



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA  
GERAL/BIOPROSPECÇÃO**



**INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DE SOLO EM SISTEMAS  
AGROFLORESTAIS BIODIVERSOS PARA FINS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS  
DEGRADADAS**

**PATRÍCIA ROCHEFELER AGOSTINHO**

**DOURADOS – MS  
2017**

**PATRÍCIA ROCHEFELER AGOSTINHO**

**INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DE SOLO EM SISTEMAS  
AGROFLORESTAIS BIODIVERSOS PARA FINS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS  
DEGRADADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Biologia Geral-Bioprospecção.

Orientador: Prof. Dr. Milton Parron Padovan.  
Coorientador: Prof. Dr. Rogério Ferreira da Silva.

**DOURADOS – MS  
2017**

**Fábio Martins Mercante (in memoriam)**

Para estar junto não é preciso estar perto, e sim do lado de dentro.

**- Leonardo da Vinci.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente, por minha vida, e por mais esta conquista e a iluminação dos meus caminhos e percalços percorridos até o presente.

Aos meus amigos Vladimir Andrei Tarasiuk e Henrique Bonin, por acreditarem em mim.

Aos meus orientadores, Professores Doutores Milton Parron Padovan e Rogério Ferreira da Silva, pelo interesse neste novo projeto, confiança, apoio e empenho.

Aos meus amigos Nathália, Anderson e Izabelli, pela ajuda nas análises laboratoriais.

À Universidade Federal da Grande Dourados e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Geral/Bioprospecção pela oportunidade de formação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

E a todos que, de alguma maneira, ajudaram a desenvolver esse trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMO GERAL .....	viii
ABSTRAT .....	ix
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	01
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	02
<b>3. CAPÍTULO I - Dinâmica da macrofauna do solo em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul .....</b>	<b>04</b>
RESUMO .....	04
ABSTRACT .....	05
3.1 INTRODUÇÃO .....	06
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	07
3.2.1 Caracterização da área de estudo .....	07
3.2.2 Delineamento experimental e caracterização do experimento .....	09
3.2.4 Condução do experimento.....	11
3.2.5 Análise estatísticas .....	12
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	13
3.4 CONCLUSÕES .....	19
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19
<b>4. CAPÍTULO II - Dinâmica da fauna invertebrada epigeica em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul .....</b>	<b>25</b>
RESUMO .....	25
ABSTRACT .....	26
4.1 INTRODUÇÃO .....	27
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	28
4.2.1 Caracterização da área de estudo .....	28
4.2.2 Delineamento experimental e caracterização do experimento .....	29
4.2.4 Condução do experimento.....	31
4.2.5 Análise estatísticas .....	32
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33

4.4 CONCLUSÕES .....	38
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
<b>5. CAPÍTULO III - Atributos microbiológicos em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul .....</b>	<b>43</b>
RESUMO .....	43
ABSTRACT .....	44
5.1 INTRODUÇÃO .....	45
5.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	46
5.2.1 Caracterização da área de estudo .....	48
5.2.2 Delineamento experimental e caracterização do experimento .....	50
5.2.4 Condução do experimento.....	51
5.2.5 Análise estatísticas .....	51
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	56
5.4 CONCLUSÕES .....	56
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55
6. ANEXO I Listagem das famílias e espécies com seus respectivos nomes populares e determinação do número de indivíduos de cada espécie nos sistemas agroflorestais (SAF). Bonito, MS, 2016.....	61

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO I - Dinâmica da macrofauna do solo em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul ..... 04**

**Tabela 1** – Atributos químicos do solo em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e um sistema semeadura direta nas profundidades (0-10, 10-20 e 20-30) do solo. Bonito, MS, 2016..... 08

**Tabela 2** – Atributos granulométricos do solo em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e um sistema semeadura direta nas profundidades (0-10, 10-20 e 20-30). Bonito, MS, 2016. .... 09

**Tabela 3** - Frequência relativa de grupos taxonômicos (%) da comunidade da macrofauna edáfica em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e em um sistema convencional, em duas épocas de avaliação (agosto e dezembro). Bonito, MS, 2016. .... 14

**Tabela 4** – Abundância (ind. m<sup>2</sup>) e Riqueza (nº de grupos) da comunidade de invertebrados edáficos em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e em sistema plantio direto, em duas épocas de avaliação (agosto e dezembro) e três profundidades (0-10), (10-20) e (20-30). Bonito, MS, 2016. .... 16

**Tabela 5** - Índice de Diversidade Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade de Pielou (e) da comunidade de invertebrados edáficos em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e em um sistema plantio direto em duas épocas de avaliação. Bonito, MS, 2016. ....17

### **CAPÍTULO II - Dinâmica da fauna invertebrada epigeica em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul ..... 24**

**Tabela 1** – Atributos químicos e físicos do solo em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e um sistema semeadura direta na camada de 0,0-10cm de profundidade. Bonito, MS, 2016. ....29

**Tabela 2** - Frequência relativa de grupos taxonômicos (%) da comunidade da fauna invertebrada epigeica do solo em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e um sistema convencional, em duas épocas de avaliação (agosto e dezembro). Bonito, MS, 2016. .... 34

**Tabela 3** - Índice de Diversidade Shannon-Weaner e Equitabilidade de Pielou da comunidade de invertebrados epígeos em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e em um sistema convencional em duas épocas de avaliação no ano. Bonito, MS, 2016. .... 36

### **CAPÍTULO III - Atributos microbiológicos em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul ..... 42**

**Tabela 2** – Atributos químicos e granulométricos do solo em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e um sistema semeadura direta na camada de 0,0-10cm de profundidade. Bonito, MS, 2016. .... 48

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I - Dinâmica da macrofauna do solo em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul ..... 04

**Figura 1** – Precipitação pluviométrica (PP), temperatura (T°C) e umidade relativa do ar (UR) durante os meses de condução do experimento em Bonito, MS, 2016. Fonte: Estação meteorológica de Cemtec/MS-Agraer (Unidade de Jardim-MS). .....08

**Figura 2** – Acúmulo de serrapilheira (t ha<sup>-1</sup>) em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e sistema semeadura direta, em duas épocas. Bonito, MS, 2016. .... 13

**Figura 3** - Dendrograma de dissimilaridade entre as comunidades de macrofauna invertebrada de solo em dois períodos de avaliação (agosto-seco e dezembro-chuvoso) em sistemas agroflorestais, vegetação nativa e sistema plantio direto. Bonito, MS, 2016. .... 19

### CAPÍTULO II - Dinâmica da fauna invertebrada epigeica em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul ..... 24

**Figura 3** – Precipitação pluviométrica (PP), temperatura (T°C) e umidade relativa do ar (UR) durante os meses de condução do experimento em Bonito, MS, 2016. Fonte: Estação meteorológica de Cemtec/MS-Agraer (Unidade de Jardim-MS) ..... 29

**Figura 4** - Acúmulo de serrapilheira (t ha<sup>-1</sup>) em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e sistema semeadura direta, em duas épocas. Bonito, MS, 2016. Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si. .... 33

**Figura 3** - Abundância (a) e riqueza (b) de organismos da fauna epigeica verificados em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e em um sistema convencional, em duas épocas de avaliação no ano. Bonito, MS, 2016. \*Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. .... 36

**Figura 4** - Dendrograma de dissimilaridade da comunidade dos invertebrados epígeos, com base na distância euclidiana, em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos (SAF's), vegetação nativa (VN), sistema plantio direto (SD) período de verão. Bonito, MS, 2016. .... 37

**Figura 5** - Dendrograma de dissimilaridade da comunidade dos invertebrados epígeos, com base na distância euclidiana, em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos (SAF's), vegetação nativa (VN), sistema plantio direto (SD), período de inverno. Bonito, MS, 2016. .... 38

### CAPÍTULO III - Atributos microbiológicos em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul ..... 42

**Figura 5** – Precipitação pluviométrica (PP), temperatura (T°C) e umidade relativa do ar (UR) durante os meses de condução do experimento em Bonito, MS, 2016. Fonte: Estação meteorológica de Cemtec/MS-Agraer (Unidade de Jardim-MS). \*meses de coleta. ....47

**Figura 6** - Acúmulo de serrapilheira (t ha<sup>-1</sup>) em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e sistema plantio direto, em duas épocas. Bonito, MS, 2016. Médias com letras

iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si. .....	51
<b>Figura 3</b> - Carbono da biomassa microbiana (C-BMS), em solos sob sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação e em um sistema plantio direto, em duas épocas de avaliação. Bonito, MS, 2016. Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si. ....	53
<b>Figura 7</b> – Respiração Basal (C-CO <sub>2</sub> ) em solos sob sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e em um sistema plantio direto, em duas épocas de avaliação. Bonito, MS, 2016. Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si. ....	54
<b>Figura 8</b> – Quociente Metabólico ( <i>q</i> -CO <sub>2</sub> ) em solos sob sistemas agroflorestais biodiversos, mata nativa e em um sistema plantio direto, em duas épocas de avaliação. Bonito, MS, 2016. Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si. ....	55
<b>Figura 9</b> - Quociente Microbiano ( <i>q</i> -MIC) em solos sob sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e em um sistema plantio direto, em duas épocas de avaliação. Bonito, MS, 2016. Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si. ....	54
<b>Figura 7</b> - Dendrograma de similaridade de indicadores microbiológicos em solos sob sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e em um sistema plantio direto. Bonito, MS, 2016. .....	52

## RESUMO GERAL

A fauna invertebrada epigéica, assim como a biomassa e a atividade microbiana se mostram eficientes indicadoras de qualidade do solo, por apresentarem alta sensibilidade as alterações no ambiente. A sensibilidade desses atributos biológicos do solo tem papel fundamental na avaliação das atividades antrópicas, sendo uma ferramenta para monitorar a qualidade do solo. Objetivou-se com o trabalho avaliar a qualidade do solo, utilizando como bioindicadores a fauna invertebrada epigéica, a biomassa e, a atividade microbiana em sistemas de agroflorestais biodiversos. O estudo foi conduzido no ano de 2016 em seis propriedades particulares localizadas no município de Bonito, MS. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no tempo e estratos de profundidade, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por seis sistemas: sistemas agroflorestais biodiversos 1, 2, 3 e 4, um fragmento de mata nativa e um sistema plantio direto. Os bioindicadores foram avaliados no mês de agosto e no mês de dezembro de 2016. Para avaliação da fauna invertebrada epigeica, foram instaladas no centro de cada área cinco armadilhas de queda (“pitfall”), totalizando 24 armadilhas. A caracterização da fauna invertebrada epigeica foi realizada com base na distribuição relativa (%); densidade (nº de indivíduos); riqueza (nº de grupos); índice de diversidade de Shannon; índice de equabilidade de Pielou. A biomassa microbiana foi avaliada coletando-se amostras de solo na profundidade 0,0 - 0,10 cm. As variáveis avaliadas foram: carbono da biomassa microbiana, respiração basal, quociente metabólico, quociente microbiano e o carbono orgânico do solo. Foi avaliado também, o acúmulo de serrapilheira ( $t\ ha^{-1}$ ). O acúmulo de serrapilheira, no período chuvoso, destacou-se para o SAF 1 e 3, com valores até maiores que os encontrados na VN. A maior diversidade ( $H'$ ) e uniformidade ( $e$ ) foram similares para o SAF 1 na época chuvosa (0-10), indicando uma maior intensidade da macrofauna edáfica nesse sistema. Os fatores climáticos relacionado as épocas de coleta, assim como os diferentes sistemas avaliados influenciam: serrapilheira, frequência, abundância, riqueza, diversidade e equitabilidade dos grupos taxonômicos na fauna epigeica como também a biomassa e atividade microbiana do solo. O sistema vegetação nativa e SAF 1 favoreceram a biomassa microbiana do solo e o quociente metabólico.

**Palavras-chave:** biomassa microbiana, fauna epigéica, sistemas agroflorestais

## ABSTRACT

The fauna of epigenetic invertebrates, as well as biomass and microbial activity, are efficient indicators of soil quality, due to the high sensitivity of the changes in the environment. The sensitivity of these biological attributes of the soil plays a fundamental role in the evaluation of the anthropic activities, being a tool to monitor the quality of the soil. The objective of this work was to evaluate soil quality, using as bioindicators the fauna of epigene invertebrates, biomass and microbial activity in agroforestry systems of biodiversity. The study was conducted in 2016 in six private properties located in the municipality of Bonito, MS. The experimental design was a randomized complete block design, with plots subdivided in time and depth, with four replications. The treatments consisted of six systems: agroforestry systems 1, 2, 3 and 4, a native forest fragment and a no-tillage system. The bioindicators were evaluated in august and december 2016. To evaluate the fauna of epigeonic invertebrates, four "pitfall" traps were installed in the center of each area, totaling 24 traps. The characterization of the invertebrate epithelial fauna was performed based on the relative distribution (%); Density (number of individuals); Wealth (number of groups); Shannon diversity index; Pielou equability index. Microbial biomass was evaluated by collecting soil samples with a depth of 0.0 - 0.10 cm. The variables evaluated were: microbial carbon biomass, basal respiration, metabolic quotient, microbial quotient and soil organic carbon. Garbage accumulation ( $t\ ha^{-1}$ ) was also evaluated. The litter accumulation, in the rainy season, stood out for SAF 1 and 3, with values even higher than those found in VN. The highest diversity ( $H'$ ) and uniformity ( $e$ ) were similar for SAF 1 in the rainy season (0-10), indicating a higher intensity of edaphic macrofauna in this system. The climatic factors related to the collection seasons, as well as the different evaluated systems influence: litter, frequency, abundance, richness, diversity and equitability of the taxonomic groups in the epigeic fauna as well as the biomass and microbial activity of the soil. The native vegetation system and SAF 1 favored soil microbial biomass and the metabolic quotient.

**Keywords:** microbial biomass, epigenetic fauna, agroforestry systems

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Com a globalização da economia e com os mercados competitivos, tem-se enfrentado grande pressão política, econômica e social pela necessidade de compatibilizar aumentos de produtividade com a conservação ambiental. A busca por aumentos da produção agropecuária tem levado a desmatamentos, o que tem despertado preocupação quanto à sustentabilidade dos agroecossistemas.

Por essas ações, de maneira geral, serem conduzidas sem se considerarem as características peculiares dos distintos ambientes que compõem a paisagem e, invariavelmente, tendem a contribuir para o desequilíbrio ambiental, e nem sempre resultam em aumentos da produtividade (CARDOSO et al., 2009).

Nesse contexto, os sistemas agroflorestais biodiversos (SAFs) podem se constituir em alternativa de produção agropecuária que busca minimizar o efeito da intervenção humana nos sistemas naturais. A consorciação de várias espécies dentro de uma área aumenta a diversidade do ecossistema, em que as interações benéficas são aproveitadas entre as plantas de diferentes ciclos, portes e funções (FEIDEN, 2009). Embora haja diversos tipos de sistemas agroflorestais, incluindo ampla faixa de número de espécies utilizadas, desenhos e manejos, a biodiversidade envolvida nesses sistemas de produção é sempre maior do que aquela existente nas monoculturas (SILVA, 2002).

Uma das estratégias utilizadas para avaliar as possíveis alterações do solo em decorrência do tipo de uso, e de técnicas de manejo, é a comparação de atributos do solo cultivado em relação àquele sob vegetação natural. (GAMA-RODRIGUES et al., 2008). A comparação entre esses sistemas só tem validade se for monitorada e pode ser feito com base nos indicadores de qualidade do solo.

Dentre os indicadores de qualidade do solo, os de natureza biológica deve ser prioridade em qualquer monitoramento, principalmente aqueles envolvendo a participação de microrganismos, que por sua elevada abundância, atividades metabólicas e bioquímicas são mais sensíveis em medir e avaliar os efeitos de distúrbios ambientais do que os físicoquímicos, permitindo antecipar as medidas de manejo nos agroecossistemas (TÓTOLA; CHAER, 2002; SCHLOLER et al., 2003; BARETTA et al., 2008; SILVA et al., 2009).

Pode-se dizer também que a comunidade de invertebrados da macrofauna tem sido utilizada como indicadora da qualidade do solo e/ou de distúrbios ambientais em função de sua rápida resposta às intervenções nos ecossistemas, bem como devido a sua importante contribuição nos processos edáficos (PAOLETTI, 1999; BARROS et al., 2003; ANTUNES et al., 2008; BROWN et al., 2009; BARETTA et al., 2011).

Os invertebrados epigéicos, de fundamental importância na manutenção da qualidade do solo, através de suas atividades biodinâmicas, podendo promover a redistribuição de nutrientes e matéria orgânica em determinada área e por ocuparem níveis tróficos da cadeia alimentar, participando diretamente no equilíbrio do ecossistema (LAVELLE; SPAIN, 2001).

Dentre outros atributos, a fertilidade e matéria orgânica, são importantes para evitar e recuperar as áreas que se encontram em algum estágio de degradação, manter ou melhorar a qualidade destas áreas, entretanto é necessário um melhor entendimento dos indicadores biológicos do solo para o monitoramento da qualidade do solo em áreas de produção, contribuindo para altas produtividades e a sustentabilidade de sistemas agroflorestais.

Nesse contexto, desenvolveu-se um estudo cujo objetivo foi identificar impactos de sistemas agroflorestais biodiversos na dinâmica da macrofauna do solo, fauna invertebrada epigeica e em atributos microbiológicos, como indicadores de qualidade do solo.

As avaliações realizadas geraram resultados, os quais darão origem a três capítulos que compõem essa dissertação, sendo: 1) Dinâmica da macrofauna do solo em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul, 2) Dinâmica da fauna invertebrada epigeica em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul e 3) Atributos microbiológicos em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, S. C.; PEREIRA, R.; SOUZA, J. P.; SANTOS, M. C.; GONÇALVES, F. Spatial and temporal distribution of litter arthropods in different vegetation covers of Porto Santo Island (Madeira Archipelago, Portugal). **European Journal of Soil Biology**, New Jersey, v. 44, p. 45-56, 2008.

BARETTA, D., MALUCHE-BARETTA, C. R. D. M.; CARDOSO, E. J. B. N. Análise multivariada de atributos microbiológicos e químicos do solo em florestas com *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 32, p. 2683-2691, 2008.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA-FILHO, L. C. L.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG-FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 7, p. 141-192. 2011.

BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHARD, E.; FERNANDES, E. C. M.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, Berlin, v. 47, p. 273-280, 2003.

BROWN, G. G.; MASCHIO, W.; FROUFE, L. C. M. **Macrofauna do solo em sistemas agroflorestais e Mata Atlântica em regeneração nos municípios de Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 51 p. (Embrapa Floresta. Documentos, 184).

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 6, p. 631-637, 2009.

FRAGOSO, C.; ROJAS, P.; BROWN, G. The role of soil macrofauna in the paradigm of tropical soil fertility: some research imperatives. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.;

CARVALHO, J. G. (Eds.). **Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS; Lavras: UFLA/DCS, p. 421-428. 1999.

FEIDEN, A. **Métodos alternativos para biocontrole na agricultura**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. Disponível em: <file:///C:/Users/Acer%20Aspire/Desktop/FOL148.pdf>. Acesso em: 26 agost. 2016.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; VIANA, A. P.; SANTOS, G. A. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1489-1499, 2008.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 654 p. 2001.

PAOLETTI, M. G. Using bioindicators based on biodiversity to asses landscape sustainability. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 74, p. 1-18, 1999.

SILVA, P. P. V. **Sistemas agroflorestais para recuperação de matas ciliares em Piracicaba, SP**. Piracicaba, 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2002.

SCHLOTTER, M.; DILLY, O.; MUNCH, J. C. Indicators for evaluating soil quality. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 98, p. 255-262, 2003.

SILVA, L. G.; MENDES, I. C.; REIS-JUNIOR, F. B.; FERNANDES, M. F.; MELO, J. T.; KATO, E. Atributos físicos, químicos e biológicos de um latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 613-620, 2009.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.;

BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 2, p. 195-276, 2002.

## CAPÍTULO I

### **Dinâmica da macrofauna do solo em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul**

**Resumo** - O estudo da macrofauna do solo em áreas de sistemas agroflorestais é importante para entender os processos edáficos que ocorrem nestes ecossistemas, já que esses organismos atuam na decomposição e mineralização da matéria orgânica e na manutenção da estrutura do solo. O presente estudo teve o objetivo avaliar o efeito do uso do solo sobre o potencial da macrofauna invertebrada em diferentes agroecossistemas. As áreas estudadas incluíram quatro sistemas agroflorestais biodiversos, uma área de vegetação nativa e um sistema plantio direto. Em cada área foram coletadas quatro amostras de solo, em duas épocas contrastantes (agosto - período seco e dezembro - período chuvoso), usando o método de escavação e triagem manual de monólitos (TSBF). Observou-se que a abundância e riqueza de espécies dos grupos taxonômicos com a época de coleta e são favorecidas na época chuvosa. A abundância e riqueza de espécies dos grupos taxonômicos da macrofauna edáfica varia com a época de coleta e são favorecidas na época chuvosa. Houve variação significativa na diversidade de macroinvertebrados nos dois períodos de coleta, porém constatou-se baixa diversidade, típica quando existem grupos dominantes, como no caso da Nematódeos e Oligochaetas. A maior diversidade ( $H'$ ) e a uniformidade ( $e$ ) foram similares para o SAF 3 na época seca e em todas as profundidades (0-10; 10-20; 20-30 cm). O acúmulo de serrapilheira, no período chuvoso, destacou-se o acúmulo de serapilheira no sistema SAF 1 e 3, com valores até maiores que os encontrados na VN.

**Palavras-chave:** solo, fauna edáfica, bioindicadores

**Abstract** - The study of soil macrofauna in areas of agroforestry systems is important to understand the edaphic processes that occur in these ecosystems, since these organisms act in the decomposition and mineralization of the organic matter and in the maintenance of the soil structure. The present study had the objective to evaluate the effect of the use of the soil on the potential of invertebrate macrofauna in different agroecosystems. The areas studied included four biodiverse agroforestry systems, an area of native vegetation and a no-tillage system. In each area four soil samples were collected, in two contrasting seasons (August - dry period and December - rainy season), using the method (Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF). It was observed that the abundance and richness of the species of the taxonomic groups with the collection season and are favored in the rainy season. The abundance and species richness of the taxonomic groups of the edaphic macrofauna varies with the collection season and are favored in the rainy season. There was a significant variation in the diversity of macroinvertebrates in the two collection periods, but it was observed low diversity, typical when there are dominant groups, as in the case of Nematodes and Oligochaetas. The highest diversity ( $H'$ ) and uniformity ( $e$ ) were similar for SAF 3 in the dry season and at all depths (0-10, 10-20, 20-30 cm). The accumulation of litter in the rainy season was characterized by the accumulation of litter in SAF 1 and 3, with values even higher than those found in VN.

**Key words:** soil, edaphic fauna, bioindicators

### 3.1 Introdução

O solo é o habitat de um grande número de organismos que estão em constante interação, cujas atividades determinam, em grande parte, as propriedades físicas, químicas e biológicas desse componente do ambiente. A atividade da fauna edáfica contribui para a estrutura do solo por meio da movimentação de partículas minerais, orgânicas e ciclagem de nutrientes, entre outros processos, constituindo um ambiente fértil, aumentando a porosidade do solo, através de atividades pedobiológicas (COLEMAN et al., 1983; HÖFER et al., 2001). Ela ocupa diversos níveis tróficos dentro da cadeia alimentar no solo e afeta a produção primária de maneira direta e indireta (AQUINO et al., 2008a).

A macrofauna edáfica é representada por animais com diâmetro do corpo maior do que 2,0 mm, como formigas, coleópteros, aranhas, minhocas, centopéias, diplópodes, entre outros (AQUINO et al., 2008b). Ela pode ser influenciada tanto pela quantidade quanto pela qualidade de material vegetal aportado ao solo (Carrillo et al., 2011), e seus indivíduos podem ser classificados de acordo com seu papel funcional no solo, como os grupos transformadores da serrapilheira e os engenheiros do ecossistema, que contribuem com serviços ecossistêmicos de suporte e regulação (Brown et al., 2015).

A composição da comunidade da macrofauna edáfica do solo e sua abundância são indicadores da biodiversidade do solo e da intensidade das atividades biológicas (VELÁSQUEZ et al., 2007). No entanto, apesar da importância dos invertebrados para a manutenção da qualidade do solo, ainda se conhece pouco sobre a macrofauna edáfica em áreas antropizadas (Brown et al., 2015).

A agricultura intensiva envolve elevado uso de insumos externos, que promovem alterações importantes na estrutura das comunidades, abundâncias e biomassas da fauna e microbiota do solo (MARCHÃO et al., 2009) e sobrepõem-se a processos biológicos do solo e na definição da produtividade agrícola (ANDERSON, 2009). Contudo, para a manutenção da qualidade do solo e da sustentabilidade de seu uso é fundamental que a abundância e diversidade de espécies da macrofauna edáfica seja favorecida (VOHLAND; SCHROTH, 1999; MERLIM et al., 2005; SILVA et al., 2006; 2008).

O desenvolvimento da agricultura, tem como base de sustentação o solo que é um recurso limitado e sujeito a degradações de origem antrópica. As alterações causadas pela atividade agrícola podem ocorrer indiretamente, pela melhoria na fertilidade do solo e aumento da qualidade nutricional dos resíduos, que possibilitariam colonização de

habitats antes desfavoráveis. Também podem ocorrer diretamente pelo efeito negativo do revolvimento do solo e da aplicação de agrotóxicos (MARCHÃO, 2007).

Nesse sentido, os sistemas agroflorestais biodiversos (SAFs), em virtude da semelhança com sistemas naturais (BARROS et al., 2008), podem representar a combinação ideal para favorecer a biota do solo, oferecendo alta disponibilidade de matéria orgânica e refúgio para os microrganismos, não havendo grandes perturbações provenientes do manejo intensivo (LUIZÃO; SCHUBART, 1987), podendo até mesmo favorecer o restabelecimento da fauna e seus mais variados benefícios ao solo (LIMA et al., 2010), uma vez que o entendimento da interação entre as propriedades do solo é fundamental para embasar as atividades antrópicas, utilizando-se o ecossistema de forma mais racional para uma produção agrícola sustentável (SILVA et al., 2011).

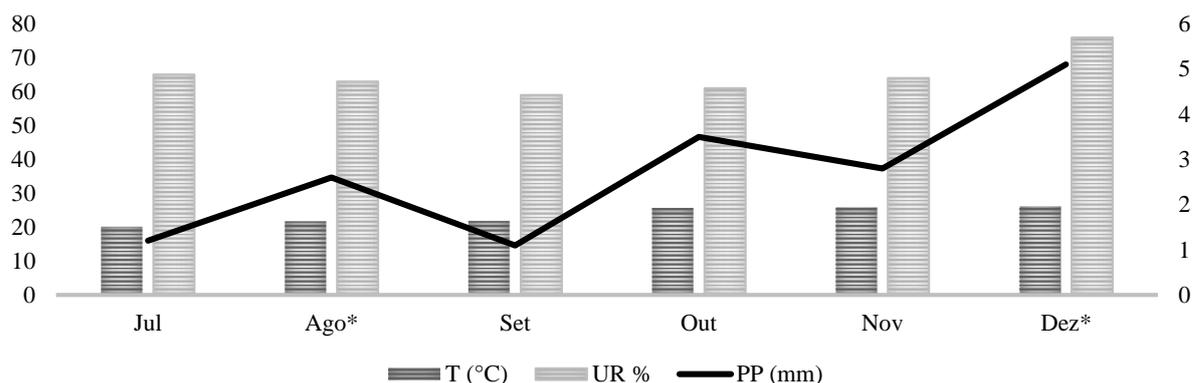
A partir dos referenciais expostos, desenvolveu-se um estudo com o objetivo conhecer o efeito do uso do solo sobre a densidade e a diversidade da macrofauna invertebrada, e a relação desta com atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas.

## **3.2 Materiais e Métodos**

### **3.2.1 Caracterização da área de estudo**

O estudo foi realizado em 2016, no Assentamento Santa Lúcia, localizado no Município de Bonito (coordenadas geográficas de 21°07'16" S e 56°28'55" W, e altitude média de 315 m), na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul, na microrregião denominada Bodoquena. A região possui predominância de cerrado arbóreo denso, florestas estacionais semidecíduais e matas estacionais semidecíduais aluviais (BUENO et al., 2007).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW - tropical quente com duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca, sendo influenciado pelo relevo, que ameniza as temperaturas (BRAMBILLA, 2007). Os dados climáticos durante a condução do experimento estão sumarizados na figura 1.



**Figura 10** – Precipitação pluviométrica (PP), temperatura (T°C) e umidade relativa do ar (UR) durante os meses de condução do experimento em Bonito, MS, 2016. Fonte: Estação meteorológica de Cemtec/MS-Agraer (Unidade de Jardim-MS). \*meses de coleta.

O solo e a vegetação apresentam-se distribuídos de acordo com o relevo e as litologias, onde ocorrem às formas aplanadas em litologia de formação Cerradinho, domina Nitossolo Vermelho Eutrófico Latossólico (Embrapa, 1999). Os atributos químicos, físicos do solo dos sistemas aqui analisados estão descritas na tabela 1 e 2.

**Tabela 1** – Atributos químicos do solo em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e um sistema semeadura direta nas profundidades (0-10, 10-20 e 20-30) do solo. Bonito, MS, 2016.

ÁREAS	Prof. (cm)	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	SB	V	m	M.O
		H <sub>2</sub> O	(mg dm <sup>-3</sup> )	----- (cmolc dm <sup>-3</sup> ) -----						%		(g dm <sup>-3</sup> )	
SAF 1	(0-10)	5,31	7,91	0,23	6,69	1,69	0,05	5,31	13,92	8,60	61,82	0,58	39,98
	(10-20)	4,81	2,17	0,10	5,83	1,36	0,20	7,87	15,16	7,29	48,08	2,61	33,32
	(20-30)	4,87	1,04	0,07	5,05	0,89	0,25	6,64	12,66	6,01	47,52	3,99	29,07
SAF 2	(0-10)	5,09	5,94	0,43	5,66	1,55	0,10	5,72	13,37	7,65	57,19	1,23	27,11
	(10-20)	4,64	3,05	0,30	4,23	1,40	0,42	6,23	12,16	5,93	48,76	6,61	22,83
	(20-30)	5,61	3,26	0,33	6,08	1,30	0,03	3,74	11,46	7,71	67,33	0,32	22,53
SAF 3	(0-10)	4,97	3,68	0,13	6,82	1,75	0,07	6,43	15,13	8,70	57,48	0,74	32,28
	(10-20)	4,96	1,41	0,06	6,05	1,50	0,17	5,97	13,58	7,61	56,01	2,19	27,74
	(20-30)	4,76	1,08	0,06	5,35	1,35	0,26	6,17	12,93	6,76	52,30	3,70	26,39
SAF 4	(0-10)	5,34	7,66	1,46	8,68	2,61	0,04	4,39	17,13	12,74	74,37	0,31	63,17
	(10-20)	5,12	2,71	1,34	6,60	2,06	0,02	5,31	15,31	10,00	65,30	0,15	40,30
	(20-30)	4,86	1,83	1,23	5,30	1,69	0,07	6,43	14,65	8,21	56,07	0,85	33,37
VN	(0-10)	6,52	4,89	1,17	12,64	3,43	0,02	2,30	19,54	17,24	88,25	0,12	88,62
	(10-20)	6,27	2,84	0,92	10,56	2,86	0,01	2,55	16,90	14,34	84,89	0,07	51,58
	(20-30)	5,89	1,96	0,93	9,40	2,66	0,01	2,53	15,52	12,99	83,72	0,08	38,23
SD	(0-10)	4,83	33,93	0,77	6,68	1,86	0,08	7,08	16,38	9,30	56,79	0,80	41,17
	(10-20)	4,76	20,65	0,42	7,09	1,62	0,09	7,23	16,37	9,14	55,82	0,98	35,08
	(20-30)	4,94	5,94	0,26	6,32	1,29	0,13	5,60	13,47	7,87	58,41	1,62	26,91

**Tabela 2** – Atributos granulométricos do solo em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e um sistema semeadura direta nas profundidades (0-10, 10-20 e 20-30). Bonito, MS, 2016.

ÁREAS	Prof. (cm)	Areia	Silte g Kg <sup>-1</sup>	Argila
SAF 1	(0-10)	145,63	123,86	730,51
	(10-20)	128,97	107,20	763,84
	(20-30)	112,30	107,20	780,50
SAF 2	(0-10)	112,30	140,53	747,17
	(10-20)	95,63	140,53	763,84
	(20-30)	78,97	140,53	780,50
SAF 3	(0-10)	95,63	223,86	680,51
	(10-20)	195,63	107,20	697,17
	(20-30)	178,96	107,20	713,84
SAF 4	(0-10)	128,97	247,72	623,31
	(10-20)	95,63	214,39	689,97
	(20-30)	78,97	197,73	723,31
VN	(0-10)	128,97	257,19	613,84
	(10-20)	78,97	247,72	673,31
	(20-30)	62,30	231,06	706,64
SD	(0-10)	112,30	173,86	713,84
	(10-20)	95,63	157,19	747,17
	(20-30)	62,30	157,19	780,50

Em todos os sistemas avaliados, as amostras de solo e serapilheira foram coletadas durante os meses de agosto (período de inverno) e novembro (período chuvoso) de 2016. Para a análise dos tratamentos, o delineamento utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida com quatro repetições.

### 3.2.2 Delineamento experimental e caracterização do experimento

Para a realização desse trabalho, foram utilizados quatro sistemas agroflorestais biodiversos, um sistema semeadura direta e uma área de vegetação nativa antropizada, conforme descrição sucinta a seguir:

- **SAF 1** - Sítio Rancho do Chuca, sob a responsabilidade do Sr. Antônio Batista Morais. Em 2005, iniciou a implantação do SAF biodiverso numa área de 0,65 hectares, ao redor da casa, com objetivo da produção de alimentos, geração de renda e recuperação da área degradada, inicialmente implantando manivas de mandioca. Em seguida realizou a implantação de mudas de várias espécies arbóreas nativas e exóticas, dispendo-as ao acaso. Como criador de animais possui: 20 bovinos (*Bos taurus*), desde 2005 até 2017

(faz parte do SAF). Na propriedade desde 2005 até 2017, produz: erva mate (*Ilex paraguariensis*) 33 mudas e mandioca (*Manihot esculenta*).

- **SAF 2** - Chácara Mongone, sob a responsabilidade do Sr. Nelson Antônio Tomeleiro. A implantação do sistema foi iniciada no ano 2000, com objetivos de produção de alimentos, geração de renda, melhoria do clima, quebra-ventos e recuperação ambiental, e ocupa área de 01 ha. No sistema agroflorestal faz poda uma vez ao ano. Possui uma horta com 1200 m<sup>2</sup>, com alface (*Lactuca sativa* L.), couve (*Brassica oleracea*), cheiro verde (*Petroselinum crispum*), cebolinha (*Allium schoenoprasum* L.). Sua criação de animais consiste em: 25 bovinos (*Bos taurus*), 120 galinhas e 100 pintinhos (*Gallus gallus domesticus*). No período de 2000 até 2017 foram cultivados na propriedade: milho (*Zea mays* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), mandioca (*Manihot esculenta*), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e café (*Coffea arabica* L.).

- **SAF 3** - Chácara Vitória, sob a responsabilidade do Sr. Geraldo Trelha. Em 2003, iniciou-se a implantação do SAF biodiverso com tamanho de 0,5 ha, implantando culturas como: *Cucurbita moschata* Duch. (Abóbora), *Ananas comosus* L. Merrill (abacaxi) e adubos verdes, com objetivo de manter a cobertura do solo. Como criador de animais possui 25 bovinos (*Bos taurus*), desde 2010 até 2017 (não faz parte do SAF), galinha (*Gallus gallus domesticus*) 150 (faz parte do SAF). Produz desde 2010: mandioca (*Manihot esculenta*), milho (*Zea mays* L.), batata (*Solanum tuberosum*), abóbora (*Cucurbita pepo* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill.), café (*Coffea arabica* L.).

- **SAF 4** - Esse SAF teve início em 2001 e possui área de 2,43 ha. Foi implantado com os objetivos de produção de alimentos, geração de renda, quebra-ventos, melhoria do clima e recuperação ambiental. Situa-se na Chácara Boa Vista e está sob os cuidados do Sr. Francisco Marques Alves. Como criador de animais possui: 40 bovinos (*Bos taurus*), desde 2001 até 2017 e 30 galinhas (*Gallus gallus domesticus*) 30 (faz parte). De 2016 até 2017 produziu milho com braquiária para formar pasto (utilizou 500 kg de fertilizantes Heringer mineral e 2500 kg de calcário/ha).

- **VEGETAÇÃO NATIVA (VN - testemunha)** - Trata-se de uma área de reserva legal, com 205,88 ha de vegetação natural em estágio avançado de regeneração, uma vez

que foram retiradas madeiras para comercialização, porém na última década essa atividade foi paralisada. No entanto, para a avaliação do solo, optou-se por uma parte da área em que não há presença de gramíneas exóticas e nem entrada de bovinos.

- **SISTEMA SEMEADURA DIRETA (SD - testemunha)** – Compreende um sistema de semeadura direta com sucessão, ou seja, soja na primavera/verão e milho no período de outono/inverno. As semeaduras são realizadas de forma direta e utilizam-se adubações químicas com intuito de melhorar a fertilidade do solo.

Foi realizado também um levantamento florístico (Anexo I) dos quatro SAFs e da vegetação nativa localizadas na região Sudoeste de Mato Grosso do Sul, que já haviam sido estudadas anteriormente, sendo: Sistemas agroflorestais (NASCIMENTO, 2016) e Vegetação nativa (ZAVALA, 2014).

A composição florística dos quatro sistemas agroflorestais biodiversos avaliados e a vegetação nativa possuem uma riqueza de 198 espécies e 51 famílias botânicas, num total de 1732 indivíduos, divididos em SAF 1 (199 ind.), SAF 2 (282 ind.), SAF 3 (379 ind.), SAF 4 (358 ind.) e MN (514 ind.), sendo que as famílias mais expressivas em número de espécies, em ordem decrescente, foram: a Fabaceae (34), Malvaceae (18), Anacardiaceae (11), Myrtaceae (11), Rutaceae (10), Bignoniaceae (8) (Anexo I). Essas seis famílias representam 54,97% de todas as espécies presentes nos sistemas estudados e as demais famílias correspondem a 45,03%.

### 3.2.3 Condução do experimento

#### ACÚMULO DE SERRAPILHEIRA

Para a avaliação do acúmulo de serrapilheira ( $t\ ha^{-1}$ ), as coletas foram feitas próximas aos pontos de amostragem do solo, com o auxílio de um gabarito de madeira de 0,25 por 0,25 m. O material orgânico coletado foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados, e transportados à estufa de secagem com circulação de ar forçada (65°C), até atingirem massa constante, quando foram pesados. Os dados obtidos foram transformados em toneladas por hectare.

#### MACROFAUNA EDÁFICA

As coletas de solo para avaliação da macrofauna foram realizadas utilizando-se o método desenvolvido pelo programa de Biologia e Fertilidade dos Solos Tropicais

(TSBF) o qual consiste de um monolito com dimensão de 25x25cm quadrados, e 30 cm de profundidade, dividido em três estratos de 10 cm (00-10, 10-20, 20-30 cm) cada. Após a coleta, as amostras de solo foram triadas manualmente e os organismos encontrados extraídos e armazenados em frascos contendo álcool 70%, para preservação e posterior identificação e contagem com auxílio de uma lupa binocular ao nível de grandes grupos taxonômicos. (ANDERSON; INGRAM, 1993).

A partir dos resultados obtidos calculou-se:

- Abundância (número de indivíduo por  $m^2 = \text{ind } m^2$ );
- Riqueza (riqueza numérica das ordens identificadas = n° de grupos);
- Índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (SHANNON; WEAVER, 1949);

O índice de Shannon-Wiener foi calculado pela fórmula:

$H' = -\sum \left(\frac{X_i}{X_o}\right) \times \log \left(\frac{X_i}{X_o}\right)$ , onde  $\frac{X_i}{X_o}$ , representa a proporção do grupo “i” no total das amostras.

- Índice de equitabilidade de Pielou ( $e$ ) (PIELOU, 1977).

O índice de Pielou foi estimado pela estimado a partir da equação:

$e = \frac{H'}{\text{LOG } S}$ . Onde S é o número total de ordens identificadas em cada sistema estudado.

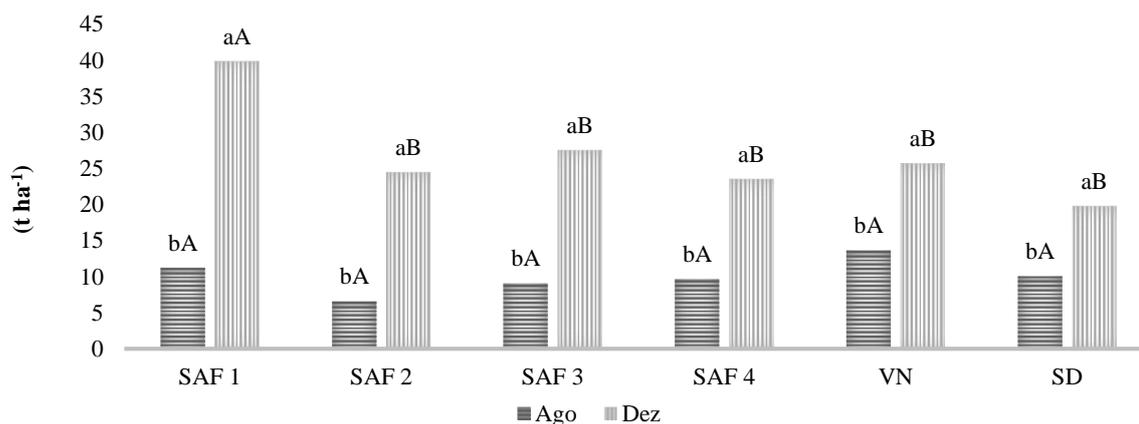
### 3.2.4 Análise estatísticas

Os dados obtidos ( $x$ ), dada à sua heterogeneidade, foram transformados em  $\sqrt{x+0,5}$ , e depois submetidos à análise de variância as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Aplicou-se o teste de coeficiente de correlação de Pearson com dados referentes à densidade total e riqueza de grupos da macrofauna, em função do conteúdo de matéria orgânica do solo (MO).

Os atributos microbiológicos foram submetidos à análise de agrupamento (cluster analysis), adotando-se o método do vizinho mais distante (complete linkage), a partir da Distância Euclidiana, para avaliar a similaridade entre os sistemas estudados. As análises estatísticas foram processadas por meio do software Statistic (versão 7.0, StatSoft).

### 3.3 Resultados e discussão

Quanto ao acúmulo de serrapilheira, observou-se que houve interação significativa entre os sistemas e as épocas de avaliação (Figura 2). Para o acúmulo de serrapilheira houve diferença significativa para as épocas de coleta, sendo o período chuvoso o mais expressivo. No período seco, os maiores valores foram VN (13,68 t ha<sup>-1</sup>), SAF 1 (11,23 t ha<sup>-1</sup>) e SD (10,13 t ha<sup>-1</sup>), enquanto no período chuvoso a ordem foi SAF 1 (39,80 t ha<sup>-1</sup>), SAF 3 (27,53 t ha<sup>-1</sup>) e MN (25,69 t ha<sup>-1</sup>) (Figura 2).



**Figura 11** - Acúmulo de serrapilheira (t ha<sup>-1</sup>) em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e sistema semeadura direta, em duas épocas. Bonito, MS, 2016. Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si.

Os resultados do período seco eram esperados, uma vez que o estoque de serrapilheira sobre o solo é dependente da cobertura vegetal predominante no sistema (ALVES et al., 2006; FERREIRA et al., 2006), e está condicionado provavelmente, à maior queda das folhas nesta época do ano, devido ao déficit hídrico, fenômeno este considerado natural. A maior deposição em períodos secos pode ser uma resposta da vegetação, que com a derrubada das folhas, reduz a perda de água por transpiração (SILVA et al., 2007).

No período chuvoso, destacou-se o estoque de serrapilheira no sistema SAF, com valores até maiores que os encontrados na MA. Esse resultado pode ser decorrente do estágio de sucessão ecológica em que se encontra o sistema, que leva a uma renovação intensa de suas folhas em relação à mata (CALDEIRA et al., 2007).

Com relação à frequência relativa dos grupos taxonômicos, constatou-se a presença de 171 ind/m<sup>2</sup>, destes, 115 ind/m<sup>2</sup> foram encontrados no período de verão (dezembro) e outros 56 ind/m<sup>2</sup> no inverno (agosto) (Tabela 3).

**Tabela 3** - Frequência relativa de grupos taxonômicos (%) da comunidade da macrofauna edáfica em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e em um sistema convencional, em duas épocas de avaliação (agosto e dezembro). Bonito, MS, 2016.

Grupos	Agosto																	
	0-10						10-20						20-30					
	SF 1	SF 2	SF 3	SF 4	VN	SD	SF 1	SF 2	SF 3	SF 4	VN	SD	SF 1	SF 2	SF 3	SF 4	VN	SD
%																		
Blattodea	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coleoptera	33,3	2,6	0,0	0,0	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Chilopoda	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dermaptera	33,3	0,0	50,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0
Diplopoda	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Formicidae	0,0	20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L. Coleoptera	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L. Lepidoptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,3	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nematoda	0,0	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	60,0	0,0	50,0	0,0	10,0	60,0	60,0	100,0	50,0	0,0	0,0
Oligoqueta	33,3	10,3	0,0	100,0	0,0	0,0	88,2	40,0	0,0	0,0	0,0	60,0	20,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0
Thysanoptera	0,0	0,0	0,0	0,0	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dezembro																		
Aranae	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Blattodea	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coleoptera	15,4	50,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chilopoda	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dermaptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diplura	5,13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diptera	2,56	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Formicidae	74,4	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L. Coleoptera	2,56	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Isoptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Thysanoptera	0,0	50,0	0,0	0,0	25,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Constatou-se que houve uma alta variabilidade entre as duas épocas avaliadas. Em relação à distribuição e as estações do ano, se destaca a segunda coleta, ocorrida na estação verão de 2016, em que houve maior presença da macrofauna de forma geral.

Ao analisar os indivíduos, de forma geral, observou-se a maior ocorrência da macrofauna na porção superior do solo, na profundidade de 0-10 cm, nos dois períodos de coleta, condição esta similar à encontrada por Freitas e Dionísio (2014).

Na Frequência Relativa (FR) para a primeira coleta (agosto) na profundidade (0-10), observou-se que os valores mais expressivos foram verificados para os organismos Dermaptera (183,3%), Oligoqueta (143,6%) e Coleoptera com (69,2%). E na segunda

coleta (dezembro), observou-se que os valores mais expressivos para os organismos Thysanoptera (125%), Formicidae (124%) e Blattodea com (100%).

Nas porções superiores, pode-se observar a existência de pH favorável e teores altos de matéria orgânica (Tabela 1), com umidade de 63% em agosto e 76% em dezembro. Isso ocorre pela decomposição dos resíduos vegetais, que permitem o estabelecimento de populações de invertebrados (Shinitzer, 1991; López, 2005).

Os grupos de maior expressão em todos os sistemas avaliados foram: Oligoquetas e Dermaptera (dezembro) e Formicidade (verão), em todas as profundidades.

A ordem Oligoqueta, formado pelas minhocas, que atuam como um dos mais importantes representantes por serem considerados engenheiros do ecossistema, realizando serviços ambientais como ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica e melhoria de atributos como agregação, porosidade e infiltração de água (BARETTA et al., 2011).

A ocorrência do grupo Formicidae, ocorre provavelmente em virtude do ambiente coberto e diversificado que promovem melhores condições climáticas e de disponibilidade de alimentos. Devido a capacidade desses organismos de modificarem o ambiente-solo fez com que fossem chamados de “engenheiros do ecossistema” por Lavelle et al. (1997).

De acordo com Costa et al. (2007) e Sueldo et al. (2010), os insetos pertencentes à ordem Dermaptera são considerados importantes inimigos naturais em vários agroecossistemas por se alimentarem de diversas pragas, das quais pode-se destacar ovos e fases imaturas de lepidópteros, hemípteros, coleópteros e dípteros.

Para a avaliação de abundância dos organismos, para a variável profundidade, houve diferença entre os sistemas, onde no SAF 1 (ago) nas três profundidades e dezembro na profundidade (0-10), SAF 2 (ago) para as profundidades (10-20cm) e (20-30cm), vegetação nativa (ago) (0-10) e sistema plantio direto (ago) (10-20). A época de agosto (inverno), foram os que obtiveram os maiores valores para abundância em relação ao período de inverno (Tabela 4).

**Tabela 4** – Abundância (ind. m<sup>2</sup>) e Riqueza (nº de grupos) da comunidade de invertebrados edáficos em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e em sistema plantio direto, em duas épocas de avaliação (agosto e dezembro) e três profundidades (0-10), (10-20) e (20-30). Bonito, MS, 2016.

Áreas	Épocas	Abundância (ind. m <sup>2</sup> )			Riqueza (nº grupos)		
		(0-10cm)	(10-20cm)	(20-30cm)	(0-10cm)	(10-20cm)	(20-30cm)
SAF 1	ago	1.21 abcA	1.79 aA	1.30 abA	1.0 abA	1.25 aA	1.5abA
	dez	2.25 abA	0.25 abB	0.25 bB	2.25aA	0.25aB	0.25bB
SAF 2	ago	2.91 aA	0.96 abB	2.08 aAB	1.50abA	1.00aA	2.00aA
	dez	0,35 cA	0,25 abA	0,00 bA	0.50bA	0.25aA	0.00 bA
SAF 3	ago	0,25 cA	0,25 abA	0,00 bA	0.50bA	0.00aA	0.25bA
	dez	0,25 cA	0,25 abA	0,00 bA	0.25bA	0.50aA	0.00bA
SAF 4	ago	0,25 cA	0,35 abA	0,71 abA	0.25bA	0.50aA	1.00abA
	dez	0,00 cA	0,00 bA	0,00 bA	0.00bA	0.00aA	0.25bA
VN	ago	1,21 abcA	0,60 abA	0,00 bA	1.50abA	0.75aAB	0.00bB
	dez	0,43 cA	0,43 abA	0,00 bA	0.50bA	0.25aA	0.00bA
SD	ago	0,50 bcA	1,21 aA	0,25 bA	0.50bA	1.25aA	0.25bA
	dez	0,35 cA	0,00 bA	0,00 bA	0,50bA	0.00aA	0.00bA
CV%		126,17			128,02		

Médias com letras semelhantes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Segundo Bandeira e Harada (1998) demonstram que a macrofauna edáfica é prejudicada pela época seca, porém, Silva, Aquino, Mercante e Guimarães (2006b) encontraram densidades populacionais significativamente superior no inverno, quando comparadas com o verão. Vários autores confirmam a flutuação desses animais no campo, em função das estações do ano, dentre eles Edwards e Bohlen (1996) e Tanck et al. (2000). A temperatura é um fator determinante das populações, conforme Edwards e Bohlen (1996) interfere nos estágios de vida (produção e desenvolvimento dos casulos e crescimento populacional).

Na Tabela 4 também estão expostas as médias do número de grupos (riqueza) que foi representada pelo número de diferentes grupos coletados e identificados por área. Neste trabalho, houve diferença significativa entre os tratamentos, variando entre eles de acordo com a profundidade e a época amostrada. Esse resultado está relacionado à grande sensibilidade da maior parte das espécies da macrofauna observadas às condições climáticas (Nunes et al., 2008).

A riqueza e a abundância se correlacionaram, tanto nos seis áreas, épocas amostradas e profundidades, demonstrando que em momentos de maior abundância ocorreu também maior diversidade (Tabela 4).

A partir dos dados analisados através do índice de Shannon-Wiener, que é o índice de diversidade biológica, observou-se que houve uma variação significativa na

diversidade de macroinvertebrados nos meses de coleta (Tabela 5). Essa alteração pode estar associada a variável ambiental das diferentes estações do ano, que nesse caso trata-se de inverno e verão.

Para índice de diversidade biológica de Shannon-Wiener, diferiu entre épocas apenas para o sistema SAF 1 (ago) (10-20) e (dez) (10-20 e 20-30) (Tabela 5). Os outros sistemas foram similares entre si dentro de épocas. O declínio dos valores de H é o resultado de uma maior dominância de alguns grupos em detrimento de outros (BEGON et al., 1996).

**Tabela 5** - Índice de Diversidade Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade de Pielou (e) da comunidade de invertebrados edáficos em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e em um sistema plantio direto em duas épocas de avaliação. Bonito, MS, 2016.

Tratamentos	Épocas	Shannon-Wiener			Pielou		
		(0-10cm)	(10-20cm)	(20-30cm)	(0-10cm)	(10-20cm)	(20-30cm)
SAF 1	Agosto	0,0 bA	0,22aB	0,28aA	0,00	0,16	0,18
	Dezembro	0,44 aA	0,00 aB	0,0 aB	0,24	0,00	0,00
SAF 2	Agosto	0,21 abA	0,14 aA	0,33 aA	0,18	0,10	0,19
	Dezembro	0,0 bA	0,0 aA	0,0 aA	0,10	0,00	0,00
SAF 3	Agosto	0,0 bA	0,0 aA	0,0 aA	0,00	0,00	0,00
	Dezembro	0,0 bA	0,0 aA	0,0 aA	0,00	0,00	0,00
SAF 4	Agosto	0,0 bA	0,0 aA	0,27 aA	0,00	0,00	0,19
	Dezembro	0,0 bA	0,0 aA	0,0 aA	0,00	0,00	0,00
VN	Agosto	0,14 abA	0,14 aA	0,0 aA	0,10	0,10	0,00
	Dezembro	0,0 bA	0,0 aA	0,0 aA	0,07	0,00	0,00
SD	Agosto	0,0 bA	0,14 aA	0,0 aA	0,00	0,00	0,00
	Dezembro	0,0 bA	0,0 aA	0,0 aA	0,00	0,00	0,00
CV%		267,93			254,36		

\*Médias com letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A área SAF 1 (0-10) apresentou o maior índice de diversidade de Shannon-Wiener e maior dominância na época chuvosa e na época seca o maior índice ocorreu no Saf 2 (20-30). Os resultados evidenciam que a alta abundância da macrofauna pode ter reduzido a diversidade, uma vez que, quanto maior a abundância de organismos em uma determinada área, maior será a chance de algum organismo estar predominando e, portanto, reduzindo a equitabilidade, uma vez que a diversidade de espécies está associada a uma relação entre número de espécies (riqueza de espécies) e a distribuição do número de indivíduos entre as espécies (equitabilidade) (Walker, 1989).

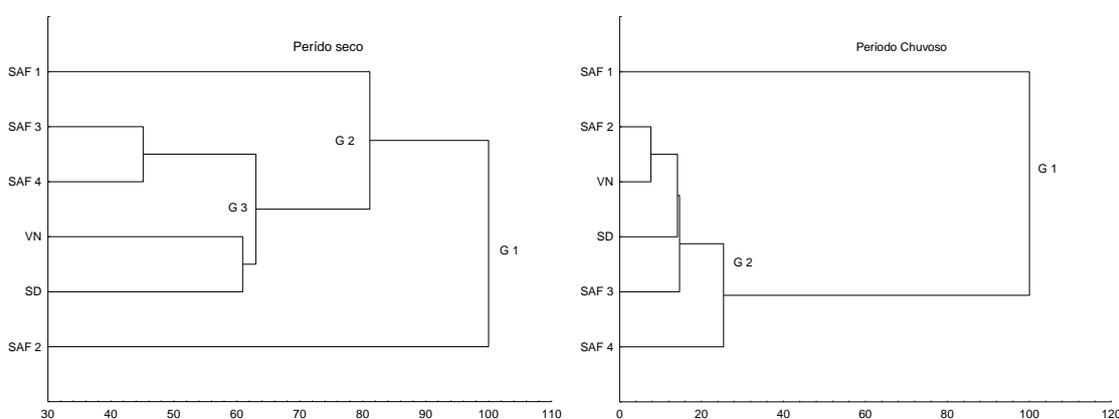
Em relação à homogeneidade, que é igual à Equitabilidade de Pielou, exprime a distribuição dos indivíduos em cada táxon, onde quanto mais próximo de 1, melhor

distribuído e assim, mais diversidade mostrará a comunidade (MAGURRAN, 1988). Para este índice o maior valor foi na época chuvosa, para o sistema SAF 1 (0-10) (Tabela 5). Entre sistemas no período seco o SAF 2 e SAF 4 ambos na profundidade (20-30), obtiveram os menores valores.

A análise de agrupamento aplicada aos indicadores de qualidade, cujo objetivo é agrupar sistemas de manejo com base em características comuns, observou-se a formação de três grupos no período seco e dois no período chuvosa (Figura 3). Para o período seco, no G3 formou-se dois subgrupos de: SAF 3 e 4, indicando semelhança entre si e distanciando-se das testemunhas (VN e SD), sugerindo diferenças significativas. A formação do G2 (SAF 1) pode ter ocorrido em virtude da alta abundância da Oligoqueta (19 ind. m<sup>2</sup>) o que também ocorreu no G1 (SAF 2) com alta abundância de Nematoda (32 ind. m<sup>2</sup>).

O papel dos nematóides no solo acha-se relacionado com os processos de decomposição da matéria orgânica e ciclagem dos nutrientes, embora eles não se alimentem diretamente da matéria orgânica, mas sim de bactérias e fungos que participam deste processo (FRECKMAN & CASWELL, 1985).

Os nematóides que se alimentam de microrganismos regulam a ciclagem da biomassa microbiana e a disponibilidade dos nutrientes de forma direta mediante a excreção de subprodutos do metabolismo. Indiretamente, regulam as populações microbianas mantendo-as em fase logarítmica de crescimento (YEATES, 2003). Ao afetar o crescimento e as atividades metabólicas microbianas os nematóides alteram a estrutura das comunidades e conseqüentemente, as taxas de decomposição (NEHER, 2001).



**Figura 3** - Dendrograma de dissimilaridade entre as comunidades de macrofauna invertebrada de solo em dois períodos de avaliação (agosto-seco e dezembro-chuvoso) em sistemas agroflorestais, vegetação nativa e sistema plantio direto. Bonito, MS, 2016.

No período chuvoso, formou-se dois Grupos (G1 e G2) e não apresentaram nenhuma similaridade entre si, uma vez que a sua distância de ligação foi de 100%. O G1 (SAF 1) apresentou diferença significativa devido à alta abundância de Formicidae em seu sistema (30 ind. m<sup>2</sup>), e o G2 apresentou 75% de semelhança entre eles. Provavelmente, este agrupamento tenha ocorrido em virtude da redução na abundância de macroinvertebrados da macrofauna nestes sistemas.

### 3.4 Conclusões

Houve variação significativa na diversidade de macroinvertebrados nos dois períodos de coleta, porém constatou-se baixa diversidade, típica quando existem grupos dominantes, como no caso da Nematódeos e Oligochaetas.

A abundância e riqueza de espécies dos grupos taxonômicos da macrofauna edáfica varia com a época de coleta e são favorecidas na época seca (inverno).

A maior diversidade (H') e uniformidade (e) foram similares para o SAF 1 na época chuvosa (0-10), indicando uma maior intensidade da macrofauna nesse sistema.

O acúmulo de serrapilheira, no período chuvoso, destacou-se para o SAF 1 e 3, com valores até maiores que os encontrados na VN.

## 4 Referências bibliográficas

ALVES, M. V.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lajes, v. 5, p. 33-43, 2006.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biological and fertility: a handbook of methods**. UNESCO MASB-USB, Wallingford, UK: CAB internacional 1993. 221 p.

ANDERSON, J. M. Why should we care about soil fauna? **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 835-842, 2009.

AQUINO, A. M. de; CORREIA, M. E. F.; ALVES, M. V. Diversidade da macrofauna edáfica no Brasil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, p. 143-170. 2008a.

AQUINO, A. M. de; SILVA, R. F. da; MERCANTE, F. M.; CORREIA, M. E. F.; GUIMARÃES, M. de F.; LAVELLE, P. Invertebrate soil macrofauna under different

ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 44, p. 191-197, 2008b.

BANDEIRA, A. G.; HARADA, A. Y. Densidade e distribuição vertical de macroinvertebrados em solos argilosos e arenosos na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 28, p. 191-204, 1998.

BARETTA, D; SANTOS, J. C. P; SEGAT, J. C; GEREMIA, E.V; OLIVEIRA FILHO, L.C.I; ALVES, M.V. Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos Ciência Solo**, Santa Maria, v. 7, p. 119-170, 2011.

BARROS, E.; MAHIEU, J.; TAPIA-CORAL, S.; NASCIMENTO, A. R. L.; LAVELLE, P. Comunidade da macrofauna do solo na Amazônia brasileira. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, p. 171-191. 2008.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S. de A.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G. de A.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SILVA, E. da; ANTONIOLLI, Z. I.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P. M.; SOUSA, J. P.; CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 2015. p.121-154.

CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em floresta ombrófila mista montana-Paraná. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101 - 116, 2007.

CARRILLO, Y.; BALL, B. A.; BRADFORD, M. A.; JORDAN, C. F.; MOLINA, M. Soil fauna alter the effects of litter composition on nitrogen mineral soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.43, p.1440-1449, 2011.

COLEMAN, D. C.; REID, C. P. P.; COLE, C. V. Biological strategies of nutrient cycling in soil systems. In: **Advances in Ecology Research**, London, v. 3, p. 1-55, 1983.

COSTA, N. P.; OLIVEIRA, H. D.; BRITO, C. H.; SILVA, A. B. Influência do nim na biologia do predador *Euborellia annulipes* e estudo de parâmetros para sua criação massal. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v. 7, n. 2, p. 10, 2007.

EDWARDS, C. A; BOHLEN, P. J. Biology and ecology of earthworm. (3 ed). **Chapman and Hall**, London. v. 426, pp. 1996.

FRECKMAN, D. W.; CASWELL, E. P. The ecology of nematodes in agroecosystems. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 23, p. 275-296, 1985.

FREITAS, M. P., DIONÍSIO, J. A. Oligoquetos edáficos em sistemas de cultivo orgânico e convencional, **Estudos Biologia Ambiente e Diversidade**, Curitiba, v. 36, n. 86, p. 92-102. 2014

GUIMARÃES, N. F.; GALLO, A. S.; SOUZA, M. D. B.; AGOSTINHO, P. R.; GOMES, M. S.; SILVA, R. F. Influência de sistemas de produção de café orgânico arborizado sobre a diversidade da fauna invertebrada epigéica. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 280-288, 2015.

HÖFER, H; HANAGARTH, W.; GARCIA, M.; MARTIUS, C.; FRANKLIN, E.; RÖMBKE, J.; BECK, L. Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 37, p. 229-235, 2001.

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

LIMA, S. S.; AQUINO, A. M.; LEITE, L. F. C.; VELÁSQUEZ, E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 322-331, 2010.

LÓPEZ, A. N.; VINCINI, A. M.; CLEMENTE, N. L.; MANETTI, P. L.; CARMONA, D. M.; CASTILLO, H. A. A. Densidad estacional y distribución vertical de los enchytraeidae (annelida: Oligochaeta) en diferentes sistemas de producción. **Ciencia del Suelo** (Argentina), Buenos Aires, v. 23, N. 2, p. 115-121, 2005.

LUIZÃO, F. J.; SCHUBART, H. O. R. Litter production and decomposition in a terra-firme Forest of central Amazonia. **Experientia**, Santa Maria, v. 43, p. 259-265, 1987.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. New Jersey: Princeton University Press, 1988. 179 p.

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

- MARCHÃO, R. L. **Integração lavoura-pecuária num latossolo do cerrado: impacto na física, matéria orgânica e macrofauna.** 2007. 153. Tese (Doutorado Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.
- MERLIM, A. de O.; GUERRA, J. G. M.; JUNQUEIRA, R. M.; AQUINO, A. M. de. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. **Scientia Agricola**, São Paulo, v. 62, p. 57-61, 2005.
- NASCIMENTO, J. S. **Estudos multidisciplinares em arranjos agroflorestais biodiversos na região Sudoeste de Mato Grosso do Sul.** 2016. 127 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócios). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.
- NEHER, D. A. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. **Journal of Nematology**, St. Paul, v. 33, n. 4, p. 161-168, 2001.
- NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A. de; MENEZES, R. I. de Q. Recolonização da fauna edáfica em áreas de Caatinga submetidas a queimadas. **Caatinga**, Caraúbas, v. 21, p. 214-220, 2008.
- PIELOU, E. C. **Mathematical ecology.** 1. ed. New York: Wiley, 1977, 385p.
- PIELOU, E. C. **Population and community ecology. Principles and methods.** New York: Gordon & Breach, 1983. 424 p.
- SHANNON, E. V.; WEAVER, W. The mathematical theory of communication. 1. ed. Urbana: University of Illinois Press, Illinois, 1949, 144p.
- SHINITZER, M. Soil organic matter: the next 75 years. **Soil Science**, Baltimore, v. 151, n. 1, p. 41-58, jan. 1991.
- SILVA, R. F.; GUIMARÃES, M. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1277-1283, 2011.
- SILVA, R. F. da; AQUINO, A. M. de; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. de F. Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, p. 725-731, 2008.
- SILVA, I. R; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). Fertilidade do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Brasília, p. 275-374. 2007.

SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Populações de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) em um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de uso do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 673-677. (2006b).

SILVA, R. F. da; AQUINO, A. M. de; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. de F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 697-704, 2006.

SUELDO, M. R.; BRUZZONE, O. A.; VIRLA, E. G. Characterization of the earwig, *Doru lineare*, as a predator of larvae of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*: A functional response study. **Journal of Insect Science**, Tucson, v. 10, n. 38, p. 1- 10, 2010.

TANCK, B. C. B.; DIONÍSIO, J. A.; SANTOS, H. R. 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**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 409-415. 2000.

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

VOHLAND, K.; SCHROTH, G. Distribution patterns of the litter macrofauna in agroforestry and monoculture plantations in central Amazonia as affected by plant species and management. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 13, p. 57-68, 1999.

ZAVALA, C. B. R. **A vegetação em gradiente topográfico na Serra da Bodoquena, MS, Brasil**. 2014. 61p. Dissertação. Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Biologia Geral/ Bioprospecção. Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2014.

WALKER, D. Diversity and stability. In: CHERRETT, J.M., ed. *Ecological concepts*. Oxford, **Blackwell Scientific Public**, Oxford, 1989. p.115-146.

YEATES, G. W. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 37, n. 3, p. 199-210, 2003.

## CAPÍTULO II

### **Dinâmica da fauna invertebrada epigeica em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul**

**Resumo:** Os organismos da fauna estão envolvidos no biofuncionamento do solo, sendo uma importante ferramenta nos estudos da qualidade ambiental. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a fauna epigeica do solo em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos. O estudo foi conduzido no assentamento Santa Lúcia em Bonito, MS. Para a realização foram utilizados 4 sistemas agroflorestais, um sistema convencional e um fragmento de mata nativa em duas épocas distintas (seco e chuvoso). Foram instaladas quatro armadilhas de queda “pitfall” em cada sistema. Além disso, foi avaliada a quantidade de serapilheira ( $t\ ha^{-1}$ ), próxima às armadilhas. De acordo com os resultados, Entre os sistemas agroflorestais estudados, o sistema SAF 1 apresentou-se bastante satisfatório, até mesmo superior ao sistema de referência (VN), disponibilizando maior teor de matéria orgânica e níveis adequados de pH no solo. Entre os sistemas agroflorestais estudados, o sistema SAF 1 apresentou os maiores valores de indivíduos por armadilhas, nas duas épocas avaliadas. Os fatores climáticos relacionado as épocas de coleta, assim como os diferentes sistemas avaliados influenciam: serrapilheira, frequência, abundância, riqueza, diversidade e equitabilidade dos grupos de organismos do solo. Todos os sistemas amostrados favorecem os grupos: Formicidae, Coleoptera e Collembola, principalmente em época de maior precipitação pluviométrica (dezembro).

**Palavras-chave:** invertebrados, bioindicador, qualidade do solo.

**Abstract** - The fauna organisms are involved in soil biofunction, being an important tool in environmental quality studies. The objective of this work was to evaluate the epigeic fauna of the soil in different agroforestry systems. The study was conducted in the Santa Lucia settlement in Bonito, MS. Four agroforestry systems, a conventional system and a fragment of native forest were used in two distinct seasons (dry and rainy). Four pitfall traps were installed in each system. In addition, the amount of litter ( $t\ ha^{-1}$ ), close to the traps, was evaluated. According to the results, among the agroforestry systems studied, the SAF 1 system was very satisfactory, even superior to the reference system (VN), providing a higher content of organic matter and adequate levels of pH in the soil. Among the agroforestry systems studied, the SAF 1 system presented the highest values of individuals by traps, in the two evaluated periods. The climatic factors related to the collection seasons, as well as the different evaluated systems influence: litter, frequency, abundance, richness, diversity and equitability of the groups of soil organisms. All the systems sampled favored the groups: Formicidae, Coleoptera and Collembola, mainly during the rainy season (december).

**Key words:** invertebrates, bioindicator, soil quality.

## 4.1 Introdução

A atividade agropecuária intensiva desenvolvida no Cerrado brasileiro tem alterado a fertilidade do solo, bem como a composição e a atividade de comunidades biológicas (LAVELLE, 2002). Desta forma, a falta de práticas sustentáveis acaba alterando as diversas características do solo, tais como os teores de matéria orgânica do solo, aeração e disponibilidade de nutrientes e a biota no sistema solo. A intensa exploração do solo por atividades agrícolas monoculturais diminui drasticamente seus teores de matéria orgânica, atividade biológica e estabilidade de agregados (RHEINHEIMER et al., 2003).

Tais práticas citadas acima juntamente com o uso maciço dos recursos naturais, pela atividade humana em geral, têm gerado um grande desequilíbrio nos ciclos naturais do nosso Planeta (NODARI; GUERRA, 2015), sendo este um fator implicante na discussão da seguinte dualidade: necessidade de produção de alimentos e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (WILSON; TISDELL, 2001; TIMMERMANN; FELIX, 2015).

Com isso a preocupação por parte de profissionais que atuam no meio rural tem sido buscar uma alternativa para que possam lançar mão dos recursos naturais presentes nas propriedades de modo que não comprometam a produção agrícola nem tão pouco ocasionem maiores danos ao meio ambiente, o que força a ideia e prática de uma agricultura sustentável (FERREIRA; OLIVEIRA, 2016).

Nesse contexto, os sistemas agroflorestais biodiversos (SAFs) têm sido apresentados como uma solução viável e sustentável para a agropecuária, pois estão alicerçados em princípios básicos que envolvem aspectos ecológicos, econômicos e sociais. Ressalta-se, também, que todo método ou sistema de uso da terra somente será sustentável se for capaz de manter o seu potencial produtivo também para gerações futuras (MÜLLER, 2003).

Dentre os processos para assegurar o uso sustentável do solo, deve-se incluir a cobertura da sua superfície, permanentemente, com a adição continuada de resíduos vegetais, a manutenção ou aumento da matéria orgânica do solo (MOS) e a ciclagem de nutrientes (FERRAZ JÚNIOR, 2004). Assim como os sistemas agroflorestais biodiversos enriquecem o solo, a partir da produção de grande diversidade de serviços ambientais (PADOVAN; CARDOSO, 2013; PADOVAN et al., 2017), essa combinação contribui para a preservação e multiplicação da fauna benéfica, como afirmam Barros et al. (2003), citando que a diversidade de organismos da fauna epigeica vai depender da diversidade vegetal, considerando que esta comunidade tem como habitat principal a camada de serrapilheira existente nos agroecossistemas ou ecossistemas.

A fauna do solo, por sua íntima associação com os processos que ocorrem nesse compartimento do ambiente, e sua grande sensibilidade a interferências por meio dos manejos adotados, refletem o padrão de funcionamento dos agroecossistemas, uma vez que a cobertura vegetal influencia a comunidade de invertebrados do solo, na estruturação do solo e, conseqüentemente, no rendimento das culturas (LAVELLE; SPAIN, 2001).

Estudos evidenciam diferenças em relação ao manejo do solo, já que a fauna do solo está diretamente relacionada a essas modificações (SILVA et al., 2006 e 2007; AQUINO et al., 2008). Lavelle e Spain (2001) ressaltam que, através de suas atividades biodinâmicas, a fauna edáfica pode promover a redistribuição de nutrientes e matéria orgânica em determinada área e por ocupar níveis tróficos da cadeia alimentar, participando diretamente no equilíbrio do agroecossistema.

Como parte desse processo, a fauna epigeica pode ser utilizada como indicadora de qualidade do solo, possibilitando avaliações rápidas, fáceis e econômicas, o que a torna uma poderosa ferramenta para o monitoramento da qualidade desse recurso natural (AQUINO et al., 2008). Organismos invertebrados como minhocas, térmitas e protozoários, têm sido utilizados como bioindicadores e, com menor ou maior sensibilidade, demonstram o estado de qualidade do solo em decorrência de ações antrópicas (TURCO; BLUME, 1999).

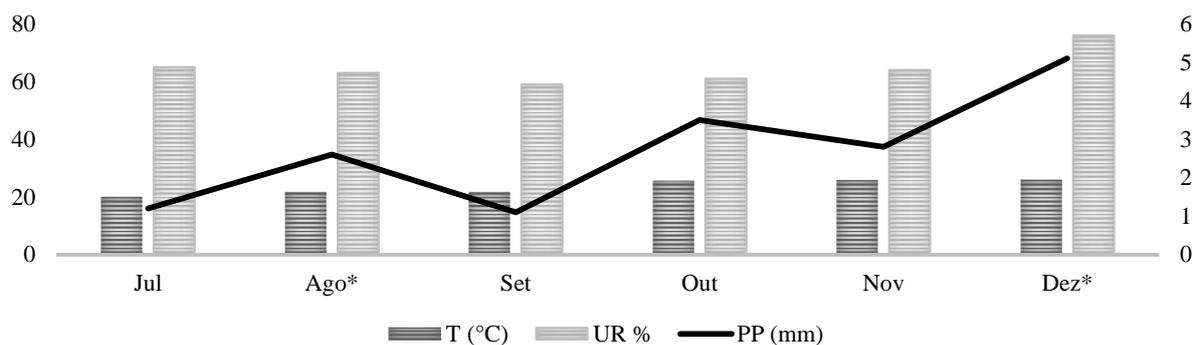
Neste contexto, desenvolveu-se um estudo com o objetivo avaliar a fauna epigeica do solo em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos, na região Sul de Mato Grosso do Sul.

## **4.2 Materiais e Métodos**

### **4.2.1 Caracterização da área de estudo**

O estudo foi realizado em 2016, no Assentamento Santa Lúcia, localizado no Município de Bonito (coordenadas geográficas de 21°07'16" S e 56°28'55" W, e altitude média de 315 m), na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul, na microrregião denominada de Bodoquena. A região possui predominância de cerrado arbóreo denso, florestas estacionais semidecíduais e matas estacionais semidecíduais aluviais (BUENO et al., 2007).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW - tropical quente com duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca, sendo influenciado pelo relevo, que ameniza as temperaturas (BRAMBILLA, 2007). Os dados climáticos durante a condução do experimento estão sumarizados na figura 1.



**Figura 12** – Precipitação pluviométrica (PP), temperatura (T°C) e umidade relativa do ar (UR) durante os meses de condução do experimento em Bonito, MS, 2016. Fonte: Estação meteorológica de Cemtec/MS-Agraer (Unidade de Jardim-MS). \*meses de coleta.

O solo e a vegetação apresentam-se distribuídos de acordo com o relevo e as litologias, onde ocorrem às formas aplanadas em litologia de formação Cerradinho, domina Nitossolo Vermelho Eutrófico Latossólico (Embrapa, 1999). Os atributos químicos, físicos do solo dos sistemas aqui analisados estão descritas na tabela 1.

**Tabela 1** – Atributos químicos e físicos do solo em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e um sistema semeadura direta na camada de 0,0-10cm de profundidade. Bonito, MS, 2016.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	SB	V	m	M.O	Areia	Silte	Argila
H <sub>2</sub> O	(mg dm <sup>-3</sup> )										(g dm <sup>-3</sup> )			
									%			%		
5,31	7,91	0,23	6,7	1,7	0,05	5,31	13,92	8,60	61,8	0,58	39,9	15	12	73
5,09	5,94	0,43	5,7	1,5	0,10	5,72	13,37	7,65	57,2	1,23	27,1	11	14	75
4,97	3,68	0,13	6,8	1,7	0,07	6,43	15,13	8,70	57,5	0,74	32,2	10	22	68
5,34	7,66	1,46	8,7	2,6	0,04	4,39	17,13	12,74	74,4	0,31	63,2	13	25	62
6,52	4,89	1,17	12,6	3,4	0,02	2,30	19,54	17,24	88,2	0,12	88,6	13	26	61
4,83	33,93	0,77	6,6	1,9	0,08	7,08	16,38	9,30	56,8	0,80	41,2	11	17	71

Em todos os sistemas avaliados, as amostras de solo e serapilheira foram coletadas durante os meses de agosto (período de inverno) e novembro (período chuvoso) de 2016. Para a análise dos tratamentos, o delineamento utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida com quatro repetições.

#### 4.2.2 Delineamento experimental e caracterização do experimento

Para a realização desse trabalho, foram utilizados quatro sistemas agroflorestais biodiversos, um sistema semeadura direta e uma área de vegetação nativa antropizada, conforme descrição sucinta a seguir:

- **SAF 1** - Sítio Rancho do Chuca, sob a responsabilidade do Sr. Antônio Batista Morais. Em 2005, iniciou a implantação do SAF biodiverso numa área de 0,65 hectares, ao redor da casa, com objetivo da produção de alimentos, geração de renda e recuperação da área degradada, inicialmente implantando manivas de mandioca. Em seguida realizou a implantação de mudas de várias espécies arbóreas nativas e exóticas, dispondo-as ao acaso. Como criador de animais possui: 20 bovinos (*Bos taurus*), desde 2005 até 2017 (faz parte do SAF). Na propriedade desde 2005 até 2017, produz: erva mate (*Ilex paraguariensis*) 33 mudas e mandioca (*Manihot esculenta*).

- **SAF 2** - Chácara Mongone, sob a responsabilidade do Sr. Nelson Antônio Tomeleiro. A implantação do sistema foi iniciada no ano 2000, com objetivos de produção de alimentos, geração de renda, melhoria do clima, quebra-ventos e recuperação ambiental, e ocupa área de 01 ha. No sistema agroflorestal faz poda uma vez ao ano. Possui uma horta com 1200 m<sup>2</sup>, com alface (*Lactuca sativa* L.), couve (*Brassica oleracea*), cheiro verde (*Petroselinum crispum*), cebolinha (*Allium schoenoprasum* L.). Sua criação de animais consiste em: 25 bovinos (*Bos taurus*), 120 galinhas e 100 pintinhos (*Gallus gallus domesticus*). No período de 2000 até 2017 foram cultivados na propriedade: milho (*Zea mays* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), mandioca (*Manihot esculenta*), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e café (*Coffea arabica* L.).

- **SAF 3** - Chácara Vitória, sob a responsabilidade do Sr. Geraldo Trelha. Em 2003, iniciou-se a implantação do SAF biodiverso com tamanho de 0,5 ha, implantando culturas como: *Cucurbita moschata* Duch. (Abóbora), *Ananas comosus* L. Merrill (abacaxi) e adubos verdes, com objetivo de manter a cobertura do solo. Como criador de animais possui 25 bovinos (*Bos taurus*), desde 2010 até 2017 (não faz parte do SAF), galinha (*Gallus gallus domesticus*) 150 (faz parte do SAF). Produz desde 2010: mandioca (*Manihot esculenta*), milho (*Zea mays* L.), batata (*Solanum tuberosum*), abóbora (*Cucurbita pepo* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill.), café (*Coffea arabica* L.).

- **SAF 4** - Esse SAF teve início em 2001 e possui área de 2,43 ha. Foi implantado com os objetivos de produção de alimentos, geração de renda, quebra-ventos, melhoria do clima e recuperação ambiental. Situa-se na Chácara Boa Vista e está sob os cuidados do Sr. Francisco

Marques Alves. Como criador de animais possui: 40 bovinos (*Bos taurus*), desde 2001 até 2017 e 30 galinhas (*Gallus gallus domesticus*) 30 (faz parte). De 2016 até 2017 produziu milho com braquiária para formar pasto (utilizou 500 kg de fertilizantes Heringer mineral e 2500 kg de calcário/ha).

**- VEGETAÇÃO NATIVA (VN - testemunha)** - Trata-se de uma área de reserva legal, com 205,88 ha de vegetação natural em estágio avançado de regeneração, uma vez que foram retiradas madeiras para comercialização, porém na última década essa atividade foi paralisada. No entanto, para a avaliação do solo, optou-se por uma parte da área em que não há presença de gramíneas exóticas e nem entrada de bovinos.

**- SISTEMA SEMEADURA DIRETA (SD - testemunha)** – Compreende um sistema de semeadura direta com sucessão, ou seja, soja na primavera/verão e milho no período de outono/inverno. As semeaduras são realizadas de forma direta e utilizam-se adubações químicas com intuito de melhorar a fertilidade do solo.

Foi realizado também um levantamento florístico (Anexo I) dos quatro SAFs e da vegetação nativa localizadas na região Sudoeste de Mato Grosso do Sul, que já haviam sido estudadas anteriormente, sendo: Sistemas agroflorestais (NASCIMENTO, 2016) e Vegetação nativa (ZAVALA, 2014).

#### **- COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA**

Os quatro sistemas agroflorestais biodiversos avaliados e a vegetação nativa possuem uma riqueza de 198 espécies e 51 famílias botânicas, num total de 1732 indivíduos, divididos em SAF 1 (199 ind.), SAF 2 (282 ind.), SAF 3 (379 ind.), SAF 4 (358 ind.) e MN (514 ind.), sendo que as famílias mais expressivas em número de espécies, em ordem decrescente, foram: a Fabaceae (34), Malvaceae (18), Anacardiaceae (11), Myrtaceae (11), Rutaceae (10), Bignoniaceae (8) (Anexo I). Essas seis famílias representam 54,97% de todas as espécies presentes nos sistemas estudados e as demais famílias correspondem a 45,03%.

### **4.2.3 Condução do experimento**

#### **ACÚMULO DE SERRAPILHEIRA**

Para a avaliação do acúmulo de serrapilheira ( $t\ ha^{-1}$ ), as coletas foram feitas próximas aos pontos de amostragem do solo, com o auxílio de um gabarito de madeira de 0,25 por 0,25

m. O material orgânico coletado foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados, e transportados à estufa de secagem com circulação de ar forçada (65°C), até atingirem massa constante, quando foram pesados. Os dados obtidos foram transformados em toneladas por hectare.

#### FAUNA EPIGEICA

A fauna invertebrada epigeica foi coletada com uso de armadilhas de queda “pitfall”, ao longo de um transecto, equidistantes 5 m entre si. Estas foram confeccionadas com recipientes plásticos de 13 x 8 cm (altura x diâmetro). Cada uma continha 200 ml de solução conservante de formol a 4% e cinco gotas de detergente. Após sete dias, as armadilhas foram retiradas e os invertebrados armazenados em solução de álcool a 70%. Posteriormente, com o auxílio de um estereoscópio, foram realizadas a triagem e identificação dos organismos em nível de grandes grupos taxonômicos (classe, ordem ou família).

A caracterização da fauna epígea foi realizada com base na composição taxonômica a partir dos resultados obtidos e calculou-se:

- Abundância (número de indivíduo por m<sup>2</sup> = ind/m<sup>2</sup>);
- Riqueza (riqueza numérica das ordens identificadas = n° de grupos);
- Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') (SHANNON; WEANER, 1949);

O índice de Shannon-Wiener foi calculado pela fórmula:

$$H' = -\sum \left(\frac{X_i}{X_o}\right) \times \log \left(\frac{X_i}{X_o}\right), \text{ onde } \frac{X_i}{X_o}, \text{ representa a proporção do grupo "i" no total das}$$

amostras.

- Índice de equitabilidade de Pielou (e) (PIELOU, 1977).

O índice de Pielou foi estimado pela estimado a partir da equação:

$$e = \frac{H'}{\log S}. \text{ Onde: } S \text{ é o número total de ordens identificadas em cada sistema estudado.}$$

Os grupos pertencentes à fauna invertebrada epigeica, capturados com maior frequência, foram separados de maneira individual.

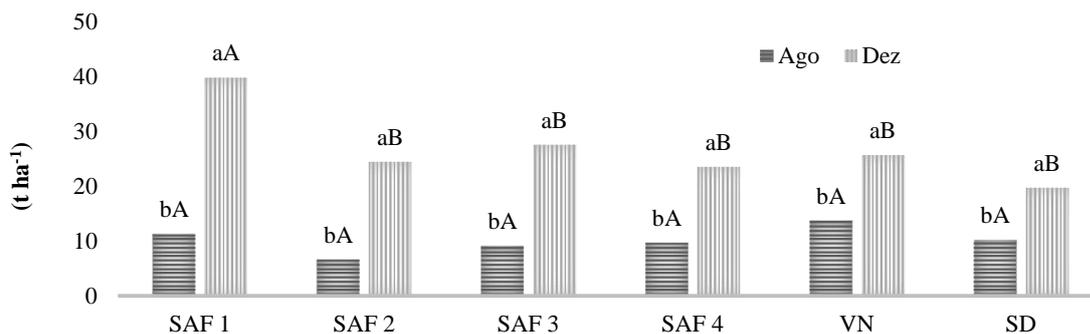
#### 4.2.4 Análise estatísticas

Os dados obtidos (x), dada à sua heterogeneidade, foram transformados em  $\sqrt{(x+0,5)}$ , e depois submetidos à análise de variância as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Aplicou-se o teste de coeficiente de correlação de Pearson com dados referentes à densidade total e riqueza de grupos da macrofauna, em função do conteúdo de matéria orgânica do solo (MO).

Os atributos foram submetidos à análise de agrupamento (cluster analysis), adotando-se o método do vizinho mais distante (complete linkage), a partir da Distância Euclidiana, para avaliar a similaridade entre os sistemas estudados. As análises estatísticas foram processadas por meio do software Statistic (versão 7.0, StatSoft).

### 4.3 Resultados e discussão

Quanto ao acúmulo de serrapilheira, observou-se que houve interação significativa entre os sistemas e as épocas de avaliação (Figura 2). Para o acúmulo de serrapilheira houve diferença significativa para as épocas de coleta, sendo o período chuvoso o mais expressivo. No período seco, os maiores valores foram VN (13,68 t ha<sup>-1</sup>), SAF 1 (11,23 t ha<sup>-1</sup>) e SD (10,13 t ha<sup>-1</sup>), enquanto no período chuvoso a ordem foi SAF 1 (39,80 t ha<sup>-1</sup>), SAF 3 (27,53 t ha<sup>-1</sup>) e MN (25,69 t ha<sup>-1</sup>) (Figura 2).



**Figura 13** - Acúmulo de serrapilheira (t ha<sup>-1</sup>) em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e sistema semeadura direta, em duas épocas. Bonito, MS, 2016. Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si.

Os resultados do período seco eram esperados, uma vez que o estoque de serrapilheira sobre o solo é dependente da cobertura vegetal predominante no sistema (ALVES et al., 2006; FERREIRA et al., 2016), e está condicionado provavelmente, à maior queda das folhas nesta época do ano, devido ao déficit hídrico, fenômeno este considerado natural. A maior deposição em períodos secos pode ser uma resposta da vegetação, que com a derrubada das folhas, reduz a perda de água por transpiração (SILVA et al., 2007).

No período chuvoso, destacou-se o estoque de serrapilheira no sistema SAF 1, com valores até maiores que os encontrados na VN. Esse resultado pode ser decorrente do estágio

de sucessão ecológica em que se encontra o sistema, que leva a uma renovação intensa de suas folhas em relação à mata (CALDEIRA et al., 2007).

Com relação aos organismos amostrados em todos os sistemas nas duas épocas, constatou-se a presença de 1.734 indivíduos, destes, 705 indivíduos foram no período de agosto e 1024 indivíduos em dezembro.

Para a frequência os grupos, os de maior expressão nos sistemas avaliados foi: Formicidae (225,08%), Coleoptera (110,27%) e Araneae (29,98%) agosto e em dezembro: Formicidae (360,99%), Coleoptera (89,68%) e Collembola (66,47%).

Formicidae foi o de maior frequência nas duas épocas, com 291 ind. em agosto e 662 ind. em dezembro em todos os sistemas, com exceção no SD, em agosto. A ausência de formigas nesse sistema pode estar condicionada a variação à sensibilidade que esses organismos podem apresentar a fatores ambientais e peculiaridades dos sistemas (FOELIX, 1996; SILVA; BRANDÃO, 1999), pois no período de entressafra (agosto) prevalece baixo nível de cobertura do solo no sistema convencional, o que pode ter restringido a ocorrência desse grupo de organismos do solo (Tabela 2).

**Tabela 2** - Frequência relativa de grupos taxonômicos (%) da comunidade da fauna invertebrada epigeica do solo em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e um sistema convencional, em duas épocas de avaliação (agosto e dezembro). Bonito, MS, 2016.

Grupos	SAF 1		Saf 2		Saf 3		Saf 4		VN		SD	
	%											
	Ago	Dez										
Formicidae	52,91	60,55	50,34	83,61	49,55	83,45	60,00	45,65	12,28	22,22	0,00	65,52
Coleoptera	14,56	10,03	17,45	4,10	17,12	2,36	22,66	21,74	26,32	44,44	12,16	6,90
Collembola	7,28	14,19	13,42	2,45	17,11	6,76	0,00	24,78	12,28	7,94	21,50	10,34
Diptera	15,05	1,73	10,07	7,38	6,31	2,70	6,67	3,91	14,04	11,11	33,64	3,45
Araneae	4,37	0,69	5,37	1,64	3,60	2,03	1,33	1,74	8,77	9,52	6,54	0,00
Blattodea	0,00	12,12	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,26	1,59	0,00	0,00
Thysanoptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,02	0,00	7,48	0,00
Outros*	3,98	0,00	2,01	0,00	0,90	1,69	2,67	0,88	12,28	3,18	12,14	3,44

\* Outros grupos capturados: Larvas de Formicidae, Lepidoptera; Dermaptera, Hymenoptera, Oligochaeta, Orthoptera, Larvas de Lepidoptera, Larvas Diptera, Larvas de Coleoptera, Enchytraeidae, Nematoda, Ninfa Orthoptera, Ninfa Dermaptera, Orthoptera, Psocoptera.

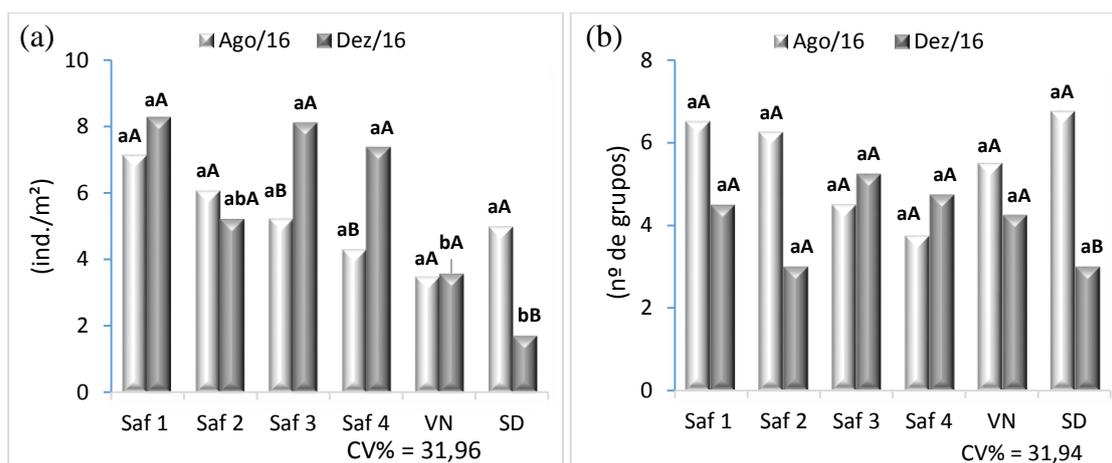
O grupo Formicidae, está entre os mais importantes da fauna do solo, pois participa da decomposição da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes. É responsável por funções ecológicas, como dispersão de sementes, estruturação física e química do solo, predação, ciclagem de nutrientes, entre outras (BOLICO et al., 2012).

Rosenberg et al. (1986) afirmam que os coleópteros são considerados muito importantes na ecologia dos ecossistemas naturais podendo ser utilizados em estudos de perturbação ambiental. Muitas famílias de Coleoptera são altamente especializadas no nicho ecológico que ocupam (KIM, 1993). Davis et al. (2001) salientam que em ecossistemas florestais, os coleópteros envolvidos no processo de ciclagem de nutrientes e dispersão de sementes, podem ser utilizados na avaliação dos efeitos de distúrbio florestal.

Os colêmbolos são encontrados em todo o mundo e estão entre os invertebrados mais abundantes no solo, podendo viver também na serapilheira (MAUNSELL et al., 2012). A maioria se desenvolve no solo, alimentando-se de fungos, bactérias, algas e matéria vegetal morta (BERUDE et al., 2015). Por serem abundantes, elevada diversidade e sensibilidade a alterações ambientais, são considerados bons indicadores da qualidade do solo (CASSAGNE et al., 2006). Portanto, a dominância desse grupo nos sistemas estudados, pode estar relacionada com o hábitat que forneça alimento, umidade, temperatura favorável, e proteção às intempéries climáticas (GUIMARÃES et al., 2015).

O grupo Araneae, que apresentou menor porcentagem de indivíduos, deve ter sua ocorrência destacada, uma vez que estes organismos atuam como predadores na cadeia trófica e podem atuar no controle biológico de pragas nos agroecossistemas. No presente estudo, a ocorrência da ordem Collembola pode ter contribuído indiretamente para o aparecimento de Araneae, uma vez que estes se alimentam, entre outros organismos, daqueles pertencentes à ordem Collembola (Moço et al., 2005).

Para a variável abundância, os organismos amostrados obtiveram os maiores valores para a época de dezembro, entretanto, no SD, houve diferença significativa, com valores inferiores em relação as amostras de agosto (Figura 3a). Este resultado pode estar associado ao menor acúmulo de serrapilheira ( $19,76 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Figura 3-a), demonstrando um ambiente desfavorável aos organismos do solo. Silva et al. (2012) relatam que em sistemas com baixa diversidade e cobertura vegetal, há menor disponibilidade de alimento e maior amplitude térmica, além de apresentarem condições químicas e biológicas do solo desfavoráveis para a sobrevivência de um maior número de indivíduos. Para a variável tratamentos em relação a nº de ind./m<sup>2</sup>, houve diferença significativa para a VN (dez) e SD (dez), sendo similares ao SAF 2.



**Figura 3** - Abundância (a) e riqueza (b) de organismos da fauna epigeica verificados em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e em um sistema convencional, em duas épocas de avaliação no ano. Bonito, MS, 2016. \*Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para a riqueza de grupos (Figura 3-b), verificou-se que não diferença entre os tratamentos com relação as épocas, entretanto para a amostra de dezembro, houve uma diferença com menor nº de grupos para o SD. Ressalta-se que menor acúmulo de serrapilheira (Figura 2) para essa época, limitou o estabelecimento de organismos (Tabela 2) ficando restrito a poucos grupos taxonômicos.

Para o índice de Shannon-Weaner, não houve interação entre os tratamentos e as duas épocas, entretanto, os maiores valores foram na época seca (agosto) (Tabela 3) onde a VN apresentou a maior diversidade para essa época. O declínio dos valores de  $H'$  é o resultado de uma maior dominância de alguns grupos em detrimento de outros (BEGON et al., 1996).

**Tabela 3** - Índice de Diversidade Shannon-Weaner e Equitabilidade de Pielou da comunidade de invertebrados epígeos em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e em um sistema convencional em duas épocas de avaliação no ano. Bonito, MS, 2016.

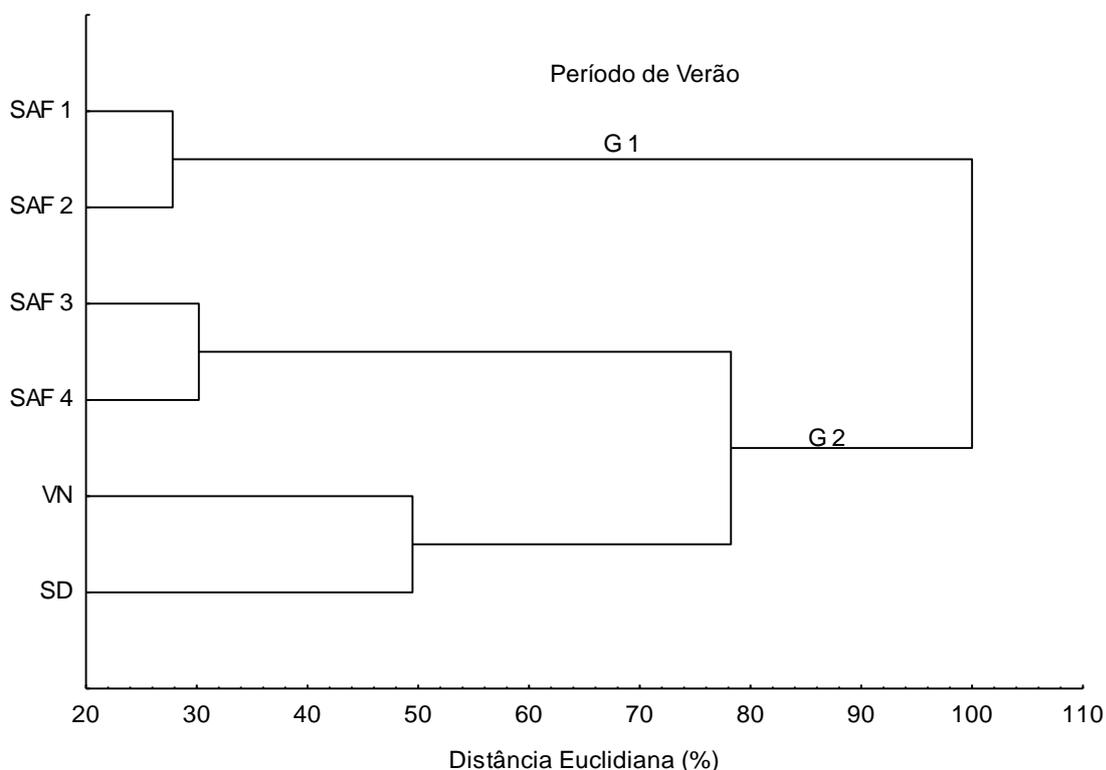
Sistemas de cultivo	Índice de Diversidade ( $H'$ )		Índice de Equitabilidade ( $e$ )	
	Agosto	Dezembro	Agosto	Dezembro
Saf 1	0,59	0,42	0,73 aA	0,67 abc A
Saf 2	0,61	0,24	0,77 aA	0,51 cd B
Saf 3	0,53	0,27	0,82 aA	0,38 dB
Saf 4	0,41	0,34	0,82 aA	0,53 bcdB
VN	0,62	0,52	0,91 aA	0,89 aA
SD	0,71	0,37	0,87 aA	0,80 abA
CV%	29,60		18,48	

\*Médias com letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O índice de Pielou obteve os maiores índices amostrados no inverno, onde a VN apresentou a maior equitabilidade de organismos dentro do sistema, nas duas épocas (Tabela 3).

Para a análise de agrupamento técnico, cujo objetivo é agrupar sistemas de manejo com base em características comuns, foram analisados dois dendrograma, uma para cada época amostradas para a fauna epigeica (verão e inverno).

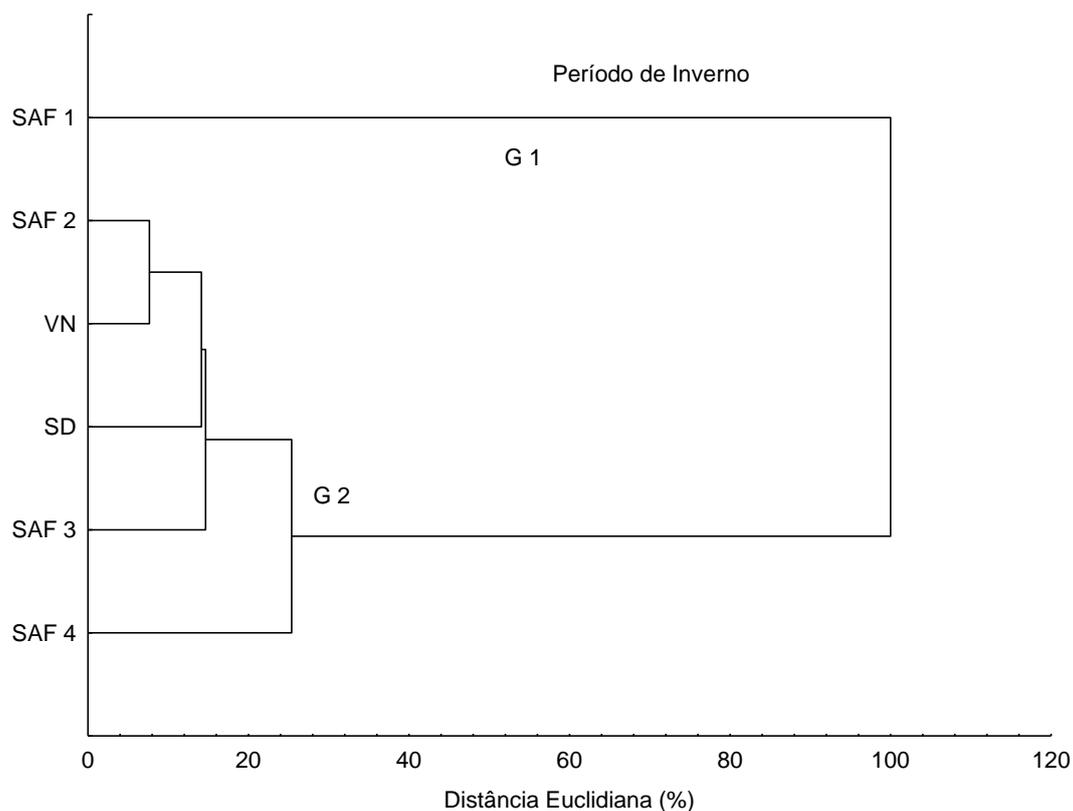
Com base na análise de agrupamento, cujo propósito consiste em agrupar sistemas de manejo, baseando-se nas características similares que estes possuem, observou-se a formação de dois grandes grupos distintos (Figura 4). No G 1, observou-se a formação de dois níveis de agrupamentos distintos. O primeiro nível apresentou uma semelhança de 70% entre SAF 3 E SAF 4. Possivelmente, o agrupamento ocorreu em virtude do menor número de grupos amostrados. O segundo nível apresentou semelhança de 52% entre VN e SD, essa semelhança pode estar condicionada aos maiores valores de diversidade e equitabilidade amostrados. Para o G 2 o SAF 1 E SAF 2, o agrupamento ocorreu em virtude do maior número de indivíduos por armadilhas amostrados nesse período.



**Figura 4** - Dendrograma de dissimilaridade da comunidade dos invertebrados epígeos, com base na distância euclidiana, em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos (SAF's), vegetação nativa (VN), sistema plantio direto (SD) período de verão. Bonito, MS, 2016.

De acordo com a análise de agrupamento período de inverno, observou-se a formação de dois grandes grupos distintos, com relação à comunidade de invertebrados epígeos (Figura 5). No G 1 observa-se que o SAF 1 se isolou das demais áreas, com 100% de dissimilaridade. Este resultado pode ter ocorrido devido ao maior número de indivíduos coletados nesse sistema.

No outro grupo percebe-se a formação de dois níveis independentes e distantes. Considerando os níveis, verificou-se uma dissimilaridade de 25% entre o SAF 4 para o SAF 3 e os sistemas VN, SAF 2 e SD, que se mostraram próximos entre si, com 85% de semelhança. Ainda neste mesmo nível observou-se à similaridade de 93% entre os sistemas VN e SD. A similaridade da VN e SD deu-se por serem os sistemas com menores grupos de riqueza encontrados neste trabalho.



**Figura 5** - Dendrograma de dissimilaridade da comunidade dos invertebrados epígeos, com base na distância euclidiana, em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos (SAF's), vegetação nativa (VN), sistema plantio direto (SD), período de inverno. Bonito, MS, 2016.

#### 4.4 Conclusões

Entre os sistemas agroflorestais estudados, o sistema SAF 1 apresentou os maiores valores de indivíduos por armadilhas, nas duas épocas avaliadas.

Os fatores climáticos relacionado as épocas de coleta, assim como os diferentes sistemas avaliados influenciam: serrapilheira, frequência, abundância, riqueza, diversidade e equitabilidade dos grupos de organismos do solo.

Todos os sistemas amostrados favorecem os grupos: Formicidae, Coleoptera e Collembola, principalmente em época de maior precipitação pluviométrica (dezembro).

#### 4.5 Referências bibliográficas

AQUINO, A. M.; SILVA, R. F.; MERCANTE, F. M.; CORREIA, M. E. F.; GUIMARÃES, M. F. e LAVELLE, P. Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. **European Journal Soil Biology**, v. 44, p. 191-197, 2008.

ALVES, A. L.; SOUTO, J. S.; HOLANDA, A. C. Aporte e decomposição de serapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Belém, v. 6, n. 2, p. 194 - 203, 2006.

BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E. C. M.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v. 47, p. 273-280, 2003.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; ETOWNSEND, C. R. **Ecology: individuals, populations and communities**. 3rd ed. New Jersey: Blackwell, 1996. 432 p.

BOLICO, C. F.; OLIVEIRA, E. A.; GANTES, M. L.; DUMONT, L. F. C.; CARRASCO, D. S.; D'INCAO, F. Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) de duas marismas do Estuário da Lagoa dos Patos, RS: diversidade, flutuação de abundância e similaridade como indicadores de conservação. **EntomoBrasilis**, Vassouras, v. 5, p. 11-20, 2012.

BRAMBILLA, M. **Percepção ambiental de produtores rurais sob o Parque Nacional da Serra da Bodoquena (MS) na perspectiva do desenvolvimento local**. 2007. 71 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, Mestrado em Desenvolvimento local.

CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em floresta ombrófila mista montana-Paraná. **Revista Acadêmica, Curitiba**, v. 5, n. 2, p. 101 - 116, 2007.

Cemtec/MS-Agraer-Estação meteorológica da (Unidade Jardim-MS). Disponível em: [http://www.cemtec.ms.gov.br/?page\\_id=13](http://www.cemtec.ms.gov.br/?page_id=13). Acesso em: dez/2016.

Davis, A. J., Holloway, J. D, Huijbregts, H., Krikken, J., Kirk-Spriggs, A.H. & Sutton, S.L. Dung beetles as indicators of change in the forests of northern Borneo. **Journal of Applied Ecology**. v. 38, p. 593–616. 2001.

FERREIRA, T. C.; OLIVEIRA, V. C. Produtos fitossanitários alternativos são inofensivos? **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**. Tupã, v. 10, p. 4, p. 416-428, 2016.

FERRAZ JR, A. S. L. O cultivo em aléias como alternativo para a produção de alimentos na agricultura familiar do Trópico úmido. In: MOURA, E. G. (Org.). **Agroambientes de Transição – Entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil. Atributos, alterações e uso na produção familiar**. São Luís: UEMA, 2004. p. 61-88.

FOELIX, R.F. **Biology of spiders**. Oxford: University Press, 1996. 340 p.

GUIMARÃES, N. F.; GALLO, A. S.; SOUZA, M. D. B.; AGOSTINHO, P. R.; GOMES, M. S.; SILVA, R. F. Influência de sistemas de produção de café orgânico arborizado sobre a diversidade da fauna invertebrada epigéica. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 280-288, 2015.

LAVELLE, P. Funtional domains in soils. **Ecological Research**, Japão, v. 17, p. 441-450, 2002.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 654 p.

KIM, K. C.; Biodiversity, conservation and inventory: Why insects matter. **Biodiversity and Conservation**, vol. 2, n. 3, p. 191-214. 1993.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. New Jersey: Princeton University Press, 1988. 179 p.

MAUNSELL, S. C.; Kitching, R. L.; GREENSLADE, P.; NAKAMURA, PENELOPE. BURWELL, C. J. Springtail (Collembola) assemblages along an elevational gradient in Australian subtropical rainforest. **Australian Journal of Entomology**, Canberra, v. 52, p. 114-124, 2012.

MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.555-564, 2005.

MÜLLER, M. W.; ALMEIDA, C. M. V. C.; SENA-GOMES, A. R. **Sistemas Agroflorestais como uso sustentável dos solos: conceito e classificação**. Cidade: CEPLAC/C, p. 137-142, 2003.

NASCIMENTO, J. S. **Estudos multidisciplinares em arranjos agroflorestais biodiversos na região Sudoeste de Mato Grosso do Sul. 2016**. 127 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócios). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. **A agroecologia: estratégias de pesquisa e valores**. Estudos Avançados, São Paulo, v.29, n.83, p. 183-207, 2015.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; MENEZES, R. I. Q. Recolonização da fauna edáfica em áreas de Caatinga submetidas a queimadas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 1, p. 214-220, 2008.

PADOVAN, M. P.; CARDOSO, I. M. Panorama da situação dos sistemas agroflorestais no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 9., 2013,

Ilhéus. **Políticas públicas, educação e formação em sistemas agroflorestais na construção de paisagens sustentáveis**: anais. Ilhéus: SBSAF, 2013. 1 CD-ROM.

PADOVAN, M. P.; NASCIMENTO, J. S.; CARIAGA, J. A.; PEREIRA, Z. V.; AGOSTINHO, P. R. Serviços ambientais prestados por sistemas agroflorestais biodiversos na recuperação de áreas degradadas e algumas possibilidades de compensações aos agricultores. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. Curitiba, PR: SBRAD. **Anais...**Curitiba, 2017. (NO PRELO).

Pielou, E. C. 1977. **Mathematical ecology**. Wiley, New York, 385.

RHEINHEIMER, D. S.; GONÇALVES, C. S.; PELLEGRINI, J. B. R. Impacto das atividades agropecuárias na qualidade da água. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 27, p. 85-96, 2003.

ROSENBERG, D. M.; DANKS, H. V.; LEHMKUHL, D. M. Importance of insects environmental impact assessment. **Environmental Management**, v. 10, n. 6, p; 773-830. 1986.

SHANNON, C. E.; W. WEAVER. **The Mathematical Theory of Communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949. 117 p.

SILVA, J.; JUCKSCH, I.; FERES, C. I. M. A.; TAVARES, R. C. Fauna do solo em sistemas de manejo com café. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. Gurupi, v. 3, n. 2, p. 59-71, 2012.

SILVA, F. de A. S. ASSISTAT. Versão 7.6 (beta). Campina Grande: UFCG, 2012. Disponível em: <<http://www.assistat.com/index.html>>. Acesso em: 20 out. 2016.

SILVA, R. F. da; TOMAZI, M.; PEZARICO, C. R.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M. Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, nome da cidade a revista está sediada, v. 42, p.865-871, 2007.

SILVA, R. F. da; AQUINO, A. M. de; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. de F. Macrofauna invertebrada do solo em diferentes sistemas de produção em Latossolo da região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 697-704, 2006.

SILVA, R. R.; BRANDÃO, C. R. F. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como bioindicadores de qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres. **Biotemas**, Florianopolis, v. 12, p. 55-73, 1999.

STATISTICA for Windows release 7.0 **Statsoft: modulo cluster analysis, joining, tree clostering**. Hamburg: Pearson R Single Linkage, 1997.

TIMMERMANN, C.; FELIX, G. F. Agroecology as a vehicle for contributive justice. **Agricultural Humam Values**. Florida, n. 32, p. 523-538, 2015.

TURCO, R. F.; BLUME, E. Indicators of soil quality. In: SIQUEIRA, J. O. F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. G. R.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G.

(Org.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS; Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 529-549.

WILSON, C.; TISDELL, C. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. **Ecological Economics**, n.39, p.449- 462, 2001.

ZAVALA, C. B. R. **A vegetação em gradiente topográfico na Serra da Bodoquena, MS, Brasil**. 2014. 60 p. Dissertação (Biologia Geral/Bioprospecção), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

### CAPÍTULO III

#### **Atributos microbiológicos em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul**

**Resumo** - Sistemas agroflorestais biodiversos (SAFs) são consórcios de culturas agrícolas com espécies arbóreas e arbustivas que procuram incrementar a entrada de matéria orgânica no solo, promovendo a ciclagem de nutrientes, intensificando a atividade microbiana e sustentando uma comunidade de fauna do solo mais abundante e diversificada. Nesse contexto, desenvolveu-se um estudo cujo objetivo é conhecer a dinâmica dos atributos microbiológicos, como indicador para aferir a qualidade do solo em sistemas agroflorestais biodiversos. O experimento foi conduzido em 2016, nos meses de agosto e dezembro, no Assentamento Santa Lúcia, município de Bonito, MS. Avaliou-se a biomassa e atividade microbiana coletando-se amostras de solo na profundidade 0,0 - 0,10 m. As variáveis avaliadas foram: carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal (C-CO<sub>2</sub>), quociente metabólico ( $q$ -CO<sub>2</sub>), quociente microbiano ( $q$ MIC) e acúmulo de serrapilheira (t ha<sup>-1</sup>). O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro sistemas agroflorestais, uma vegetação nativa e um sistema plantio direto. A presença de uma maior quantidade de resíduos (serrapilheira) na superfície do solo, afetou diretamente a microbiota do solo no SAF 1. Os fatores climáticos relacionados as épocas de coleta (agosto e dezembro), influenciaram na biomassa e atividade microbiana do solo. O sistema vegetação nativa e SAF 1 favoreceram a biomassa microbiana do solo e o quociente metabólico. Os atributos microbiológicos e químicos do solo estudados podem ser considerados bons indicadores para recuperação de áreas degradadas.

**Palavras-chave:** qualidade do solo, bioindicadores, microrganismos

**Abstract** - Biodiversity agroforestry systems (SAFs) are consortia of agricultural crops with arboreal and shrub species that seek to increase the entry of organic matter into the soil, promoting nutrient cycling, intensifying microbial activity and supporting a more abundant and diverse community of fauna. In this context, a study was developed whose objective is to know the dynamics of the microbiological attributes, as an indicator to assess soil quality in agroforestry systems. The experiment was conducted in 2016, in the months of August and December, in the settlement of Santa Lúcia, municipality of Bonito, MS. Biomass and microbial activity were evaluated by collecting soil samples at a depth of 0.0-0.10 m. The variables evaluated were: microbial biomass carbon (C-BMS), basal respiration (C-CO<sub>2</sub>), metabolic quotient ( $q$ -CO<sub>2</sub>), microbial quotient ( $q$ MIC) and litter accumulation (t ha<sup>-1</sup>). The experimental design was a randomized complete block design with four replications. The plots consisted of four agroforestry systems, one native vegetation and one no-tillage system. The presence of a greater amount of residues (litter) on the soil surface directly affected the soil microbiota in SAF 1. The climatic factors related to the collection seasons (August and December) influenced the biomass and microbial activity of the soil. The native vegetation system and SAF 1 favored soil microbial biomass and the metabolic quotient. The microbiological and chemical attributes of the studied soil can be considered good indicators for the recovery of degraded areas.

**Key words:** soil quality, bioindicators, microorganisms

## 5.1 Introdução

A sustentabilidade de agroecossistemas está diretamente relacionada à capacidade dos solos em manter processos biológicos (CARVALHO; GOEDERT; ARMANDO, 2008). No entanto, na agropecuária brasileira predominam sistemas de produção simplificados, monoculturais, com baixa capacidade de prover serviços ambientais, que desfavorem à diversidade de organismos do solo e os processos que poderiam desenvolver em prol da melhoria da qualidade desse recurso natural (PADOVAN et al., 2017).

Porém, há grande quantidade de iniciativas de agricultores que adotam sistemas agroflorestais biodiversos em todas as regiões do país, os quais produzem vários serviços ambientais, dentre eles a melhoria da diversidade da biota do solo (PADOVAN; CARDOSO, 2013).

Ressalta-se, que sistemas agroflorestais biodiversos (SAFs) são uma combinação intencional de árvores, arbustos, cultivos agrícolas e até de animais na mesma área, de maneira simultânea ou sequencial, que buscam a otimização da agregação de valores socioeconômico culturais e ambientais, visto que apresentam potencial para constituírem uma modalidade sustentável de uso da terra e no manejo dos recursos naturais (ASSIS-JÚNIOR et al., 2003; NAIR, 2009; NASCIMENTO, 2016; PADOVAN; PEREIRA, 2012).

Salienta-se que a qualidade do solo é definida como a sua capacidade de funcionar, dentro dos limites do ecossistema ou do agroecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade da água e do ar, e promover a saúde de plantas e animais (DORAN; PARKIN, 1994). Assim, os indicadores mais recomendados para avaliação da qualidade do solo em função do seu uso e manejo são aqueles que respondem às variações ambientais e podem sofrer mudanças em curtos e médios prazos (PEZARICO et al., 2013).

Os atributos microbiológicos são eficientes indicadores de alterações nos atributos físicos em função do manejo e do uso do solo (Lourente et al., 2011). Para análise qualitativa dos solos, os indicadores microbiológicos como carbono da biomassa microbiana, respiração microbiana e quociente metabólico, têm sido frequentemente sugeridos como os mais sensíveis aos impactos causados pelos manejos adotados, tendo em vista que influenciam constantemente na atividade metabólica dos microorganismos do solo (ALVES et al., 2011).

Iwata et al. (2010), entre outros autores, consideram o carbono orgânico do solo como um dos mais importantes indicadores de qualidade do solo e indicador de sustentabilidade. Em regiões tropicais, os SAFs são eficientes sequestradores de C, tanto pela biomassa das espécies vegetais que os compõem quanto pelo significativo aumento do estoque no solo (ALBRECHT; KANDJI, 2003).

O carbono do solo é fonte de energia para a biomassa microbiana, que participa no armazenamento, na ciclagem de nutrientes e na melhoria de atributos físicos e químicos dos solos (IWATA et al., 2010). As mudanças no conteúdo de C no solo também resultam em alterações concomitantes de nitrogênio (N) (CONANT et al., 2005).

De modo geral, a pouca disponibilidade de N no solo, associada à grande demanda pelas plantas, fazem desse nutriente um dos mais limitantes ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas (SANTIAGO et al., 2013). No solo, a proporção de C e N se estabiliza a uma relação *C:N* aproximada à dos microrganismos 10:1, já que esses assimilam a matéria orgânica para compor a sua biomassa e são os principais responsáveis pela ciclagem desses elementos no solo (PITOMBO, 2011).

O funcionamento da comunidade microbiana do solo é importante para a compreensão dos processos de ecossistemas. De acordo com Silva et al. (2013) os microorganismos como fungos e bactérias, exercem um importante papel nas propriedades de um solo, já que as bactérias têm alta taxa de crescimento e uma boa capacidade de ciclagem de nutrientes e os fungos predominam em solos mais ácidos, com faixas de pH variando entre 3,0 a 9,0, dependendo da espécie.

A vida microbiana do solo é influenciada, principalmente, pelos fatores temperatura, pH, luminosidade, salinidade, fontes de energia e substratos orgânicos, nutrientes e presença ou ausência de elementos tóxicos (SILVA et al., 2013). Desse modo, os diferentes tipos de manejo exercido em um solo podem interferir nesses fatores, podendo alterar a população microbiana e suas atividades.

Estudos sobre bioindicadores mostram que os microrganismos do solo, por características como abundância e atividades bioquímica e metabólica, proporcionam respostas mais rápidas às mudanças no ambiente e, conseqüentemente, apresentam alto potencial de uso na avaliação da qualidade do solo (SIX et al., 2006).

Nesse contexto, desenvolveu-se um estudo com o objetivo de conhecer a dinâmica de atributos microbiológicos na biomassa microbiana, como indicador para aferir a qualidade do solo em sistemas agrofloretais biodiversos localizados no Município de Bonito, Estado de Mato Grosso do Sul.

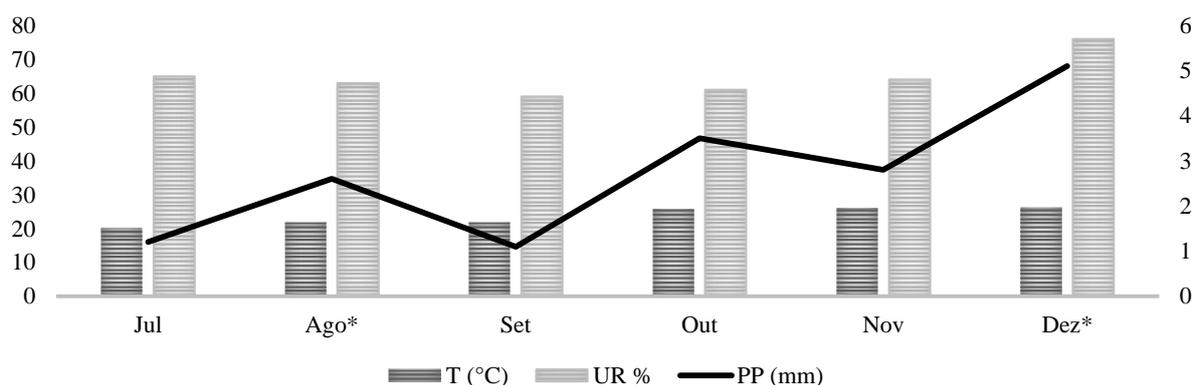
## **5.2 Materiais e Métodos**

### **5.2.1 Caracterização da área de estudo**

O estudo foi realizado em 2016, no Assentamento Santa Lúcia, localizado no Município de Bonito (coordenadas geográficas de 21°07'16" S e 56°28'55" W, e altitude média de 315

m), na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul, na microrregião denominada Bodoquena. A região possui predominância de cerrado arbóreo denso, florestas estacionais semidecíduais e matas estacionais semidecíduais aluviais (BUENO et al., 2007).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW - tropical quente com duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca, sendo influenciado pelo relevo, que ameniza as temperaturas (BRAMBILLA, 2007). Os dados climáticos durante a condução do experimento estão sumarizados na figura 1.



**Figura 14** – Precipitação pluviométrica (PP), temperatura (T°C) e umidade relativa do ar (UR) durante os meses de condução do experimento em Bonito, MS, 2016. Fonte: Estação meteorológica de Cemtec/MS-Agraer (Unidade de Jardim-MS). \*meses de coleta.

O solo (Tabela 1) e a vegetação apresentam-se distribuídos de acordo com o relevo e as litologias, onde ocorrem às formas aplanadas em litologia de formação Cerradinho, domina Nitossolo Vermelho Eutrófico Latossólico (Embrapa, 1999). Os atributos químicos, físicos do solo dos sistemas aqui analisados estão descritas na tabela 1.

**Tabela 2** – Atributos químicos e granulométricos do solo em sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e um sistema semeadura direta na camada de 0,0-10cm de profundidade. Bonito, MS, 2016.

ÁREAS	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V	m	M.O	Areia	Silte	Argila
-------	----	---	---	----	----	----	------	-----	---	---	-----	-------	-------	--------

	H <sub>2</sub> O	(mg dm <sup>-3</sup> )	----- (cmolc dm <sup>-3</sup> ) -----						%	(g dm <sup>-3</sup> )	----- % -----			
<b>SAF 1</b>	5,98	7,91	0,23	6,69	1,69	0,05	5,31	13,92	61,82	0,58	39,98	145,63	123,86	730,51
<b>SAF 2</b>	5,79	5,94	0,43	5,66	1,55	0,10	5,72	13,37	57,19	1,23	27,11	112,30	140,53	747,17
<b>SAF 3</b>	5,68	3,68	0,13	6,82	1,75	0,07	6,43	15,13	57,48	0,74	32,28	95,63	223,86	680,51
<b>SAF 4</b>	6,01	7,66	1,46	8,68	2,61	0,04	4,39	17,13	74,37	0,31	63,17	128,97	247,72	623,31
<b>VN</b>	7,03	4,89	1,17	12,64	3,43	0,02	2,30	19,54	88,25	0,12	88,62	128,97	257,72	613,84
<b>SD</b>	5,56	33,93	0,77	6,68	1,86	0,08	7,08	16,38	56,79	0,80	41,17	112,30	173,86	713,84

Em todos os sistemas avaliados, as amostras de solo e serapilheira foram coletadas durante os meses de agosto (período de inverno) e novembro (período chuvoso) de 2016. Para a análise dos tratamentos, o delineamento utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida com quatro repetições.

### 5.2.2 Delineamento experimental e caracterização do experimento

Para a realização desse trabalho, foram utilizados quatro sistemas agroflorestais biodiversos, um sistema semeadura direta e uma área de vegetação nativa antropizada, conforme descrição sucinta a seguir:

- **SAF 1** - Sítio Rancho do Chuca, sob a responsabilidade do Sr. Antônio Batista Moraes. Em 2005, iniciou a implantação do SAF biodiverso numa área de 0,65 hectares, ao redor da casa, com objetivo da produção de alimentos, geração de renda e recuperação da área degradada, inicialmente implantando manivas de mandioca. Em seguida realizou a implantação de mudas de várias espécies arbóreas nativas e exóticas, dispendo-as ao acaso. Como criador de animais possui: 20 bovinos (*Bos taurus*), desde 2005 até 2017 (faz parte do SAF). Na propriedade desde 2005 até 2017, produz: erva mate (*Ilex paraguariensis*) 33 mudas e mandioca (*Manihot esculenta*).

- **SAF 2** - Chácara Mongone, sob a responsabilidade do Sr. Nelson Antônio Tomeleiro. A implantação do sistema foi iniciada no ano 2000, com objetivos de produção de alimentos, geração de renda, melhoria do clima, quebra-ventos e recuperação ambiental, e ocupa área de 01 ha. No sistema agroflorestral faz poda uma vez ao ano. Possui uma horta com 1200 m<sup>2</sup>, com alface (*Lactuca sativa* L.), couve (*Brassica oleracea*), cheiro verde (*Petroselinum crispum*), cebolinha (*Allium schoenoprasum* L.). Sua criação de animais consiste em: 25 bovinos (*Bos taurus*), 120 galinhas e 100 pintinhos (*Gallus gallus domesticus*). No período de 2000 até 2017 foram cultivados na propriedade: milho (*Zea mays*. L), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.),

mandioca (*Manihot esculenta*), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e café (*Coffea arabica* L.).

- **SAF 3** - Chácara Vitória, sob a responsabilidade do Sr. Geraldo Trelha. Em 2003, iniciou-se a implantação do SAF biodiverso com tamanho de 0,5 ha, implantando culturas como: *Cucurbita moschata* Duch. (Abóbora), *Ananas comosus* L. Merrill (abacaxi) e adubos verdes, com objetivo de manter a cobertura do solo. Como criador de animais possui 25 bovinos (*Bos taurus*), desde 2010 até 2017 (não faz parte do SAF), galinha (*Gallus gallus domesticus*) 150 (faz parte do SAF). Produz desde 2010: mandioca (*Manihot esculenta*), milho (*Zea mays* L.), batata (*Solanum tuberosum*), abóbora (*Cucurbita pepo* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill.), café (*Coffea arabica* L.).

- **SAF 4** - Esse SAF teve início em 2001 e possui área de 2,43 ha. Foi implantado com os objetivos de produção de alimentos, geração de renda, quebra-ventos, melhoria do clima e recuperação ambiental. Situa-se na Chácara Boa Vista e está sob os cuidados do Sr. Francisco Marques Alves. Como criador de animais possui: 40 bovinos (*Bos taurus*), desde 2001 até 2017 e 30 galinhas (*Gallus gallus domesticus*) 30 (faz parte). De 2016 até 2017 produziu milho com braquiária para formar pasto (utilizou 500 kg de fertilizantes Heringer mineral e 2500 kg de calcário/ha).

- **VEGETAÇÃO NATIVA (VN - testemunha)** - Trata-se de uma área de reserva legal, com 205,88 ha de vegetação natural em estágio avançado de regeneração, uma vez que foram retiradas madeiras para comercialização, porém na última década essa atividade foi paralisada. No entanto, para a avaliação do solo, optou-se por uma parte da área em que não há presença de gramíneas exóticas e nem entrada de bovinos.

- **SISTEMA SEMEADURA DIRETA (SD - testemunha)** – Compreende um sistema de semeadura direta com sucessão, ou seja, soja na primavera/verão e milho no período de outono/inverno. As semeaduras são realizadas de forma direta e utilizam-se adubações químicas com intuito de melhorar a fertilidade do solo.

Foi realizado também um levantamento florístico (Anexo I) dos quatro SAFs e da vegetação nativa localizadas na região Sudoeste de Mato Grosso do Sul, que já haviam sido

estudadas anteriormente, sendo: Sistemas agroflorestais (NASCIMENTO, 2016) e Vegetação nativa (ZAVALA, 2014).

### - COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA

Os quatro sistemas agroflorestais biodiversos avaliados e a vegetação nativa possuem uma riqueza de 198 espécies e 51 famílias botânicas, num total de 1732 indivíduos, divididos em SAF 1 (199 ind.), SAF 2 (282 ind.), SAF 3 (379 ind.), SAF 4 (358 ind.) e MN (514 ind.), sendo que as famílias mais expressivas em número de espécies, em ordem decrescente, foram: a Fabaceae (34), Malvaceae (18), Anacardiaceae (11), Myrtaceae (11), Rutaceae (10), Bignoniaceae (8) (Anexo I). Essas seis famílias representam 54,97% de todas as espécies presentes nos sistemas estudados e as demais famílias correspondem a 45,03%.

### 5.2.3 Condução do experimento

#### ACÚMULO DE SERRAPILHEIRA

Para a avaliação do acúmulo de serrapilheira ( $t\ ha^{-1}$ ), as coletas foram feitas próximas aos pontos de amostragem do solo, com o auxílio de um gabarito de madeira de 0,25 por 0,25 m. O material orgânico coletado foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados, e transportados à estufa de secagem com circulação de ar forçada ( $65^{\circ}C$ ), até atingirem massa constante, quando foram pesados. Os dados obtidos foram transformados em toneladas por hectare.

#### BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO

Para avaliação da biomassa microbiana do solo, em cada sistema foram coletadas quatro amostras compostas, oriundas de três subamostras, na profundidade de 0-10 cm. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em câmara fria ( $4^{\circ}C$ ). Na sequência, foram estimadas a biomassa e atividade microbiana, além do quociente metabólico dos microrganismos do solo.

- **Estimativa da biomassa microbiana do solo** - A biomassa microbiana foi determinada pelo método da fumigação-extração, proposto por Vance et al. (1987) e Tate et al. (1988). A estimativa da biomassa, representada pelo carbono microbiano, seguiu a relação utilizada por Rodrigues (1992).
- **Determinação da atividade microbiana** – Utilizou-se o método da respirometria (evolução de  $CO_2$ ), de acordo com Jenkinson e Powlson (1976).

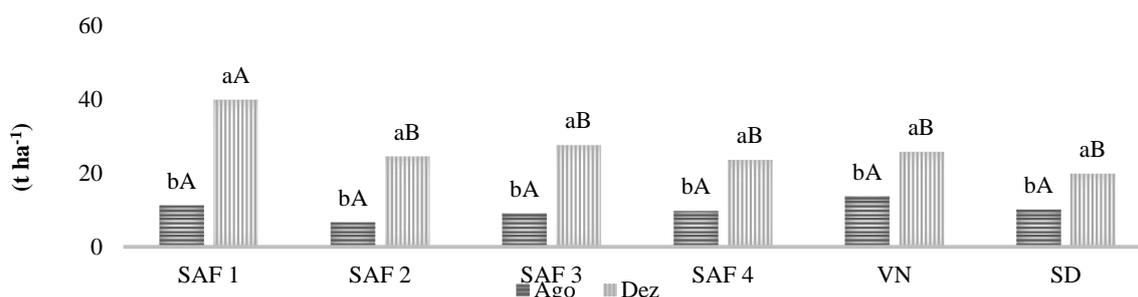
- **Determinação do quociente metabólico** - É definido pela relação entre a respiração e a C-BMS, sendo determinado conforme Anderson e Domsch (1990), utilizando-se a equação:  $\text{mg C-CO}_2 \cdot \text{g solo fresco}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} / \text{mg biomassa-C} \cdot \text{g solo}^{-1}$ .

#### 5.2.4 Análise estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Além disso, os atributos microbiológicos foram submetidos à análise de agrupamento (cluster analysis), adotando-se o método do vizinho mais distante (complete linkage), a partir da Distância Euclidiana, para avaliar a similaridade entre os sistemas estudados. As análises estatísticas foram processadas por meio do software Statistic (versão 7.0, StatSoft).

### 5.3 Resultados e discussão

Quanto ao acúmulo de serrapilheira, houve interação significativa entre os sistemas e as épocas de avaliação (Figura 2). Entre os sistemas avaliados houve diferença significativa, onde o maior acúmulo foi verificado nos sistemas SAF 1 ( $39,8 \text{ t ha}^{-1}$ ) e SAF 3 ( $27,3 \text{ t ha}^{-1}$ ), período chuvoso, que não diferiram entre si, e foram superiores à VN ( $25,67 \text{ t ha}^{-1}$ ). Guimarães et al. (2015), avaliando o estoque de serrapilheira em diferentes sistemas no Mato Grosso do Sul, também não verificaram diferença significativa entre a vegetação nativa e sistemas consorciados com espécies florestais e frutíferas (Anexo I). Ao analisar as épocas, verifica-se que o maior acúmulo ocorreu no mês de dezembro.

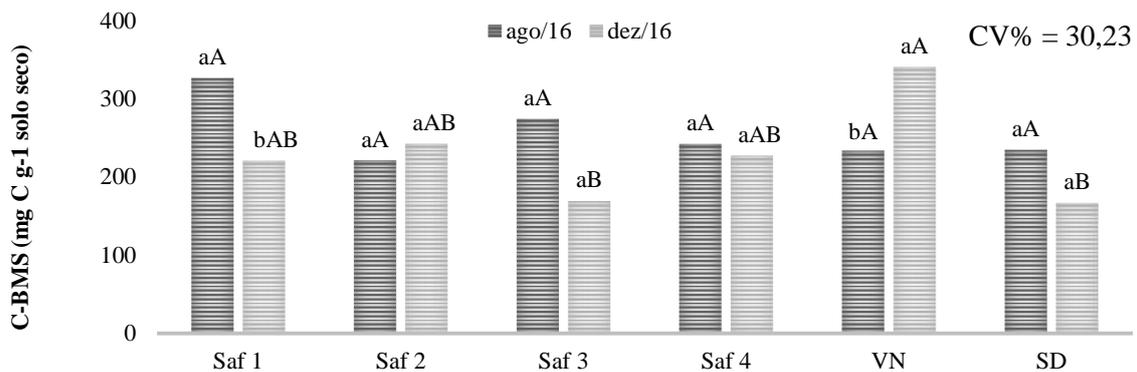


**Figura 15** - Acúmulo de serrapilheira ( $\text{t ha}^{-1}$ ) em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e sistema plantio direto, em duas épocas. Bonito, MS, 2016. Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si.

Este resultado está relacionado, provavelmente, à maior queda das folhas nesta época do ano, devido ao déficit hídrico, fenômeno este considerado natural. A maior deposição em

períodos secos pode ser uma resposta da vegetação, que com a derrubada das folhas, reduz a perda de água por transpiração (SILVA et al., 2007).

A Vegetação nativa (VN) (dezembro) usado como referência neste estudo, e o sistema SAF 1 (agosto) apresentaram significativamente os maiores teores de C-BMS (Figura 3), em relação aos outros sistemas avaliados.

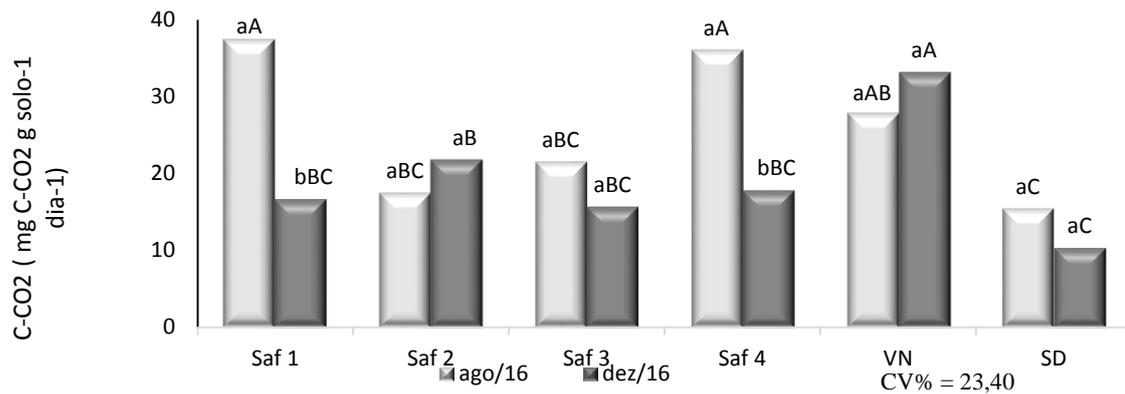


**Figura 3** - Carbono da biomassa microbiana (C-BMS), em solos sob sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação e em um sistema plantio direto, em duas épocas de avaliação. Bonito, MS, 2016. Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si.

As diferenças de C-BMS observadas entre os SAF's e a área de vegetação nativa (VN) indicam que o manejo adotado nos SAF's tem contribuído igualmente para a atividade microbiana dos solos. Segundo Bandick e Dick (1999), Menezes (2008), Silva et al. (2010) e Silva et al. (2012), a maior biodiversidade vegetal, o manejo do solo (sem revolvimento) e da vegetação (com podas) são alguns dos fatores responsáveis por condições mais favoráveis à manutenção da biomassa microbiana do solo.

Esta pesquisa corroborou os resultados encontrados por Pezarico et al. (2013), quanto aos valores de C-BMS semelhantes entre sistemas agroflorestais e mata nativa. Segundo os autores, a ausência de revolvimento do solo em sistemas mais próximos das condições naturais, como os SAF's, resulta em maior efeito rizosférico e maior acumulação de material orgânico na superfície do solo, que são responsáveis pela maior diversidade da comunidade biológica.

Para a respiração basal (C-CO<sub>2</sub>) (Figura 4), os maiores valores foram verificados nos SAFs 1 e 4 na 1ª época de avaliação, sendo superiores a VN 2ª época, os quais não diferiram entre si.

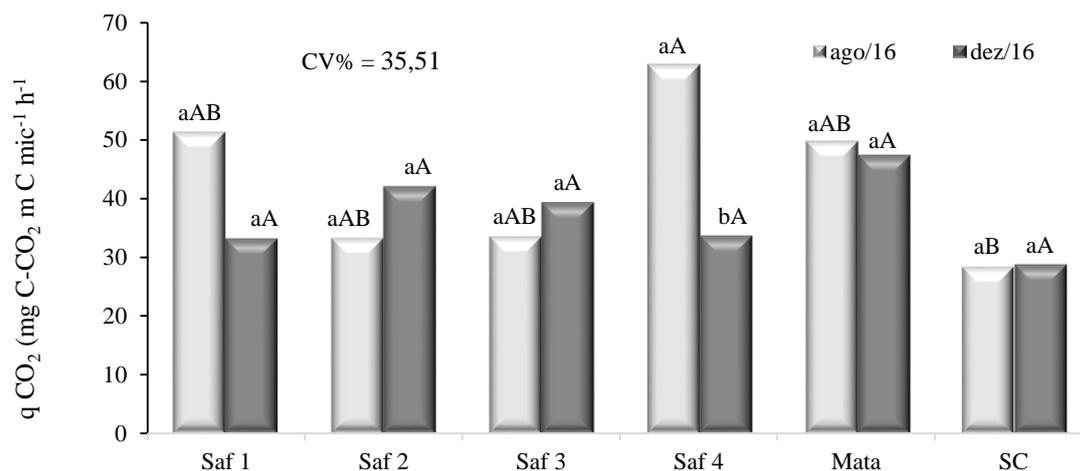


**Figura 16** – Respiração Basal (C-CO<sub>2</sub>) em solos sob sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e em um sistema plantio direto, em duas épocas de avaliação. Bonito, MS, 2016. Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si.

Este índice é expresso pela taxa de respiração dos microorganismos, e, conforme Reis Junior e Mendes (2007), taxa superior de respiração pode significar, em curto prazo, liberação de nutrientes, considerando que a decomposição do material vegetal poderá disponibilizar nutrientes para as plantas.

O resultado observado nesta variável indica que o aporte de resíduos vegetais advindo da queda das folhas da arborização estimulou a atividade dos microorganismos no solo. Esse estímulo deve-se ao enriquecimento do solo, (XAVIER et al., 2003), por meio do aumento da biodiversidade vegetal (MURGUEITIO et al., 2007), e conseqüentemente maior disponibilidade de alimento para microbiota, sendo essa a principal fonte de energia para a atividade desses organismos (PINTO NETO et al., 2014). Além disso, a deposição da serrapilheira propicia maior proteção da superfície do solo, mantendo a umidade e reduzindo a amplitude térmica do mesmo (XAVIER et al., 2006), promovendo um ambiente propício ao seu desenvolvimento.

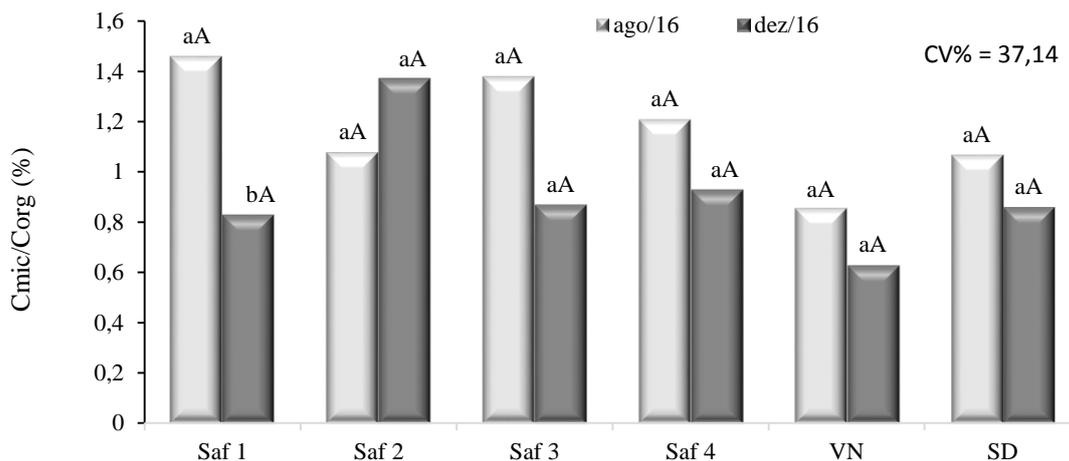
Quanto ao quociente metabólico ( $qCO_2$ ), houve diferença significativa entre os sistemas avaliados (Figura 5), onde os maiores valores foram nos SAFs 4, 1 e VN ambos no período seco.



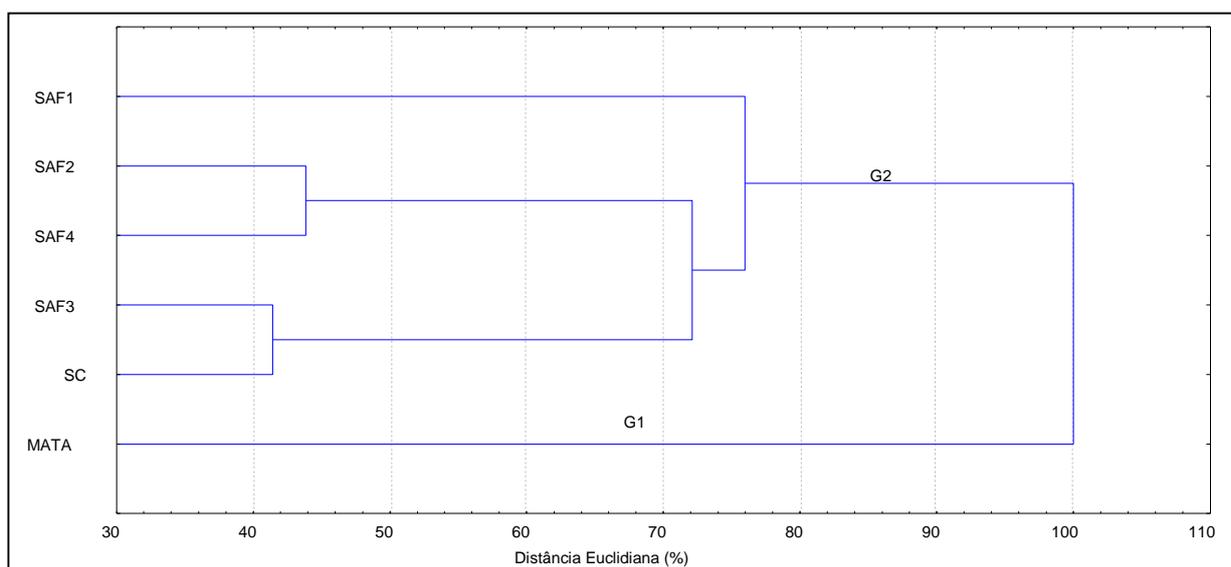
**Figura 17** – Quociente Metabólico ( $q\text{-CO}_2$ ) em solos sob sistemas agroflorestais biodiversos, mata nativa e em um sistema plantio direto, em duas épocas de avaliação. Bonito, MS, 2016. Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si.

Porém, elevados valores de  $q\text{CO}_2$ , como os observados neste estudo, indicam que pode estar ocorrendo maior gasto de energia para a manutenção da comunidade microbiana, ou seja, em razão da condição de estresse ou distúrbio, os microorganismos têm que consumir mais substrato para sua sobrevivência (CARNEIRO et al., 2008; SILVA et al., 2010; GOMIDE et al., 2011). Esse gasto de energia pode estar acontecendo devido a substituição da vegetação que acelera a decomposição dos resíduos vegetais e, assim, o valor do quociente metabólico aumenta (Silva et al., 2007). Outra justificativa para este resultado pode estar associada ao fato de que quocientes metabólicos elevados são um indicativo de comunidades microbianas em estágios iniciais de desenvolvimento com maior proporção de microorganismos ativos em relação aos inativos (ROSCOE et al. 2006).

No que se refere ao quociente microbiano ( $q\text{MIC}$ ), que expressa a quantidade de carbono orgânico do solo está imobilizado na biomassa microbiana (DUARTE et al., 2014), observou-se, nesse trabalho, o maior valor para o sistema SAF 1 período seco, quando comparado aos demais sistemas avaliados (Figura 6).



**Figura 18** - Quociente Microbiano ( $q$ -MIC) em solos sob sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e em um sistema plantio direto, em duas épocas de avaliação. Bonito, MS, 2016. Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si.



Esse índice ( $q$ MIC), quando elevado, indicam elevados valores de carbono no solo, enquanto que valores reduzidos indicam perda de carbono no solo, ao longo do tempo (MERCANTE et al., 2004). Esse quociente é influenciado por diversos fatores, como o grau de estabilização do C-orgânico e o histórico de manejo do solo na área (SILVA et al., 2010).

Com base na análise de agrupamento, cujo propósito consiste em agrupar sistemas de manejo, baseado em características comuns, observou-se a formação de dois grupos distintos (G1 e G2) (Figura 7). Observa-se que a VN se isolou das demais áreas, com 100% de dissimilaridade.

Para a formação do G1 (VN), que se isolou dos demais sistemas, pode estar relacionado com maior diversidade de espécies (Anexo I) para esta variável, onde há um fornecimento

constante de material orgânico (Figura 3), permanecendo o solo coberto, com menor variação e níveis mais adequados de temperatura e umidade, conseqüentemente, favorecendo as condições edáficas para a população microbiana do solo (MERCANTE et al., 2008). Outro fator importante avaliado amostrado são os atributos químicos para a vegetação nativa (Figura 2), o que conseqüentemente condiz com os resultados obtidos para C-BMS, que foi apresentada a taxa mais elevada para essa variável (Figura 3). Segundo Gregorich et al. (1994), os solos que mantêm um alto conteúdo de biomassa microbiana são capazes não somente de estocar, mas também de ciclar mais nutrientes no sistema.

**Figura 7** - Dendrograma de similaridade de indicadores microbiológicos em solos sob sistemas agroflorestais biodiversos, vegetação nativa e em um sistema plantio direto. Bonito, MS, 2016

No G2 observou-se que os SAFs 2, 3, 4 e sistema convencional mostraram-se próximos entre si (70% de similaridade) e mais distante do SAF 1. O SAF 1 possui características similares de 30% em relação ao G1 (VN), indicando que o manejo adotado nos SAF tem contribuído igualmente para a atividade microbiana dos solos.

#### **5.4 Conclusões**

A presença de uma maior quantidade de resíduos (serrapilheira) na superfície do solo, afetou diretamente a microbiota do solo no SAF 1.

Os fatores climáticos relacionados as épocas de coleta (agosto e dezembro), influenciaram na biomassa e atividade microbiana do solo.

O sistema vegetação nativa e SAF 1 favoreceram a biomassa microbiana do solo e o quociente metabólico.

Os atributos microbiológicos e químicos do solo estudados podem ser considerados bons indicadores para recuperação de áreas degradadas.

#### **5.6 Referências bibliográficas**

ALBRECHT, A.; KANDJI, S. T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 99, n. 1, p. 15-27, 2003.

ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Application of eco-physiological quotients ( $q_{CO_2}$  and  $q_D$ ) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology & Biochemistry**, Cambridge, v. 22, p. 251-255, 1990.

ASSIS-JÚNIOR, S. L.; ZANUNCIO, J. C.; KASUYA, M. C. M.; COUTO, L.; MELIDO, R. C. N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, p. 35-41, 2003.

BANDICK, A. K.; DICK, R. P. Field management effects on soil enzyme activities. **Soil Biology and Biochemistry**, Berlin, v. 31, n.11, p. 1471-1479, 1999.

BRAMBILLA, M. Percepção ambiental de produtores rurais sob o Parque Nacional da Serra da Bodoquena (MS) na perspectiva do desenvolvimento local. 2007. 71 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, Mestrado em Desenvolvimento local.

BUENO, M. L.; RESENDE, U. M.; RANIER, T. G. Levantamento Florístico nas Trilhas Turísticas da RPPN São Geraldo. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, RS, v. 5, n. 2, p. 189-191, 2007.

CONANT, R. T.; PAUSTIAN, K.; DEL GROSSO, S. J.; PARTON, W. J. Nitrogen pools and fluxes in grassland soils sequestering carbon. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Switzerland, v. 71, p. 239- 248, 2005.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; SOARES, A. L. L. Carbono orgânico, nitrogênio total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas cronossequências de reabilitação após a mineração de bauxita. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 621-632, 2008.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestral. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1153-1155, nov. 2008.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA special publication, 35).

DUARTE, I. B.; GALLO, A. S.; GOMES, M. S.; GUIMARÃES, N. F.; ROCHA, D. P.; SILVA, R. F. Plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo. *Acta Iguazu*, Cascavel, v. 3, n. 2, p. 150-165, 2014.

GAMA-RODRIGUES, E. F. **Biomassa-C microbiana de solos de Itaguaí: comparação de métodos de fumigação-incubação e fumigação-extração**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí. 1992. 108 p.

GOMIDE, P. H. O.; SILVA, M. L. N.; SOARES, C. R. F. S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 567577, 2011.

GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREAL, C. M.; ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic-matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*, Canadá, v. 74, p. 367-385, 1994.

GUIMARÃES, N. F.; GALLO, A. S.; SOUZA, M. D. B.; AGOSTINHO, P. R.; GOMES, M. S.; SILVA, R. F. Influência de sistemas de produção de café orgânico arborizado sobre a diversidade da fauna invertebrada epigéica. *Coffee Science*, Lavras, v. 10, n. 3, p. 280-288, 2015.

IWATA, B. F. **Dinâmica da matéria orgânica em argissolo vermelho amarelo sob sistemas agroflorestais no cerrado piauiense**. 2010.72p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil – V. A. method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 8, n. 3, p. 209-213, 1976.

LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; GASPARINI, A. S.; GOMES, C. F.; NUNES, C. M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, p. 20-28, 2011.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, 34: 479-485. 2008.

MERCANTE, F. M.; FABRICIO, A. C.; MACHADO, L. A. Z.; SILVA, W. M. **Parâmetros microbiológicos como indicadores de qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2004, 31p.

MENEZES, C. E. G. **Integridade de paisagem, manejo e atributos do solo no médio Vale do Paraíba do Sul Pinheiral-RJ**. Tese (Doutorado em Agronomia) Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. 160p.

MURGUEITIO, E.; IBRAHIM, M.; ZAPATA, A.; MEJÍA, C.E.; ZULUAGA, A. F.; CALLE, Z.; FAJARDO, D.; CUARTAS, C.; NARANJO, J. F.; RIVERA, L. Pago por servicios ambientales a productores ganaderos en el proyecto Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas en Colombia. In: FERNANDES, E. N.; PACIULLO, D. S.; CASTRO, C. R. T.; MULLER, M. D.; ARCURI, P. B.; CARNEIRO J. C. (Eds.). *Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades*. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária** – Embrapa Gado de Leite – Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Juiz de Fora, p. 69–104. 2007.

NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, Chile, v. 172, p. 10-23, 2009.

NASCIMENTO, J. S. Estudos multidisciplinares em arranjos agroflorestais biodiversos na região Sudoeste de Mato Grosso do Sul. 2016. 127 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócios). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

PADOVAN, M. P.; NASCIMENTO, J. S.; CARIAGA, J. A.; PEREIRA, Z. V.; AGOSTINHO, P. R. Serviços ambientais prestados por sistemas agroflorestais biodiversos na recuperação de áreas degradadas e algumas possibilidades de compensações aos agricultores. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. Curitiba, PR: SBRAD. **Anais...Curitiba, 2017. (NO PRELO)**

PADOVAN, M. P.; PEREIRA, Z. V. Sistemas agroflorestais diversificados. **A Lavoura**, v. 115, n. 690, p. 15-18, 2012.

PADOVAN, M. P.; CARDOSO, I. M. Panorama da situação dos sistemas agroflorestais no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 9, 2013, Ilhéus. **Políticas públicas, educação e formação em sistemas agroflorestais na construção de paisagens sustentáveis: anais**. Ilhéus: SBSAF, 2013. 1 CD-ROM.

PEZARICO, C. R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade de solos em sistemas agroflorestais. *Revista Ciências Agrárias*. v. 56, n. 1, p. 4047, jan. /mar. 2013.

PINTO NETO, J. N.; ALVARENGA, M. I. N.; CORRÊA, M. P.; OLIVEIRA, C. C. Efeito das variáveis ambientais na produção de café em um sistema agroflorestal. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 187-195, 2014.

PITOMBO, L. M. **Estoques de carbono e nitrogênio e fluxos de gases do efeito estufa em solo com diferentes históricos de aplicação de lodo de esgoto**. 2011, 61p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2011.

REIS JUNIOR, F. B. dos; MENDES, I. C. **Biomassa microbiana do solo**. Planaltina: EMBRAPA Cerrado, 2007. 38p.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B.; SANTOS, J. C. F.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Ed.). Dourados, p. 163-198, 2006.

SANTIAGO, W. R.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; BISPO, C. J. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; CASTELLANI, D. C. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia oriental. **Acta. Amazônica**, Belém, v. 43, n.4, p. 395-406, 2013.

SILVA, R. F.; CORASSA, G. M.; BERTOLLO, G. M.; SANTI, A. L.; STEFFEN, R. B. Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 43, n. 2, p.130-137, 2013.

SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; MIGUEL, D. L.; FEITORA, J. C. F.; LOSS, A.; MENEZES, C. E. G.; SILVA, E. M. R. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática

do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio vale do Paranaíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 1680-1689, 2012.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1585-1592, 2010.

SILVA, C. J.; SANCHES, L.; BLEICH, M. E.; LOBO, F. A.; NOGUEIRA, J. S. Produção de serapilheira no Cerrado e Floresta de transição Amazônia - Cerrado do centro-oeste brasileiro. **Acta Amazônica**, Manaus, v.37, n.4, p.543-548, 2007.

**STATISTICA** for Windows release 7.0 Statsoft: modulo cluster análises, joining, tree clustering. Hamburg: Pearson R Single Linkage, 1997.

SIX, J.; FREY, S. D.; THIES, R. K.; BATTEN, K. M. Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.70, p.555-569, 2006.

TATE, K. R.; ROSS, D. J.; FELTHAM, C. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Effects of experimental variables and some different calibration procedures. **Soil Biology Biochemistry**, Berlin, v. 20, p. 329-335, 1988.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction methods for measuring soil microbial biomass. **Soil Biology & Biochemistry**, Berlin, n. 19, p. 703-707, 1987.

XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba – CE. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 247-258, 2006

XAVIER, D. F.; CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A. Melhoramento da fertilidade do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* associada com leguminosas arbóreas. **Pasturas Tropicais**, v.25, p.23-26, 2003.

**Anexo I** - Listagem das famílias e espécies com seus respectivos nomes populares e determinação do número de indivíduos de cada espécie nos sistemas agroflorestais (SAF). Bonito, MS, 2016.

<b>Família</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Nome popular</b>	<b>SAF 1</b>	<b>SAF 2</b>	<b>SAF 3</b>	<b>SAF 4</b>	<b>VN</b>
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Cajú	0	6	3	9	0
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Guaritá	0	0	0	5	0
Anacardiaceae	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	Aroeira-brava	1	0	0	0	0
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Manga	6	11	19	7	0
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Gonçalo	0	0	0	0	16
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Aroeira-verdadeira	3	6	0	1	16
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira-pimenteira	1	0	0	1	0
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	Cajá-mirim	4	2	3	1	0
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i> L.	Seriguela	0	1	3	0	0
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i> L.	Umbú	0	0	0	4	0
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Peito-de-pomba	0	1	1	0	13
Annonaceae	<i>Annona cacans</i> Warm.	Araticum-cagão	0	2	0	1	0
Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L.	Graviola	0	0	0	0	3
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i> L.	Fruta-do-conde	0	1	2	0	0
Annonaceae	<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.	Biribá	0	0	0	6	0
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cuspa</i> (Kunth) S.F. Blake ex Pittier	Peroba	0	6	1	4	4
Apocynaceae	<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	Guatambú	0	0	0	0	9
Apocynaceae	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	Peroba-do-cerrado	0	0	0	0	9
Apocynaceae	<i>Thevetia peruviana</i> (Pers.) K. Schum.	Chapéu-de-napoleão	0	0	8	0	0
Aquifoliaceae	<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.	Erva-mate	19	0	0	0	0
Araliaceae	<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	Maria-mole	0	0	0	0	3
Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	Mandiocão	0	1	0	3	0
Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Pinhão	0	0	2	0	0

<b>Família</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Nome popular</b>	<b>SAF 1</b>	<b>SAF 2</b>	<b>SAF 3</b>	<b>SAF 4</b>	<b>VN</b>
Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	Macaúba	1	11	0	2	6
Arecaceae	<i>Attalea phalerata</i> Mart. ex Spreng.	Bacuri	0	3	0	1	4
Arecaceae	<i>Attalea speciosa</i> Mart. ex Spreng	Babaçu	0	0	1	0	0
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L.	Coco-gigante	0	28	3	0	0
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> var. <i>nana</i> Griff.	Coco-anão	0	0	0	1	0
Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Pindó	0	0	0	0	5
Arecaceae	<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	Guariroba	0	10	1	0	0
Asteraceae	<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	Alecrim-do-campo	13	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Gymnanthemum amygdalinum</i> (Delile) Sch.Bip. ex Walp.	Caferana	0	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Lessingianthus glabratus</i> (Less.) H. Rob.	Assa-peixe	1	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray	Flor-da-amazônia	3	0	9	1	0
Asteraceae	<i>Vernonanthura ferruginea</i> (Less.) H. Rob.	Assa-peixe	0	0	0	1	0
Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i> L.	Coité	0	0	2	0	0
Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A. DC.) Mattos	Ipê-amarelo	33	1	0	2	9
Bignoniaceae	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore	Ipê-amarelo	0	0	0	0	14
Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Ipê-roxo	21	1	1	0	1
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-roxo	0	0	0	0	9
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-rosa	0	3	0	4	0
Bignoniaceae	<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	Caroba	0	0	0	1	3
Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Ipê-branco	0	1	0	2	7
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	Colorau	0	0	12	1	0
Boraginaceae	<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J. S. Mill.	Guajuvira	0	0	0	0	4
Boraginaceae	<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	Capitão-do-campo	0	0	0	11	1
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Louro-pardo	0	0	0	1	3
Boraginaceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Breu	0	0	0	1	0

<b>Família</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Nome popular</b>	<b>SAF 1</b>	<b>SAF 2</b>	<b>SAF 3</b>	<b>SAF 4</b>	<b>VN</b>
Cactaceae	<i>Cereus hildmannianus</i> K. Schum.	Mandacará	0	0	0	1	0
Cactaceae	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	Palma	0	0	0	0	4
Cannabaceae	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	Joá-mirim	0	2	0	1	0
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Candiúva	2	0	0	2	0
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	Mamão	0	5	9	7	0
Caricaceae	<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	Jaracatiá	0	0	4	0	0
Celastraceae	<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G. Don	Siputá/Saputá	0	3	2	1	0
Chrysobalanaceae	<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	Oiti	1	0	23	1	0
Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i> Mart	Carne-de-vaca	0	0	0	0	1
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i> Mart.	Capitão-do-campo	0	0	0	7	12
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i> Mart.	Sete-copas	0	0	1	0	1
Ebenaceae	<i>Diospyros inconstans</i> Jacq.	Marmelinho-do-mato	0	2	0	0	0
Ebenaceae	<i>Diospyros kaki</i> Thunb.	Caqui	0	0	0	0	5
Euphorbiaceae	<i>Jatropha curcas</i> L.	Pinhão-manso	0	0	0	2	0
Euphorbiaceae	<i>Adelia membranifolia</i> (Müll.Arg.) Chodat & Hassl.	Espinheiro	0	0	0	0	1
Euphorbiaceae	<i>Pleradenophora membranifolia</i> (Müll.Arg.) Esser & A. L. Melo	Sarandí	0	0	0	0	1
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	Mamona	3	0	0	3	0
Fabaceae	<i>Acacia mangium</i> Willd.	Acácia-negra	0	0	1	0	0
Fabaceae	<i>Acosmium cardenasii</i> H. S. Irwin & Arroyo	Falso-alecrim	0	0	0	0	3
Fabaceae	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm.	Amburana	1	2	2	1	0
Fabaceae	<i>Anadenanthera falcata</i> (Benth.) Speg.	Angico-do-cerrado	0	0	0	2	0
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico-branco	0	0	1	12	13
Fabaceae	<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	Pata-de-vaca	0	1	0	0	0
Fabaceae	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Sucupira-preta	0	0	0	0	13
Fabaceae	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Huth	Feijão-guandu	0	1	0	2	0

<b>Família</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Nome popular</b>	<b>SAF 1</b>	<b>SAF 2</b>	<b>SAF 3</b>	<b>SAF 4</b>	<b>VN</b>
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Pau-d'óleo	0	0	0	8	9
Fabaceae	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	Flamboyam	0	0	1	0	0
Fabaceae	<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul.	Carvão-vermelho	0	0	0	0	6
Fabaceae	<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Baru	1	2	2	0	9
Fabaceae	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Tamboril	0	1	1	0	6
Fabaceae	<i>Erythrina variegata</i> L.	Brasileirinho	2	0	0	1	0
Fabaceae	<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq. (het. <i>G. striata</i> )	Marizeiro	0	0	0	0	1
Fabaceae	<i>Guibourtia hymenaeifolia</i> (Moric.) J. Léonard	Falso-jatobá	0	0	0	5	1
Fabaceae	<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	Alecrim	0	0	0	0	2
Fabaceae	<i>Inga cylindrica</i> (Vell.) Mart.	Ingá-feijão	0	0	0	1	0
Fabaceae	<i>Inga vera</i> Willd.	Ingá	0	0	0	0	4
Fabaceae	<i>Inga uruguensis</i> Hook. & Arn.	Ingá-do-brejo	1	8	0	1	0
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	0	0	0	0	4
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucena	0	1	0	0	0
Fabaceae	<i>Leptolobium elegans</i> Vogel	Perobinha-do-campo	0	0	0	0	4
Fabaceae	<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.)	Embira-de-sapo	0	0	0	0	4
Fabaceae	<i>Machaerium villosum</i> Vogel	Jacarandá-paulista	0	0	0	0	3
Fabaceae	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Angico-do-mato	0	1	0	1	0
Fabaceae	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Canafístula	1	4	0	39	2
Fabaceae	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Vinhático	0	0	0	0	8
Fabaceae	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	Amendoim-do-campo	0	0	0	0	8
Fabaceae	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Amendoim-bravo	0	7	0	0	0
Fabaceae	<i>Samanea tubulosa</i>	Sete-cascas	0	0	0	3	0
Fabaceae	<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	Sucupira-amarela	0	0	0	0	2
Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.	Tamarindo	0	1	5	1	0

<b>Família</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Nome popular</b>	<b>SAF 1</b>	<b>SAF 2</b>	<b>SAF 3</b>	<b>SAF 4</b>	<b>VN</b>
Fabaceae	<i>Tachigali vulgaris</i> L. G. Silva & H. C. Lima	Carvoeiro	0	0	0	0	5
Lamiaceae	<i>Vitex cymosa</i> Bertero ex Spreng.	Tarumã	1	0	0	1	0
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Abacate	1	3	18	3	0
Lecythidaceae	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	Jequitibá-rosa	0	0	0	0	2
Lythraceae	<i>Punica granatum</i> L.	Romã	0	2	1	0	0
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	Pacari	0	0	0	0	11
Malpighiaceae	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	Murici-rosa	0	0	0	0	10
Malpighiaceae	<i>Malpighia emarginata</i> DC.	Acerola	4	3	24	1	0
Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna	Paineira-rosa	0	0	1	0	0
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutanbo	3	4	0	10	10
Malvaceae	<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin	Chicá	0	3	0	2	0
Malvaceae	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Nim	0	1	1	5	0
Malvaceae	<i>Bastardiopsis densiflora</i> (Hook. & Arn.) Hassl.	Louro-branco	0	0	0	0	1
Malvaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	0	3	2	3	0
Malvaceae	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Marinheiro	1	1	1	0	0
Malvaceae	<i>Helicteres lhotzkyana</i> (Schott & Endl.) K. Schum	Saca-rolha	0	0	0	0	1
Malvaceae	<i>Trichilia pallida</i> Sw	Baga-de-morcego	0	0	0	1	0
Malvaceae	<i>Trichilia silvatica</i> C. DC.	Catiguá-branco	0	1	0	1	0
Malvaceae	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	Jaca	0	1	9	2	0
Malvaceae	<i>Ficus benjamina</i> L.	Figueira-benjamina	0	0	0	0	5
Malvaceae	<i>Ficus carica</i> L.	Figo	0	1	0	0	0
Malvaceae	<i>Ficus guaranitica</i> Chodat	Figueira-branca	0	0	1	1	0
Malvaceae	<i>Luehea paniculata</i> Mart. & Zucc.	Açoita-cavalo	0	0	0	0	4
Malvaceae	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	Amorá-brava	0	0	1	1	0
Malvaceae	<i>Morus nigra</i> L.	Amora	10	9	16	7	0

<b>Família</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Nome popular</b>	<b>SAF 1</b>	<b>SAF 2</b>	<b>SAF 3</b>	<b>SAF 4</b>	<b>VN</b>
Malvaceae	<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	Imbiruçu	0	0	0	0	7
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro-rosa	0	0	0	0	3
Meliaceae	<i>Guarea</i> sp	Chico-magro	0	0	0	0	1
Meliaceae	<i>Trichilia catigua</i> A. Juss	Catiguá-vermelho	0	0	0	0	6
Meliaceae	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	Catiguá	0	0	0	0	5
Meliaceae	<i>Trichilia silvatica</i> C. DC	Catiguá-branco	0	0	0	0	1
Moraceae	<i>Ficus guaranitica</i> Chodat	Figueira-branca	0	0	0	0	3
Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i> Kunth	Figueira	0	0	0	0	1
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. DonexSteud.	Amora-branca	0	0	0	0	6
Moraceae	<i>Sorocea sprucei</i> (Baill.) J. F. Macbr.	Figueira	0	0	0	0	1
Musaceae	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringa	0	0	3	0	0
Myrtaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Banana	0	8	37	10	0
Myrtaceae	<i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O. Berg	Guavira	0	0	1	0	1
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalypto	0	6	4	9	0
Myrtaceae	<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.	Cagaita	18	1	0	4	1
Myrtaceae	<i>Eugenia florida</i> L.	Jamelã-do-campo	0	0	2	2	0
Myrtaceae	<i>Eugenia myrcianthes</i> Nied.	Uvaia	0	0	0	0	3
Myrtaceae	<i>Plinia cauliflora</i> (Mart.) Kausel	Jaboticaba	0	3	2	5	0
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Gioaba	19	26	36	8	0
Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i> Sw.	Araçá	1	0	0	0	0
Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied.	Cambuí	0	0	0	0	2
Myrtaceae	<i>Syzygium jambolanum</i> (Lam.) DC.	Jamelão	0	3	9	1	1
Nyctaginaceae	<i>Guapira areolata</i> (Heimerl) Lundell	Maria-mole	0	0	0	0	2
Nyctaginaceae	<i>Guapira hirsuta</i> (Choisy) Lundell	Carne-de-vaca	0	0	0	0	1
Oleaceae	<i>Priogymnanthus hasslerianus</i> (Chodat) P. S. Green	Pau-vidro	0	0	0	0	1

<b>Família</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Nome popular</b>	<b>SAF 1</b>	<b>SAF 2</b>	<b>SAF 3</b>	<b>SAF 4</b>	<b>VN</b>
Opiliaceae	<i>Agonandra brasiliensis</i> Miens ex Benth. & Hook.f	Tinge-cuia	0	0	0	0	5
Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Carambola	0	2	0	1	0
Pinaceae	<i>Pinus tecunumanii</i> F. Schwerdtf. ex Eguiluz & J. P. Perry	Pinus	0	0	1	0	0
Poaceae	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex J. C. Wendl	Bambú-brasileirinho	0	0	1	0	0
Poaceae	<i>Phyllostachys aurea</i> Rivière & C. Rivière	Bambú-mirim	1	0	0	0	0
Primulaceae	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Capororoca	0	4	5	3	7
Proteaceae	<i>Macadamia integrifolia</i> Maiden & Betche	Macâdamia	0	0	1	0	0
Rhamnaceae	<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	Uva-japonesa	0	0	0	0	6
Rhamnaceae	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	Cabriteiro	0	2	1	6	10
Rosacea	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Nêspera	1	0	1	0	0
Rosacea	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	Pêssego	0	5	1	2	0
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	Café	1	2	6	1	0
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	0	10	20	12	1
Rubiaceae	<i>Calycophyllum multiflorum</i> Griseb.	Castelo	0	0	0	0	3
Rubiaceae	<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	Marmelo	0	0	0	0	6
Rubiaceae	<i>Coussarea hydrangeaefolia</i> (Benth.) Müll.Arg	Quina	0	0	0	0	3
Rubiaceae	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.	Veludo	0	0	0	0	8
Rutaceae	<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	Mamica-de-cadela	0	2	0	5	0
Rutaceae	<i>Citrus × latifolia</i> Tanaka ex Q. Jiménez	Limão-taiti	3	1	1	5	0
Rutaceae	<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	Pau-marfim	0	0	0	0	1
Rutaceae	<i>Citrus × limonia</i> (L.) Osbeck	Limão-rosa	3	2	3	0	0
Rutaceae	<i>Citrus aurantium</i> L.	Laranja-azeda	0	0	15	6	0
Rutaceae	<i>Citrus deliciosa</i> Ten.	Mexirica	0	2	0	0	0
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Pokã	3	7	9	4	0
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Laranja-pera	4	6	11	7	0

<b>Família</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Nome popular</b>	<b>SAF 1</b>	<b>SAF 2</b>	<b>SAF 3</b>	<b>SAF 4</b>	<b>VN</b>
Rutaceae	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	Murta	0	0	0	2	0
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Mamica-de-porca	1	2	1	7	1
Salicaceae	<i>Casearia rupestris</i> Eichler	Guaçatunga-grande	0	10	0	9	6
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Guaçatunga	0	0	0	17	13
Salicaceae	<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	Pau-de-espeto	0	0	0	0	7
Sapindaceae	<i>Averrhoidium paraguayense</i> Radlk.	Maria-preta	0	0	0	0	1
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Camboatã	0	0	0	0	6
Sapindaceae	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	Maria-mole	0	0	0	1	12
Sapindaceae	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	Timbó	0	0	0	1	9
Sapindaceae	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Camboatá-branco	0	0	0	2	0
Sapindaceae	<i>Melicoccus lepidopetalus</i> Radlk.	Água-pomba	4	0	4	1	0
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i> L.	Saboneteira	0	1	0	0	0
Sapindaceae	<i>Talisia esculenta</i> (A. St.-Hil.) Radlk.	Pitomba	0	4	0	3	3
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	Aguai/leiteiro	0	0	0	0	2
Solanaceae	<i>Capsicum baccatum</i> L.	Pimenta-vermelha	0	0	0	3	0
Solanaceae	<i>Cestrum strigilatum</i> Ruiz & Pav.	Anilão	0	1	0	0	0
Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i> L.	Jurubeba	0	1	0	0	0
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Embaúba	2	3	1	9	8
Urticaceae	<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	Urtiga	0	0	0	0	1
Verbenaceae	<i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham	Pau-viola	0	0	0	1	0
Verbenaceae	<i>Duranta repens</i> L.	Pingo-de-ouro	0	0	4	0	0
Vochysiaceae	<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	Carvoeiro	0	0	0	0	7
Vochysiaceae	<i>Qualea cordata</i> (Mart.) Spreng.	Pau-terra	0	0	0	0	1
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart	Pau-terra-grande	0	0	0	0	13
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Pau-terra-roxa	0	0	0	0	13