of carbon in organic upland soils. *European Journal of Soil Science*. 51, 185–192.
- Correia, D., Cavalcanti Júnior, A.T., Costa, A.M.G., 2001. Alternativas de substratos para a formação de porta-enxertos de gravioleira (*Annona muricata*) em tubetes. EMBRAPA Agroindústria Tropical, Comunicado Técnico, 67, Fortaleza.
- Correia, M.E.F., Oliveira, L.C.M., 2000. Fauna do solo: Aspectos Gerais e Metodológicos. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, Doc. 112. 46 pp.
- Crawley M. J. (Ed.), 2007. *The R Book*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, England, 942 pp.
- Dauger, J., Purtauf, T., Allspach, A., Frisch, J., Voigtländer, K., Wolters V., 2005. Local vs. Landscape controls on diversity: a test using surface-dwelling soil

- macroinvertebrates of differing mobility. *Global Ecology and Biogeography*, 14, 213-221.
- Didden, W.A.M, Römbke, J., 2001. Enchytraeids as indicator organisms for chemical stress in terrestrial ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 50, 25–43.
- Didden, W.A.M., 1993. Ecology of terrestrial Enchytraeidae. *Pedobiologia*, 37, 2–29.
- Duarte, E.M.G, 2007. Ciclagem de nutrientes por árvores em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica. Dissertação (Solos e Nutrição de Plantas - Departamento de Solos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Edwards, C. A., Lofty, J. F. (Eds.), 1976. *Biology of earthworms*. 2° ed. London, Chapman & Hall, pp. 297.
- Edwards, C.A. (Ed.), 1998. *Earthworm Ecology*. New York: Academic Publishing, 388 pp.
- Edwards, C.A., 1983. Earthworm ecology in cultivated soils. In: Satchell, J.E. (Ed.). *Earthworm Ecology: From Darwin to Vermiculture*. London: Chapman and Hall, 123-138.
- Edwards, C.A., 1988. Breakdown of animal, vegetable, and industrial organic wastes by earthworms. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 24, 21-31.
- Edwards, C.A., Bohlen, P.J. (Ed.), 1996. *Biology and ecology of earthworms*. (3rd ed). Publ. Chapman & Hall, London. 426 pp.
- Edwards, C.A., Bohlen, P.J., 1983. Earthworms ecology in cultivate soils. In: Satchell, J. E. (Ed.), *Earthworms Ecology from Darwin to Vermiculite*. London: Chapman and Hall, pp. 123-138.

- Edwards, C.A., Bohlen, P.J., Linden, D.R.E., Subler, S., 1995. Earthworms in agroecosystems. In: Hendrix, P.F. (Ed.) Earthworm ecology and biogeography in North America. Boca Raton: Lewis Publishers, pp. 185-213.
- Edwards, C.A., Fletcher, K.E., 1988. Interactions between earthworms and microorganisms in organic-matter breakdown. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 24, 235-247.
- Engevix., 1995. Caracterização do meio físico da área autorizada para criação do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. Instituto Estadual de Florestas, Bird/Pró-Floresta/SEPLA, 34 pp.
- Epstein, E., 1999. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50, 641–664.
- Escosteguy, P.A.V., Klamt, E., 1998. Basalto moído como fonte de nutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 22, 11-20.
- Feijoo, A. M., Bronson Knapp, E., Lavelle, P., Moreno, A.G., 1999. Quantifying soil macrofauna in a Colombian watershed. *Pedobiologia*, 43, 513-517.
- Ferrari, E.A., 1996. Desenvolvimento da agricultura familiar: a experiência do CTA-ZM. In: Alvares, V.H., Fontes, L.E.F., Fontes, M.P.F. (Eds), *O Solo nos Grandes Domínios Morfoclimáticos do Brasil e o Desenvolvimento Sustentado*. JARD, Viçosa, pp. 233- 250.
- Fornari, E. (Ed.), 2002. *Manual prático de agroecologia*. Aquariana, São Paulo, pp. 237.
- Fragoso, C., Brown, G.G., Patrón, J.C., Blanchart, E., Lavelle, P., Pashanasi, B., Senapati, B., Kumar, T., 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function: the role of earthworms. *Applied Soil Ecology*. 6(1), 17–35.

- Fragoso, C., Kanyonyo, J., Moreno, A., Senapati, B.K., Blanchart, E., Rodriguez, C., 1999. A survey of tropical earthworms: taxonomy, biogeography and environmental plasticity. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P., (Eds.). Earthworm Management in Tropical Agroecosystems. Oxon: CAB International. 01-25 pp.
- Fragoso, C.; Lavelle, P., 1992. Earthworm Communities Of Tropical Rain **Forests**. In: International Symposium On Earthworm Ecology, Avignon. Anais. Avignon, France: Pergamon, 1397-1408 pp.
- Fraser, P.M., 1994. The impact of soil and crop management practices on soil macrofauna. In: Pankhurst, C.E.; Doube, B.M.; Gupta, V.V.S.R.; Grace, P.R., (Eds.). Soil Biota: management in sustainable farming systems. Melbourne: CSIRO. 25-13 pp.
- FUNARBE, 1993. SAEG– Sistema para análises estatísticas – versão 5.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes. 80 pp.
- Giracca, E.M.N. (Ed.), 1998. Resultados projeto piloto, vermicompostagem do lixo urbano da UTAR. Boletim Técnico n. 1. Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria – RS, pp. 12.
- Gomes, S.T. (Ed.), 1986. Condicionantes da Modernização do Pequeno Agricultor. Ipê, São Paulo, BR.
- Hartenstein, R., Hartenstein, F., 1981. Physicochemical changes affected in activated sludge by the earthworm *Eisenia foetida*. Journal of Environmental Quality 10, 377-382.
- Hendrix, P. F.; Baker, G.H.; Callahan Junior, M.A.; Damoff, G. A.; Fragoso, C.; González, G.; James, S.W.; Lachnicht, S. L.; Winsome, T.; Zou, X., 2006.



- Invasion of exotic earthworms into ecosystems inhabited by native earthworms. *Biological Invasions*, 8, 1287-1300.
- Hendrix, P. F., Baker, G.H., Callaham Junior, M.A., Damoff, G. A., Fragoso, C., González, G., James, S.W., Lachnicht, S. L., Winsome, T., Zou, X., 2006. Invasion of exotic earthworms into ecosystems inhabited by native earthworms. *Biological Invasions*, 8, 1287-1300.
- Instituto Terra Brasilis., 1999. Projeto Pedra-Sabão – Diagnóstico preliminar da atividade artesanal em pedra sabão na região de Ouro Preto e Mariana – MG.
- James, S.W., Brown, G.G., 2008. Ecologia e diversidade de minhocas no Brasil. In: Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O.; Brussaard, L. (Eds.), *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros*. Editora da UFLA, Lavras, pp. 193-276.
- Jänsch, S., Römbke, J., Didden, W., 2005. The use of enchytraeids in ecological soil classification and assessment concepts. *Ecotoxicology and Environmental Safety*.
- Janssen, B.H., 1990. A double-pot technique as a tool in plant nutrition studies. In: Van Beusichen, M.L. (Ed.), *Plant Nutrition—Physiology and Application*. Kluwer Academic Publisher, The Netherlands, pp. 759 - 763.
- Joshi, N. V., Kelkar, B. V., 1982. The role of earthworms in soil fertility. *The Indian Journal of Agricultural Science*, 22, 189-197.
- Kapusta, P., Sobczyk, Q., Rozen, A., Weiner, J., 2003. Species diversity and spatial distribution of enchytraeid communities in forest soils: effects of habitat characteristics and heavy metal contamination, *Applied Soil Ecology*, 23, 187–198.
- Karaca, A., Kizilkaya, R., Turgay, O.C., Cetin, S.C., 2010. Effects of earthworms on the availability and removal of heavy metals in soil. In: Sherameti, I., Varma, A. (Eds.), *Soil Heavy Metals*, Berlin. Springer, pp. 237-262.

- Kennette, D., Hendershot, W., Tomlin, A., Sauvé, S., 2002. Uptake of trace metals by the earthworm *Lumbricus terrestris* L. in urban contaminated soils. *Applied Soil Ecology*, 19, 191–198.
- Kühnelt, W. (Ed.), 1961. *Soil biology: with special reference to the animal kingdom*. London: Faber and Faber, pp. 397.
- Lavelle, P., Pashanasi, B., 1989. Soil Macrofauna and land management in Peruvian amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia*, 33, 283-29.
- Lavelle, P., 1997. Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research*, 27, 93-132.
- Lavelle, P., A. V. Spain. (Eds.), 2001. *Soil Ecology*. Amsterdam: Kluwer Scientific Publications.
- Lavelle, P., Dangerfield, M., Fragoso, C., Eschenbrenner, V., Lopez-Hernandez, D., Pashanasi, B., Brussaard, L., 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: Wooster, P. L., Swift, M. J. (Eds.). *The biological management of tropical soil fertility*. New York: John Wiley and Sons, pp. 137-169.
- Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P., Rossi, J.P., 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42, 3-15.
- Lee, K. E. (Ed.), 1985. *Earthworms: their ecology and relations with soils and land use*. London: Academic. 411 pp.
- Leonardos, O.H., Theodoro, S.C.H., Assad, M.L., 2000. Remineralization for sustainable agriculture: a tropical perspective from a Brazilian viewpoint. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 56, 3-9.

- Linden, D. R., Hendrix, P. F., Coleman, D. C., Van Vliet, P. C. J., 1994. Faunal indicators of soil quality. In: *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, Washington, USA: SSSA Special Publication, 35, pp. 91-106.
- Longo, A.D. (Ed.), 1995. *Minhoca: de fertilizadora do solo a fonte alimentar*. Ícone. 79 pp.
- Loureiro, F.E.L., Nascimento, M., 2002. Importância e função dos fertilizantes numa agricultura sustentável. Série Estudos e Documentos, 53. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 75 pp.
- Makeschin, F., 1997. Earthworms (Lumbricidae: Oligochaeta): important promoters of soil development and soil fertility. In: Benckiser, G. (Ed.). *Fauna in soil ecosystems: recycling processes, nutrient fluxes, and agricultural production*. New York: Marcel Dekker, 173-223 pp.
- Malavolta, E., Pimentel Gomes, F., Alcarde, J.C. (Eds.), 2003. *Adubos e adubações*. São Paulo: Nobel, 199 pp.
- MAPA - Instrução Normativa nº 64, de 18 de dezembro de 2008 - Diário Oficial da União Seção 1, Página 21. 19/12/2008.
- MARTINEZ, A.A. (Ed.), 1998. *A grande e poderosa minhoca: manual prático do minhocultor*. Jaboticabal:FUNEP. 4ª ed. 148 pp.
- Martinez, A.A., 1998. *A grande e poderosa minhoca: manual prático do minhocultor*. FUNEP, 4ª Ed., Jaboticabal. 148 pp.
- Maschio, W., Brown, G.G., 2010. Utilização de oligochaetas como indicadores ambientais em Sistemas agroflorestais (SAFs) e capoeiras em Adrianópolis (PR) e Barra Do Turvo (SP). Resumos do XXVIII Congresso Brasileiro de Zoologia. Belém – PA.
- Meinicke, A. C. (Ed.), 1982. *As oligochaetas*. Ponta Grossa: Coopersul.

- Melamed, R., Gaspar, J.C., Miekeley, N., 2007. Pó-de-rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais. CETEM/MCT, Série Estudos e Documentos. 72 pp.
- Michel, C., Devillez, E. J., 1978. Digestion. In: Mill, P.J. (Ed.), Physiology of Annelids. Academic Press, London, pp. 509-554.
- Motter, O.F., Kiehl, E.J., Kawai, H., Medel, L.E.; Yoshimoto, H., 1987. Utilização de minhocas na produção de composto orgânico. CETESB, São Paulo. 26 pp.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A.B., Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403, 853-858.
- Nuutinen, V., 1992. Earthworm community response to tillage and residue management on different soil types in southern Finland. Soil & Tillage Research, 23, 221-239.
- Oliveira Filho, D., Ferraz, I.D., Martins, J.H., Santos, L.C., Ribeiro Filho, O.P., Costa, D.R., 2005. Avaliação do deslocamento de minhocas (*Eudrilus eugeniae*) submetidas a pulsos elétricos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental 9, 433-440.
- Ortiz-Ceballos, A. I., Fragoso, C., 2004. Earthworm populations under tropical maize cultivation: the effect of mulching with velvetbean. Biology and Fertility of Soils, Berlin, 39, 438-445.
- Paoletti, M.G., 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. Agriculture, Ecosystems and Environment, 74, 137-155.
- Paoletti, M.G., Sommaggio, D., Favretto, M.R., Petruzzelli, G., Pezzarossa, B., Barbafieri, M., 1998. Earthworms as useful bioindicators of agroecosystem sustainability in orchards and vineyards with different inputs. Applied Soil Ecology, 10, 137-150.

- Paula, V.A.; Mendes, M.E.G., Scöffel, E.R., Peil, R.M.N., Ribeiro, D.S., Fraga, D.S., Andrade, F.F., 2008. Produção e distribuição de massa seca da parte aérea do morangueiro cultivado em ambiente protegido sob adubação orgânica. *Horticultura Brasileira* 26, 5931-5935.
- Peneireiro, F.M., 1999. Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso. Dissertação. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- R Development Core Team R., 2006. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rantalainen, M.L., Fritze, H., Haimi, J., Kiikkila, O., Pennanen, T., Setälä, H., 2004. Do enchytraeid worms and habitat corridors facilitate the colonisation of habitat patches by soil microbes? *Biology and Fertility of Soils*, 39, 200–208.
- Ribeiro, A.C., Guimarães, P.T.G., Álvares, V.H., 1999. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação. CFSEMG, Viçosa. 359 pp.
- Ricci, M.S.F., 1993. Crescimento e teores de nutrientes em cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) adubados com vermicomposto. Dissertação, Universidade Federal de Viçosa, Brasil.
- Righi, G. (Ed.), 1966. Invertebrados: A minhoca. Coleção Cientistas de amanhã. São Paulo: Instituto Brasileiro de Educação Ciência e Cultura.
- Righi, G. (Ed.), 1990. Oligochaetas de Mato Grosso e de Rondônia. Brasília: CNPq. 157 pp.
- Righi, G., 1997. Minhocas da América Latina: diversidade, função e valor. XXVI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Rio de Janeiro, CD-ROM, 27.

- Roeser, U., Roeser, H., Mueller, G., Tobschall, H. J., 1980. Petrogênese dos esteatitos do sudeste do Quadrilátero Ferrífero. - Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário de Camburiú, Santa Catarina. 2230 - 2245.
- Römbke, J., Jansch, S., Didden., W., 2005. The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 62, 249–265.
- Setälä, H., Huhta, V., 1991. Soil fauna increase *Betula pendula* growth—laboratory experiments with coniferous forest floor. *Ecology*, 72, 665–671.
- Silva, J., 2010. Invertebrados edáficos em sistemas de produção com café na zona da mata de Minas Gerais, 2010. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Fortaleza, CE.
- Snyder, B.A.; Hendrix, P.F., 2008. Current and potential roles of soil macroinvertebrates (earthworms, millipedes and isopods) in ecological restoration. *Restoration Ecology*, 16, 629-636.
- Soares, J.P., Cavalheiro, E.T.G., 2004. Caracterização físico-química de vermicomposto da região de São Carlos/SP. In: Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR, Anais. São Carlos: Disponível em: [www.propg.ufscar.br/publica](http://www.propg.ufscar.br/publica).
- Souza, H.N., 2006. Sistematização da experiência participativa com sistemas agroflorestais: rumo à sustentabilidade da agricultura familiar na Zona da Mata mineira. Dissertação (Solos e Nutrição de Plantas - Departamento de Solos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- Stevenson, F.J., Cole, M.A. (Eds.), 1999. *Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, micronutrients*. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 427.

- Suzuki, Y., Matsubara, T., Hoshino, M., 2003. Breakdown of mineral grains by earthworms and beetle larvae. *Geoderma* 112, 131-142.
- Tadros, M. S., 1980. Beach soil microfauna in Lower Egypt. In: *International Soil Zoology Colloquium*, 7, 29 July-3 Aug., 1980, New York. Anais. New York: International Society of Soil Science (ISSS). Session 4. 257-262 pp.
- Tanck, B.; Santos, H.R.; Dionísio, J.A., 2000. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo do solo sobre a flutuação populacional de Oligochaeta edáfico *Amyntas spp.* **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24, 409 – 415.
- Tapia-Coral, S.C.; Luizão, F.; Wandelli, E., 1999. Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazônia central. *Acta Amazonica*, 29(3), 477-495.
- Theodoro, S.H., 2000. Fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural. Tese de doutorado, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasil.
- Theodoro, S.H., Leonardos, O.H., 2006. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 78(4), 721-730.
- Theodoro, S.H., Leonardos, O.H., Rocha, E. L., Rego, K.G., 2006. Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes. *Espaço & Geografia*, 9(2), 263 - 292.
- Turco, R. F., Blume, E., 1999. Indicators of soil quality. In: Siqueira, J. O; Moreira, F. M. S.; Lopes, A. S.; Guilherme, L. G. R.; Faquin, V.; Furtini Neto, A. E.; Carvalho, J. G. (Org.). (Eds.). *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Viçosa: SBCS ; Lavras: UFLA/DCS, pp. 529-549.
- Van Breemen, N., Buurman, P., 2002. *Soil formation*, 2nd Ed. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 380 pp.

- Van Vliet, P.C.J., West, L.T., Hendrix, P.F., Coleman, D.C., 1993. The influence of Enchytraeidae (Oligochaeta) on the soil porosity of small microcosms. *Geoderma*, 56, 287–299.
- Vaughan, D., Malcolm, R.E., 1985. Influence of humic substances on growth and physiological processes. In: Vaughan, D., Malcolm, R.E. (Ed.), *Soil organic matter and biological activity*. Martinus Nijhoff Junk Publisher, Dordrecht, pp. 37-75.
- WARDLE, D.A., 1995. Impacts of disturbance on detritus food webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices. *Advances Ecological Research*, 26, 105-182.
- Weerasuriya, T.J., Thilakarathna P.K., Cooray, P.I., 1996. Evaluation of phlogopite mica and k-feldspar as slow-release multinutrient fertilizers. In: Gupta, A.K., Kerrich, R. (Eds.), *The Dynamic Geosphere*. Allied Publishers Ltd.
- Zang, Y.; Zhong, Y.; Luo, Y.; Kong, Z.M., 2000. Genotoxicity of two novel pesticides for earthworm, *Eisenia foetida*. *Environmental Pollution*, 108. 271-278.