



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



**Atributos biológicos e qualidade do solo sob arranjos de espécies arbóreas e
arbustivas.**

Dourados
2016

IZABELLI DOS SANTOS RIBEIRO

Atributos biológicos e qualidade do solo sob arranjos de espécies arbóreas e arbustivas.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Geral/Bioprospecção, da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Biologia Geral.

Orientador: Prof. Dr. Milton Parron Padovan

Dourados

2016

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo DOM da vida e por me dar “FORÇA e CORAGEM para lutar e mudar o que pode ser mudado, SERENIDADE para aceitar tudo que não podemos mudar e SABEDORIA para perceber a diferença”;

À minha mãe, Judite, pela dedicação, pelo apoio, amor, carinho e por acreditar em mim em todos os momentos;

À minha família pelo apoio e incentivo, que me ajudaram a chegar até aqui.

Aos meus amigos de longa data, Natália Hilgert e Tiago Carnevalli, os quais me ensinaram que a vida só é dura pra quem é mole.

Aos meus amigos, que mesmo distantes, sempre estão comigo, especialmente à Viviane Brenner, Grazi Rolim e ao Júlio Stelmach.

Aos amigos que o mestrado me trouxe e espero que seja para toda vida: Tamaeh Monteiro e Daniely Sotolani.

À equipe do laboratório de Microbiologia do Solo da Embrapa Agropecuária Oeste, tanto os estagiários Simone, Alessandra, Robison, Bruno, Maicon e Patrícia, quanto o laboratorista Vladimir, que foram essenciais para a execução deste trabalho.

Aos funcionários da Embrapa Agropecuária Oeste e da UFGD que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

À Irzo Portilho pela paciência e ajuda imprescindível na contribuição da pesquisa

Ao professor Milton Padovan que me acolheu para terminar essa dissertação.

À Fundect pela concessão da bolsa de estudo.

Agradeço, principalmente à Fábio Martins Mercante (in memoriam), por todo apoio, ensinamento e por ter acreditado nesse projeto de mestrado o meu muito obrigada, você faz muita falta!

DEDICO

Fábio Martins Mercante
(*in memorian*)

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| Resumo..... | 6 |
| Abstract..... | 7 |
| 1.Introdução geral..... | 8 |
| 2. Objetivos..... | 11 |
| 2.1 Objetivos geral..... | 11 |
| 2.2. Objetivo específicos..... | 11 |
| 5. Referências..... | 12 |
| Capitulo 1- Atributos microbiológicos do solo em sistemas agroflorestais biodiversos. | |
| Resumo..... | 14 |
| Abstract | 15 |
| Introdução..... | 16 |
| Material e Métodos..... | 17 |
| Resultados e Discussão..... | 23 |
| Conclusões | 31 |
| Referências..... | 32 |
| Capitulo 2 - Atributos biológicos do solo sob diferentes arranjos de espécies arbóreas e arbustivas para recuperação de áreas degradadas. | |
| Resumo..... | 37 |
| Abstract | 38 |
| Introdução..... | 39 |
| Material e Métodos..... | 41 |
| Resultados e Discussão..... | 46 |
| Conclusões..... | 56 |
| Referências..... | 57 |
| Apêndices | 60 |
| Anexos | 70 |

Atributos biológicos e qualidade do solo sob arranjos de espécies arbóreas e arbustivas.

RESUMO: O estudo dos atributos biológicos do solo pode fornecer subsídios importantes para o uso da terra, considerando a natureza dinâmica dos organismos do solo. O objetivo foi avaliar atributos microbiológicos e fauna epigeica em áreas sob arranjos de espécies arbóreas e arbustivas. O estudo foi dividido em dois experimentos em áreas distintas. O primeiro experimento consiste em uma avaliação da biomassa microbiana do solo em diferentes Sistemas agroflorestais biodiversos (SAFs). Estes foram selecionados quanto o sombreamento das copas das árvores no solo, sendo escolhido um SAF aberto (SAF_{AB}), SAF intermediário (SAF_{INT}) e SAF adensado (SAF_{AD}), além de um sistema plantio convencional (PC), semeadura direta (SD), pastagem (PAST) e a vegetação nativa (VN). O segundo experimento constitui-se do monitoramento através da biomassa microbiana e fauna epigeica em áreas que estão sendo recuperadas sob dois métodos: Sistemas Agroflorestais (SAFs) e Plantio de Adensado de Mudas de espécies arbóreas (PAM) ("Ilhas de Anderson"). Os diferentes sistemas de recuperação constituíram-se de cinco áreas, dois SAFs (SAF_a e SAF_b) e três PAM (PAM_a, PAM_b e PAM_c) além da pastagem (PAST) e Vegetação Nativa (VN) para efeitos comparativos. As amostras de solo foram coletadas em cada sistema na profundidade de 0-10 cm, com cinco amostras, compostas por sete subamostras coletadas de forma aleatória para mensuração do carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico (qCO_2) e quociente microbiano ($qMIC$). Na área sob recuperação foram instaladas armadilhas de queda "*pitfall*" para captura da fauna epigéica, cinco armadilhas em cada sistema. O SAF_{INT} apresentou valores superiores em relação a biomassa microbiana do solo no primeiro experimento, enquanto segundo experimento tanto os SAFs quanto o PAM favoreceram a microbiota do solo, pois ocorre o acréscimo diversidade de resíduos beneficiando a manutenção da comunidade de microrganismo do solo e fauna epigea. Os sistemas de manejo do solo interferem em geral nos parâmetros biológicos do solo.

Palavras-chave: sistemas agroflorestais, biomassa microbiana do solo, fauna epigéica

Biological attributes for soil quality admeasurement under arboreal and shrubby species arrangement in the county of Bonito, MS, for purposes of degraded areas recovery

ABSTRACT: The degraded areas recovery management systems directly affect the existent soil bodies community and activity. The objective is to examine the soil quality related to biological aspects (microbiological attributes and epigeic fauna) in areas under recovery, involving arboreal and shrubby species arrangements, in the county of Bonito, MS. The study was divided in areas which are being recovered under two methods: Agroforestry Systems (SAFs) and Densified Seedling from Arboreal Species Plantation (PAM) (“Anderson Islands”). And another area where it was pursued to evaluate the effects of different SAFs over the microbiological attributes. The different recovery systems were constituted by five areas, two SAFs (SAF_a and SAF_b) and three PAM (PAM_a, PAM_b and PAM_c). The different SAFs area was composed by an open SAF (SAF_{AB}), intermediate SAF (SAF_{INT}) and densified SAF (SAF_{AD}) and a conventional plantation area (PC), Direct Seeding (SD) and Pasture (PAST). On both areas Native Vegetation (VN) was constituted for comparative effects for the initial soil condition. The soil samples were collected in each system on a 0-10 cm depth, with five samples, composed by seven subsamples collected randomly for the soil microbial biomass carbon measurement (C-BMS), basal breathing (C-CO₂), metabolic quotient (q CO₂) and microbial quotient (q MIC). Only in areas under recovery were installed pitfall traps for epigeic fauna capture, five in each system. The soil management systems interfered, generally, on the soil biological parameters. The recuperation systems favor the soil’s spineless fauna biodiversity

keywords: agroflorestal areas, recovery areas, epigeic fauna

1.Introdução Geral

O uso e manejo do solo, tais como pastagens, culturas anuais e perenes tem contribuído para o aumento da produção de alimentos. Entretanto, práticas como o monocultivo e a excessiva mecanização agrícola podem contribuir para a degradação do solo, com prejuízos para a conservação do solo e da água. A forma de utilização do solo pode causar o desequilíbrio nos ecossistemas, pois a adoção de técnicas de manejo inadequadas altera negativamente as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, podendo acarretar modificações nestes atributos, capazes de inviabilizar a utilização desse recurso natural.

Neste cenário de degradação ocasionado pela agricultura convencional, recentemente houve um acréscimo na adoção de sistemas conservacionistas mais complexos, como sistemas integrados de produção agropecuária que envolvam o componente animal e ou arbóreo, ou ainda, o Sistema Plantio Direto. O sistema de plantio direto tem se destacado como alternativa para conservar e melhorar o solo, por meio do controle da erosão, conservação da umidade, melhoria da estruturação do solo e, em função do não revolvimento do solo, mantém o C (carbono) orgânico em níveis adequados, além de melhorar a capacidade de produção de alimentos e geração de renda.

No contexto de diversificação de culturas agrícolas em uma mesma área, os Sistemas Agroflorestais biodiversos (SAFs) vêm sendo considerados como alternativa para os pequenos agricultores, pois auxilia na recuperação de áreas desmatadas, promove geração de emprego e renda e diversifica a produção, contribuindo para o desenvolvimento regional (BECKER 2010). Além de contribuírem para a conservação e melhoria do solo, pois a combinação de espécies arbóreas com culturas agrícolas e ou animais, contribui para a melhoria nas propriedades físico-químicas, bem como na atividade dos organismos do solo que atuam diretamente na ciclagem de nutrientes e, portanto, mediando a sua disponibilidade no solo

Além dos SAFs biodiversos, outra técnica utilizada para recuperar ambientes degradados são as ilhas de Anderson, este método é baseado no modelo de plantio de mudas adensadas em grupos espaçados de Anderson (1953). Os grupos, são compostos por cinco mudas de árvores plantadas em formato de “+”, sob espaçamento 0,5 x 0,5m, com 4 mudas nas bordas e uma central. Os grupos formam moitas, de arquitetura piramidal, já que, neste modelo, o desenvolvimento da muda central é privilegiado (as mudas laterais atuam como uma bordadura).

A importância do solo para a qualidade ambiental tem sido amplamente reconhecido nas últimas décadas. Assim, estudos que subsidiem a recuperação dos recursos naturais, que contribuam com a sustentabilidade e a função desempenhada pelo solo intensificaram-se. Doran e Parkin (1994) propuseram o seguinte conceito à qualidade do solo, sendo ainda utilizado nos

dias atuais: a qualidade do solo é definida como a sua capacidade de funcionar dentro de um ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e dos animais.

Nesse contexto, os indicadores de qualidade do solo são fundamentais para monitorar os impactos, sejam eles positivos ou negativos, resultantes de fenômenos naturais ou de atividades antrópicas (ARSHAD; MARTIN,2002). Um bom indicador de qualidade de solo deve ser capaz de refletir o seu funcionamento, identificar as formas de perturbações, ser economicamente viável, ter facilidade de monitoramento, apresentar especificidade individual aos padrões de espaço e tempo e, finalmente, mostrar distribuição universal (HOLLOWAY; STORK, 1991).

Em relação aos indicadores biológicos, pode-se destacar os microrganismos do solo. Estes possuem papel fundamental na manutenção das condições saudáveis do solo, sendo responsáveis pelos diversos processos biológicos e bioquímicos como: fixação do nitrogênio (N₂), nitrificação, mineralização da matéria orgânica e simbiose com animais e plantas. Assim, são de essencial importância na recuperação de solos degradados e na manutenção da qualidade e produtividade dos ecossistemas (MENDES FILHO et al., 2010). Em consequência à sensibilidade da microbiota às alterações ocorridas no solo, diversos atributos microbiológicos podem ser utilizados como bioindicadores da qualidade do solo (MARINARI et al., 2006).

Como parte desse processo, o conhecimento da microbiota do solo como bioindicadores de alterações no solo também pode ser avaliada a partir da biomassa microbiana, respiração basal e do quociente metabólico e quociente microbiano (SILVA et al., 2010). Desta maneira, quanto maior conteúdo de biomassa microbiana, maior será a capacidade de estocagem e ciclagem de nutrientes (BERTHRONG et al., 2013)

Além da microbiota, o conhecimento das comunidades da fauna epigéica pode contribuir para avaliação dos graus de sustentabilidade de uma prática, seja na recuperação de uma área degradada ou até mesmo no caso de uma interferência em um sistema natural (SILVA et al., 2012). A fauna epigéica apresenta uma complexidade nos diferentes grupos taxonômicos e funcionais diretamente relacionados ao tipo de ambiente. Por sua sensibilidade às modificações que ocorrem no ambiente a fauna pode ser considerada como indicador das condições encontradas no solo (DORAN; ZEISS, 2000; FERNANDES et al., 2011).

A verificação do avanço da recuperação é importante para avaliar sobre a sustentabilidades de sistemas. Nesse contexto, desenvolveu-se um estudo com o objetivo de averiguar a qualidade do solo por meio de atributos microbiológicos e fauna epigeica em áreas sob arranjos de espécies arbóreas e arbustivas.

2.Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Averiguar a qualidade do solo por meio de atributos microbiológicos e fauna epigeica em áreas sob arranjos de espécies arbóreas e arbustivas. .

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a biomassa microbiana do solo, sua atividade e índices derivados sob sistemas agroflorestais.

- Monitorar atributos microbiológicos e fauna epigeica como indicador da qualidade do solo, visando identificar arranjos de espécies vegetais com maior potencial de recuperação de áreas degradadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, M. L. **Spaced-Group planting**. 1953. Unasylva: 7(2). Disponível em <http://www.fao.org/docrep/x5367e/x5367e02.htm>. Acesso em 14 de novembro de 2015.

ARSHAD, M.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment** v. 88, n. 2, p. 153-160, 2002.

BECKER, B. K. Recuperação de áreas desflorestadas da Amazônia: será pertinente o cultivo da palma de óleo (Dendê)? **Confins (online). Revista Franco-Brasileira de Geografia**, 2010. Disponível em: <http://confins.revues.org/6566> (Acesso em 10/11/2016)

BERTHRONG, S. T.; BUCKLEY, D. H.; DRINKWATER, L. E. Agricultural management and labile carbon additions affect soil microbial community structure and interact with carbon and nitrogen cycling. **Microbial Ecology**, v. 66, n.1, p.158-170, 2013.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W., COLEMAN, D. C., BEZDICEK, D. F., STEWARD, B. A (eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA. American Society of Agronomy, p. 3-21, 1994.

DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil Health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, Lincoln, v. 15, n. 1, p. 3-11, 2000.

FERNANDES, M. M.; MAGALHÃES, L. M. S.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; BRITO, R. J.; MOURA, M. R. Influência de diferentes coberturas florestais na fauna do solo na FLONA Mário Xavier, no município de Seropédica, RJ. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 533-540, 2011.

HOLLOWAY, J.D.; STORK, N.D. The dimensions of biodiversity: the use of invertebrates as indicator of human impact. In: HAWKSWORTH, D. L. (ed.). **The biodiversity of microorganisms and invertebrates: Its role in sustainable agriculture**. Wallingford: CAB International. p. 37-63, 1991.

MARINARI, S.; MANCINELLI, R.; CAMPIGLIA, E.; GREGO, S. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 6, n. 4 p. 701-711, 2006.

MENDES FILHO, P .F.; VASCONCELLOS, R. L. F.; PAULA, A. M.; CARDOSO, E. J. B. N. Evaluating the potential of forest species under microbial management for the restoration of degraded mining areas. **Water, Air, & Soil Pollution**, Netherlands, v. 208, n. 1-4, p. 79-89, 2010.

SILVA, R. R. D.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. D. S.; CURI, N.; ALIVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1585-1592, 2010.

SILVA, J., JUCKSCH, I., TAVARES, R.C. Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, 2012.

Capítulo 1 - Atributos microbiológicos do solo em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos

Resumo: A compreensão dos processos microbiológicos do solo e a preocupação com a sua qualidade e seu uso sustentável, tem se tornado tema de crescente relevância. Nesse contexto desenvolveu-se um estudo com o objetivo de avaliar os atributos microbiológicos sob diferentes sistemas agroflorestais biodiversos. Os sistemas biodiversos foram comparados a outros sistemas de produção. Foram avaliados os seguintes sistemas: a) Sistema Agroflorestal Adensado (SAF_{AD}), caracterizado por sombreamento do solo devido densidade das copas das árvores; b) Sistema Agroflorestal Intermediário (SAF_{INT}), onde o solo não fica totalmente coberto pela copa das árvores, nem exposto; c) Sistema Agroflorestal Aberto (SAF_{AB}), é constituído por árvores de diferentes idades, plantadas em linhas, não há sombreamento completo do solo, há o plantio de mudas constantemente; d) Pastagem (PAST), sistema com vários anos de uso, sem a reposição dos nutrientes do solo e alta infestação de rebrote de plantas nativas do cerrado; e) Semeadura Direta (SD), com milho safrinha, implantado no período de outono/inverno após a colheita da soja; f) Plantio Convencional (PC) uso de gradagem niveladora para o plantio de aveia; g) Vegetação Nativa (VN), incluída como referencial da condição original do solo. Foram coletadas cinco amostras compostas em cada sistema na profundidade de 0-10 cm. Cada amostra composta foi constituída por sete subamostras coletadas de forma aleatória. Foram determinados o carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico (qCO_2) e quociente microbiano ($qMIC$). Dos Sistemas Agroflorestais o SAF_{INT} apresentou as melhores condições de manejo para o desenvolvimento dos microrganismos; por outro lado, o SAF_{AD} propiciou os menores valores para o C-BMS e da biomassa microbiana e a C-CO₂.

Palavras-chave: qualidade do solo, biomassa microbiana e bioindicadores.

Capítulo 1 – Soil’s microbiological attributes in biodiverse agroforestral systems

Abstract: The comprehension of the soil's microbiological processes and the worry with its quality and sustainable use, it has become an increasingly relevant theme. In that context a study was developed with the objective of estimating the microbiological attributes to evaluate the effects of different agroforestry systems. The following systems were evaluated: a) Densified Agroforestry System (SAF_{AD}), characterized by the soil shading because of the treetops density; b) Intermediate Agroforestry System (SAF_{INT}), where the soil does not get totally covered by the treetops, nor exposed; c) Open Agroforestry System (SAF_{AB}), constituted by trees with different ages, planted in lines, without complete soil shading, constant seeding plantation; d) Pasture (PAST), system with many years of use, without soil's nutrients reposition and high plants regrowth infestation of native cerrado plants; e) Direct Seeding (SD), with winter maize, planted in the autumn/winter period after soy's harvest; f) Conventional Plantation (PC), use of leveler gradation for the oat plantation; g) Native Vegetation (VN), included as referential of the original soil condition. The soil samples were collected in each system in a 0-10 cm depth, with five samples, composed by seven subsamples collected randomly for the soil's microbial biomass carbon measurement (C-BMS), basal respiration (C-CO₂), metabolic quotient (qCO_2) and microbial quotient ($qMIC$). Of all Agroforestry Systems the SAF_{INT} the best management conditions for microorganisms; on the other hand, the SAF_{AD} propitiated less values for the C-BMS and for the microbial biomass and the C-CO₂.

Keywords: soil quality, microbial biomass and bioindicators.

1. INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais ocasionados pela atividade agropecuária provêm principalmente de dois fatores: da mudança do uso do solo, resultante do desmatamento e da

conversão de ecossistemas naturais em áreas cultivadas, e da degradação das áreas cultivadas, causada por práticas de manejo inadequadas (GOUVELLO et al., 2010). Além disso, práticas que incluem o manejo intensivo do solo, como no sistema convencional de preparo que utiliza aração mais gradagem ou a gradagem profunda, expõem o solo e alteram sua estrutura, contribuindo para a perda de matéria orgânica e causando compactação e erosão do solo (PRIMAVESI, 2002).

Outro aspecto que chama a atenção, além do uso inadequado do solo pela agricultura convencional é a degradação das pastagens. Em geral, solos ocupados por pastagens são de menor qualidade quando comparados com aqueles usados pela agricultura envolvida com a produção de grãos. Estes solos apresentam problemas de fertilidade natural, acidez, topografia e pedregosidade. Assim, é frequente encontrar áreas destinadas à exploração de bovino de corte apresentar problemas de produtividade e de sustentabilidade no processo de produção (MACEDO, 1999).

No entanto, as raízes das gramíneas favorecem a ação mecânica positiva sobre o solo, formando vários canalículos que, após a decomposição do sistema radicular, permite a infiltração de água, ar e até o deslocamento de nutrientes (SILVA et al., 2002; SILVA et al., 2013). Nas pastagens, a principal fonte de matéria orgânica aos organismos decompositores é resultante da renovação constante pela morte de raízes das gramíneas, favorecendo a microbiota do solo (WENDLING et al., 2005; SILVA et al., 2013).

Há um grande interesse em práticas agrícolas que reduzem a degradação do solo e aumentar a sustentabilidade agrícola e a conservação do solo. Dentre essas práticas pode-se citar o plantio direto, que corresponde à semeadura diretamente na serapilheira com uma perturbação mínima do solo (BALOTA et al., 2015). Além disso, existem os sistemas agroflorestais biodiversos que são, em essência, sistemas de uso da terra que integram espécies perenes lenhosas com culturas agrícolas e/ou pecuária em arranjos espaciais e temporais (SCHROTH et al., 2004; UMRANI; JAIN, 2010). Esta dinâmica de relação entre as espécies rompe com conceitos agrônômicos clássicos, espécies de diferentes ecossistemas e pertencentes a diferentes grupos sucessionais apresentam relações sinérgicas (MILLER, 2009).

Os SAFs são utilizados como um meio de buscar a sustentabilidade em áreas rurais, combinando a biodiversidade com a produção agrícola e, portanto, possuem o potencial para manter os processos edáficos vitais que autorregulam as funções do agroecossistema (JOSE, 2012). Contribuem para a conservação do solo, pois ajudam a reduzir as taxas de conversão de habitat natural pela menor pressão pelo uso da terra para produção agropecuária. Diante desta

complexidade de potenciais benefícios, têm se procurado evidenciar a contribuição dos SAFs na conservação do solo, através de indicadores da qualidade do solo (BROWN et al., 2006).

A qualidade do solo pode ser definida como capacidade do solo funcionar dentro do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais (DORAN; PARKIN, 1994). Pode ser mensurada através do uso de indicadores, classificados como físicos, químicos e biológicos, que estão relacionados com atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

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). Assim, o uso de atributos microbiológicos para avaliação da qualidade do solo vem sendo progressivamente adotado, por responderem de forma mais rápida às alterações ambientais (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; LOURENTE et al., 2011).

Outros aspectos relacionados aos atributos microbiológicos foram relatados por Pezarico et al. (2013), que avaliou dois sistemas de manejo agroflorestais (SAF A e SAF B) que foram comparados a outros sistemas de produção (Ervat em sistema silvicultural e Lavoura com soja) e uma área sob vegetação natural. O SAF A foi o que apresentou os índices de qualidade do solo mais próximos à área de vegetação nativa. A área de lavoura foi o ambiente mais afetado quanto à qualidade do solo, indicando tendências de degradação ambiental com o uso continuado do monocultivo.

As variáveis correlacionadas à biomassa microbiana do solo e sua atividade têm sido utilizadas como indicadores sensíveis para detecção de alterações ambientais em função do manejo adotado, podendo orientar o planejamento das práticas agrícolas sustentáveis (DORAN; PARKIN, 1994; MATSUOKA et al., 2003). A biomassa microbiana representa a fração mais ativa e biodegradável da matéria orgânica do solo (ROSCOE et al., 2006). Sua quantificação permite avaliar as mudanças iniciais no conteúdo da matéria orgânica, causadas pelas práticas de cultivo (MERCANTE et al., 2008), refletindo tendências de mudanças na ciclagem de nutrientes, no fluxo de energia, na estrutura dos agregados do solo e na produtividade do sistema (TÓTOLA; CHAER, 2002).

Nesse contexto, desenvolveu-se um estudo com o objetivo de avaliar atributos microbiológicos do solo sob sistemas agroflorestais.

2. MATERIAL E MÉTODOS.

2.1. Área de estudo

A área de estudo está localizada no Assentamento Santa Lúcia, no município de Bonito, MS (21°07'16"S e 56°28'55"O). A região é caracterizada por um clima tropical com estação seca de inverno e chuvoso no verão (Aw) de acordo com Köppen, com 76% da precipitação anual (1.454 milímetros) ocorrendo de outubro a março, e temperatura média anual de 23,1°C (CHAGAS, 2009) (Figura 1). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 2011).

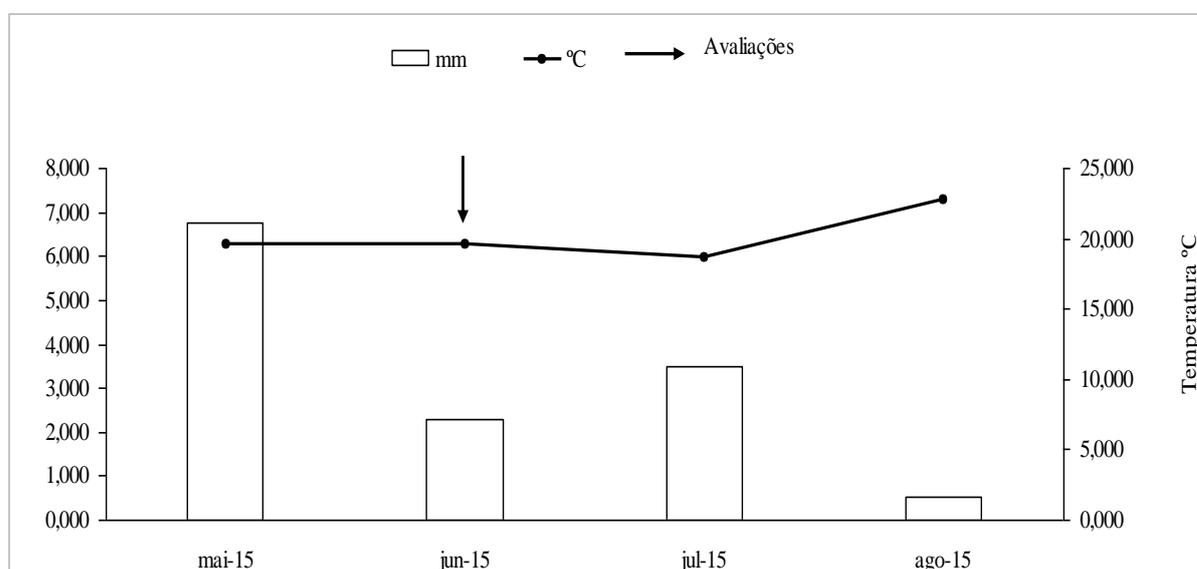


Figura 1: Variação da temperatura e precipitação total registradas nos meses de Maio, Junho e Julho no Município de Bonito, MS. Fonte: hidroweb

Seis sistemas de manejo de uso do solo foram avaliados, sendo três SAFs biodiversos com características distintas em relação ao sombreamento das copas das árvores no solo (SAF intermediário, SAF aberto e SAF adensado), um sistema de manejo de plantio direto, um sob plantio convencional, uma pastagem e a mata nativa foi utilizada como padrão comparativo como os sistemas de manejo (Figura 2).

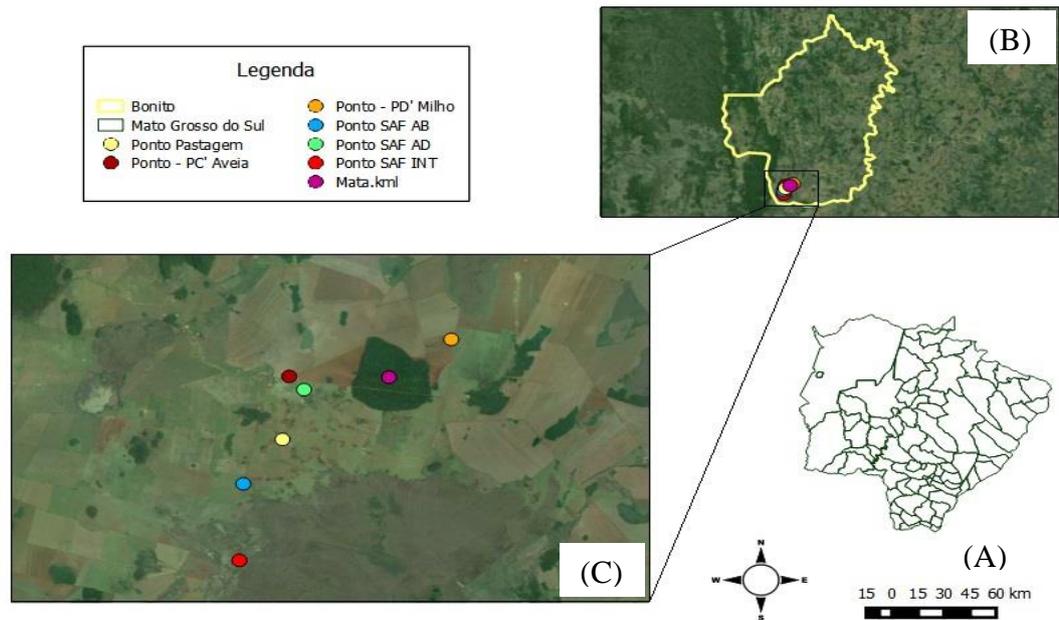


Figura 2: Estado de Mato Grosso do Sul (A), município de Bonito (B) e Sistemas avaliados (C).

2.1.1. Sistema Agroflorestal Intermediário SAF_{INT}—localizado na Chácara Mongone (21°22'42,6''S e 56°35'52,7''W). A implantação do SAF iniciou no ano 2000 com objetivo da produção de alimentos, geração de renda, melhoria do clima, quebra-vento e recuperação ambiental. Foi realizada coleta de solo e com base na análise foi efetuada a calagem e adubação orgânica (esterco bovino e cama de frango).

Posteriormente foram coletadas espécies regenerantes e sementes na mata nativa, localizada próximo a propriedade, para plantio de árvores em uma áreas de 1ha. Intercalou-se as árvores ao acaso com culturas de abóboras (*Cucurbita moschata* Duch.), milho (*Zea mays* L.), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.), banana (*Musa paradisiaca* L.), maracujá (*Passiflora edulis* Sims), abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill). Além disso, foram semeado adubos verdes como, a crotalária (*Crotalaria juncea* L.), mucuna cinza (*Mucuna pruriens* L.), mucuna preta (*Mucuna aterrima*) e feijão de porco (*Canavalia ensiformes* L.), com manutenção da palhada. O solo desse SAF não foi totalmente coberto pelo sombreamento causado pelo adensamento das copas das árvores.

No início do sistema houve a necessidade do controle de insetos pragas por meio de caldas de Nim e de fumo com pimenta. Para manutenção da cobertura do solo, os galhos e folhas senescidas foram mantidos deixados na superfície.

2.1.2. Sistema Agroflorestal Aberto (SAF_{AB})—localizado na Chácara Boa Vida (21°21'40,3''S 56°35'49,8''W). A atividade inicial da propriedade foi a pecuária leiteira e próximo a casa

começou a produzir hortaliças. Em 2005, iniciou-se a implantação do SAF com área total de 0,5 ha, com interesse de melhorar o microclima ao redor da casa com a implantação de espécies arbóreas nativas e exóticas, aliado à produção de alimentos. Não realizou análise de solo antes do plantio das mudas, mas utilizou calcário e cinza como fonte de nutrientes e corretivos, e após as mudas já desenvolvidas utilizaram-se adubos verdes como a mucuna cinza (*M. pruriens* L.), feijão de porco (*C. ensiformis*) e mamona (*Ricinus communis* L), para o controle de plantas espontâneas e produção de matéria orgânica para o solo. No início do sistema houve a necessidade de controle de cupim (*Coptotermes gestroi*) e formigas cortadeiras (*Atta sp*).

O SAF é constituído por árvores de várias idades em diferentes estágios de desenvolvimento, em função do constante plantio de novas mudas. O sistema foi plantado em linhas com espaçamentos aleatórios entre as árvores e não ocorre adensamento das copas.

2.1.3. Sistema Agroflorestal Adensado (SAF_{AD}) – localizado na Chácara Boa Vista (21°20'23,7''S e longitude 56°35'05,3''W). A implantação do SAF com área 2,43 ha iniciou no ano de 2001, com o objetivo de produção de alimentos, geração de renda, quebra-vento, melhoria do clima e recuperação ambiental. No início utilizaram-se espécies regenerantes e sementes da mata nativa obtidas próxima à propriedade. Antes do plantio das mudas foi realizada análise de solo para correção com calcário e também utilizou-se esterco bovino, cama-de-frango e restos de palhada, além de adubos verdes tais como: feijão de porco (*C. ensiformes*), mucuná cinza (*M.pruriens*), crotalária (*C. juncea*) e feijão guandu (*C cajan*) que contribuíram para manutenção da cobertura do solo. Também foi realizado o plantio de cana de açúcar (*S. officinarum*) ao redor da área do SAF com objetivo exercer o papel de quebra-vento e proteção das mudas.

Algumas mudas foram doadas e outras produzidas na propriedade, sendo que algumas foram plantadas em linhas e outras ao acaso. Nos primeiros anos foi realizada rotação de culturas com o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), milho (*Z.mays*), arroz-sequeiro (*Oryza sativa* L.), melancia (*Citrullus vulgaris* Schrad.), abobora (*C. moschata*) e quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.), associadas com as árvores. O adensamento das copas devido o desenvolvimento e aumento das árvores neste SAF causou o sombreamento no solo o que minimizou o surgimento de plantas espontâneas já que o há pequena incidência de luz solar no solo.

As podas dos galhos de árvores foram deixadas sobre o solo, para manutenção da umidade, fertilidade, aumento da matéria orgânica e da porosidade do solo. No início do sistema houve a necessidade de controle de pragas e doenças. A proximidade do SAF da mata ciliar contribuiu para o desenvolvimento do sistema, através a multiplicação das espécies arbóreas por animais dispersores, tais como: tamanduá, cateto, queixada, jaguatirica, anta, tatu, morcego e

tucano que percorrem as áreas, contribuindo para as interações ecológicas entre as espécies nativas da região.

2.1.4. Plantio Convencional (PC) – Localizado próximo ao Assentamento Santa Lúcia, (21°20'37,7"S e 56°35'16"W). O cultivo da aveia foi feito sob plantio convencional, o preparo do solo, consistiu em uma gradagem niveladora com grade de 52 discos de 20" tracionada com trator de 140 cv. Na semeadura foram utilizadas sementes de aveia-branca (*Avena sativa* L.) ou aveia preta (*Avena strigosa*). Não foi feito o tratamento das sementes nem adubação de manutenção, sendo realizada adubação apenas na cultura de soja cultivada anteriormente. A aveia foi cultivada no inverno para produção de grãos a serem utilizados como semente no plantio do ano seguinte ou para comercialização de eventuais sobras.

2.1.5. Semeadura Direta (SD) - Sistema localizado próximo ao Assentamento Santa Lúcia, (21°19'43"S e 56°33'17"W) nesse sistema houve o cultivo de milho e soja em sucessão. A cultura do milho de 2º safra, denominada safrinha, implantada no período de outono/inverno após a colheita da soja foi adubado com 120 kg ha⁻¹ da fórmula 8-16-16+Zn. No momento da coleta

2.1.6. Pastagem (PAST) - Área localizada próxima ao SAFs intermediário (21°21'04"S e 56°35'21"W). Com vários anos de uso, sem a reposição dos nutrientes do solo, as pastagens em geral apresentam baixo vigor e alta infestação de rebrote de cerrado. Anualmente, o produtor promove roçadas mecânicas e manuais, para diminuir a competição das invasoras e favorecer o crescimento das forrageiras.

2.1.7. Vegetação Nativa (VN) - Área da Reserva Legal do Assentamento (21°20'37,7"S e 56°35'05,3"W), com vegetação do tipo Floresta Estacional Semidecidual. Foi estudada como referencial da condição original do solo.

2.2. Coleta de solo e preparo das amostras

Em cada sistema de manejo, foram coletadas cinco amostras compostas, oriundas de sete subamostras na profundidade de 0-10 cm, no mês de Junho/2015. As amostras foram armazenadas em ambiente refrigerado à ±7°C até o momento das análises. Antes das determinações químicas e microbiológicas, foi realizado o destorroamento, peneiramento do solo (malha de 2mm) e os resíduos de plantas e raízes foram removidos cuidadosamente.

2.3 Análises químicas e microbiológicas

As seguintes determinações químicas foram realizadas para caracterização da área estudada: Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Potássio (K^+), acidez potencial ($\text{H}^+ \text{Al}$), Soma de bases (SB), saturação por base (V%), Capacidade de troca catiônica (CTC), Carbono (C), Matéria orgânica do dolo (MOS), Saturação de bases (V%), Fósforo (P) e $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ de acordo com Claessen (1997) (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo sob sistemas de produção e Bonito, MS. Médias dos valores de pH, matéria orgânica (MO), carbono (C), fósforo (P), teor cátions trocáveis (K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}), acidez potencial (H^+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%) teores de areia, silte e argila, e textura (Tex) na camada de 0-10 cm de profundidade,

| Sistemas | pH | P | Al | Ca | Mg | H+Al | K | SB | CTC | V | MOS | Areia | Silte | Argila | TEX | |
|-------------------|------------------|---------------------|------|-----|-----|------------------------------------|-----------|------|------|------|--------------------|-------|-------|--------|-----|--|
| | H ₂ O | mg dm ⁻³ | | | | cmol _c dm ⁻³ | | | | % | g kg ⁻¹ | | | | | |
| | | | | | | | Bonito-MS | | | | | | | | | |
| SAF _{AD} | 5,5 | 3,56 | 0,1 | 3,1 | 1,2 | 5,4 | 0,3 | 4,7 | 4,8 | 40,3 | 32,39 | 102 | 258 | 640 | MA | |
| SAF _{IN} | 6,1 | 5,32 | 0,0 | 5,1 | 1,8 | 3,9 | 0,3 | 7,3 | 7,3 | 54,9 | 33,55 | 119 | 175 | 706 | MA | |
| SAF _{AB} | 5,5 | 6,22 | 0,06 | 3,6 | 1,1 | 5,6 | 0,4 | 5,2 | 5,3 | 42,9 | 32,18 | 119 | 158 | 723 | MA | |
| PAST | 5,6 | 2,34 | 0,08 | 5,0 | 1,5 | 6,1 | 0,1 | 6,7 | 6,7 | 45,5 | 40,76 | 152 | 142 | 706 | MA | |
| SD | 5,5 | 23,14 | 0,04 | 4,5 | 1,2 | 5,3 | 0,3 | 6,0 | 6,1 | 46,6 | 28,75 | 69 | 175 | 756 | MA | |
| PC | 5,7 | 17,8 | 0,08 | 3,8 | 0,8 | 4,0 | 0,2 | 4,8 | 4,9 | 46,7 | 26,92 | 252 | 308 | 440 | A | |
| VN | 6,2 | 5,28 | 0,0 | 9,5 | 2,0 | 3,4 | 0,5 | 12,1 | 12,1 | 65,0 | 109,41 | 69 | 291 | 64Q | MA | |

Valores médios. Textura MA: muito argilosa; A: argilosa. Sistema Agroflorestal Adensado (SAF_{AD}), Sistema Agroflorestal Intermediário (SAF_{INT}), Sistema Agroflorestal Aberto (SAF_{AB}), lavoura sob Sistema de Manejo Plantio Convencional (PC), lavoura sob Semeadura Direta (SD), Pastagem (PAST), e a Vegetação Nativa (VN) representada pela Floresta Estacional Semidecidual. Bonito, MS.

Foram estudados os seguintes atributos microbiológicos: carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) e quociente microbiano ($q\text{MIC}$). O C-BMS foi avaliado pelo método da fumigação-extração, de acordo com Vance et al. (1987) e a leitura por espectrofotometria. A atividade microbiana (C-CO₂), foi obtida pela incubação das amostras com captura de CO₂ em NaOH (1N), durante sete dias, pela adaptação do método da fumigação-incubação, proposto por Jenkinson & Powlson (1976). Após a realização das análises de C-BMS e C-CO₂ evoluído, foram determinados os $q\text{CO}_2$, conforme Anderson & Domsch (1990), a partir da relação C-CO₂/C-BMS, e os $q\text{MIC}$, definido pela relação C-BMS/C-orgânico total.

2.4. Análise estatística

A análise de variância, e a comparação das médias pelo teste de Tukey ($p < 0,10$), foi realizada considerando a fonte de variação entre os sistemas e dentro dos sistemas, em que cada ponto analisado correspondeu a uma repetição. Os atributos microbiológicos referentes ao carbono da biomassa microbiana, respiração basal e índices derivados foram submetidos à análise de agrupamento (*cluster analysis*) por meio do programa STATISTICA (HILL & LEWICKI, 2007), através do método do vizinho mais distante (*complete linkage*) e a partir da

distância euclidiana, para descrever a similaridade entre os sistemas de produção estudados. Os mesmos parâmetros e a MOS foram submetidos à análise de componentes principais (PCA) realizadas na plataforma R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011), através do software Vegan (OKSANEN et al., 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A VN apresentou teores de C-BMS e C-CO₂ com maior magnitude (Tabela 2). O C-BMS em solos sob vegetação nativa, tende a ser maior quando comparados a solos cultivados, devido ao favorecimento da microbiota pela cobertura e diversidade vegetal neste ecossistema. O acúmulo de material orgânico com maior quantidade e qualidade na VN é uma importante fonte de nutrientes para o desenvolvimento da comunidade microbiana (ALVES et al., 2011).

Tabela2. Atributos microbiológicos nos sistemas agroflorestais (SAFs) e de manejo do solo para produção agropecuária.

| Sistemas de manejo e uso do solo | C-BMS | C-CO₂ | qCO₂ | qMIC |
|---|--------------------------------|---|---|-------------|
| | µg C g ⁻¹ solo seco | µg C-CO ₂ g ⁻¹ solo dia ⁻¹ | µg C-CO ₂ µg ⁻¹ C-BMS h ⁻¹ | % |
| SAF_{AD} | 190,75 c | 11,08 bc | 17,06 ab | 0,25 b |
| SAF_{INT} | 279,52 b | 13,57 ab | 21,24 a | 0,38 a |
| SAF_{AB} | 250,60 bc | 8,57 c | 14,67 b | 0,29 ab |
| PAST | 352,27 a | 13,83 ab | 16,00 b | 0,27 ab |
| SD | 294,26 ab | 14,91 ab | 17,82 ab | 0,27 ab |
| PC | 321,79 ab | 15,68 a | 18,86 ab | 0,22 b |
| VN | 665,98 | 49,39 | 30,31 | 0,77 |

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem pelo teste de Tukey a10% de probabilidade. Carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico (qCO₂) e quociente microbiano (qMIC) em Sistema Agroflorestal Adensado (SAF_{AD}), Sistema Agroflorestal Intermediário (SAF_{INT}), Sistema Agroflorestal Aberto (SAF_{AB}), manejo sob Plantio Convencional (PC), manejo em Semeadura Direta (SD), Pastagem (PAST) e Vegetação Nativa (VN).

O Sistema PAST obteve valor superior (p<0,10) de C-BMS em relação ao SAF_{AD}, SAF_{INT} e SAF_{AB}, porém não diferiu estatisticamente dos outros sistemas avaliados (Tabela 2). Segundo Souza et al (2010) e Alves et al. (2011) quanto maior a presença de raízes, maior deve ser a exsudação de compostos orgânicos, que servirão como fonte de C e energia ao C-BMS, ocorrendo estímulo ao aumento desta. Estes resultados podem ser atribuídos aos benefícios proporcionados pelo sistema radicular bem desenvolvido da gramínea, o que provavelmente favoreceu o aporte de matéria orgânica (Tabela 1) e estimulou a população

microbiana através de melhores condições edáficas para seu desenvolvimento (LOSS et al., 2011).

A ausência de plantas espontâneas ocasionou um menor valor de C-BMS ($p < 0,10$) no SAF_{AD} (Tabela 2). O SAF_{AD} apresenta como característica as copas das árvores adensadas que promovem o sombreamento dificultando o aparecimento de plantas espontâneas. Vários autores têm atribuído a maior diversidade de plantas, ao aumento da biomassa microbiana do solo como foi observado em locais que há vegetação espontânea (LORANGER-MERCIRIS et al., 2006; HAN et al., 2007; HUNGRIA et al., 2009). Desta forma proporcionaram maior regularidade do substrato em condições estressantes (HAN et al., 2007), fatores estes, que podem ter contribuído para a manutenção da biomassa microbiana em solo coberto pela vegetação espontânea (ARAÚJO-NETO et al., 2014).

A C-CO₂ no PC foi estatisticamente superior ($p < 0,10$) ao SAF_{AD} e SAF_{INT} porém semelhante aos demais sistemas (Tabela 2). A taxa respiratória elevada indica alta atividade biológica, podendo ser um atributo desejável, uma vez que pode significar transformação rápida de resíduos orgânicos em nutrientes disponíveis para as plantas (BATISTA et al., 2009), conforme observado na tabela 2 nos sistemas PAST, SD e PC. D'Andréa (2002) ressalta que valores baixos, como ocorreu nos SAF_{AD} e SAF_{AB} (Tabela 2), não necessariamente significam condições indesejáveis, pois, em longo prazo, alta C-CO₂ significa perdas de carbono do solo, embora em curto prazo possa significar liberação de nutrientes que podem ser absorvidos pelas plantas.

A alta taxa de respiração observada no pode ser interpretada como uma característica desejável, visto que a decomposição dos resíduos orgânicos disponibilizará nutrientes para as plantas. Contudo, também pode ser indicativo de estresse sobre a biomassa microbiana, onde cada sistema deve ser avaliado individualmente (ROSCOE et al., 2006; MATIAS et al., 2009). A avaliação do C-BMS ou C-CO₂ feita isoladamente pode frequentemente, fornecer informações limitadas sobre as respostas do solo a algum estresse ou perturbação. Outras avaliações, portanto, podem ser conduzidas juntamente com a determinação dessas características, como qCO_2 , que se apresenta como a variável de determinação mais adequada para o entendimento (ALVES et al., 2011).

Os valores do qCO_2 mostraram o sistema SAF_{INT} superior ($p < 0,10$) aos SAF_{AB} e PAST entretanto semelhante aos outros sistemas de manejo (Tabela 2). Valores elevados de qCO_2 podem estar relacionados com diferentes fatores, como a presença de comunidades microbianas submetidas a condições de estresse, como deficiência de nutrientes, acidez e déficit hídrico

(RAMOS et al., 2010; PEZARICO et al., 2013). Estudos em sistemas conduzidos sob pastagem para bovinos têm mostrado valores de $q\text{CO}_2$ elevados (ARAUJO et al., 2008; SOUZA et al., 2010). No entanto, esta condição não foi observada no presente trabalho, onde a PAST apresentou os menores valores de $q\text{CO}_2$. Este fato pode ser justificado por ocorrerem roçadas, que diminuem a competição das plantas invasoras, favorecendo o crescimento das forrageiras e maior cobertura vegetal na superfície do solo, bem como, com exceção do fósforo, ao adequado teor de fertilidade (Tabela 1).

Em relação ao $q\text{MIC}$ observa-se que, o SAF_{INT} foi superior ($p < 0,10$) ao SAF_{AD} e PC. Porém, não diferiu ($p < 0,10$) dos demais sistemas (Tabela 2). Estes resultados do $q\text{MIC}$ para o SAF_{INT} podem estar relacionado com a qualidade da matéria orgânica, bem como, à fatores microclimáticos originados da cobertura vegetal, tanto viva quanto morta, sobre o solo deste sistema (EIRA, 2011). Os sistemas com menores valores de $q\text{MIC}$ podem estar relacionados com o desequilíbrio da microbiota do solo provocada pelas condições do ambiente edáfico, fazendo com que a biomassa microbiana torne-se incapaz de utilizar totalmente o C orgânico (GAMA-RODRIGUES & GAMA-RODRIGUES, 2008).

Na PCA, a componente principal (CP1) explicou 69,03% e o eixo CP2, 29,20% das informações originais dos dados (Figura 3). A VN agrupou com a maioria dos parâmetros biológicos relacionados à biomassa microbiana do solo, demonstrando ser um ambiente favorável à manutenção de comunidades biológicas (Figura 3). Conforme observado por Paredes Junior et al. (2014), quanto maior a diversidade de processos nos ecossistemas naturais, menores os fatores de desequilíbrio no solo destes ambientes.

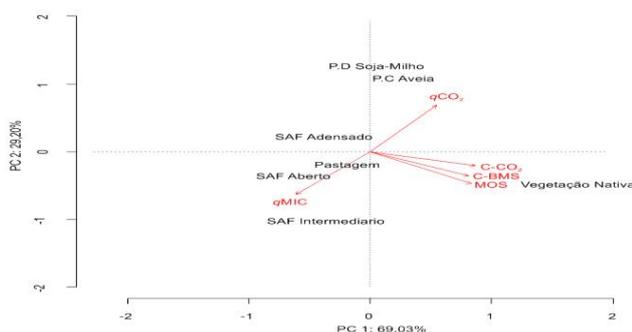


Figura 3. Biplot dos atributos microbiológicos nos diferentes sistemas. CP1 e CP2 correspondem aos componentes principais.

O SD e PC forma sistemas semelhantes quanto ao $q\text{CO}_2$ (Figura 3), indicando a presença de condições ambientais estressantes para as comunidades microbiológicas do solo. Alguma perturbação imposta estimulou as comunidades microbianas do solo a usarem, de forma mais

intensiva, a matéria orgânica como fonte de carbono, provocando um desequilíbrio do processo de ciclagem de nutrientes do solo (PAREDES JUNIOR et al.,2014).

Já os Sistemas PAST, SAF_{AB} e SAF_{INT} agruparam-se com o parâmetro q_{MIC} (Figura 3). Estes sistemas proporcionam, por meio das raízes das plantas melhorias para o solo através da liberação de exsudados orgânicos que servem de energia para a atividade microbiana (COLMAN, 2014) e, desta forma, melhoram a qualidade da matéria orgânica.

Quando comparado apenas os SAFs, na PCA, a componente principal (CP1) explicou 83,7% e o eixo CP2, 14,6% das informações originais dos dados (Figura 4).

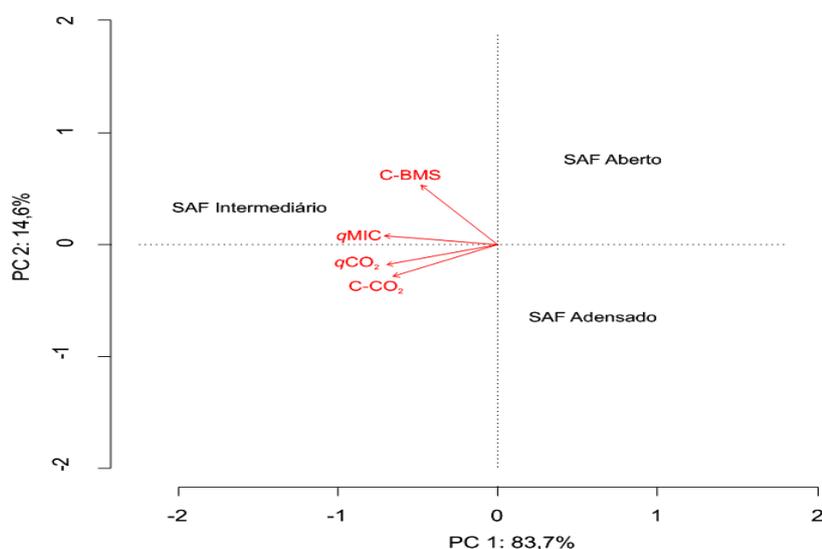


Figura 4. Biplot dos atributos microbiológicos nos SAFs. CP1 e CP2 correspondem aos componentes principais.

O SAF_{INT} agrupou-se com os parâmetros microbiológicos q_{MIC} e C-BMS (Figura 4). Isso indica uma condição mais favorável à microbiota do solo, atribuída, possivelmente, ao maior aporte contínuo e variado de substratos orgânicos provenientes da diversidade de espécies e com diferentes graus de suscetibilidade à decomposição (D'ANDRÉA et al. 2002; CARDOSO et al. 2009; SILVA et al., 2010). Estes resultados favorecem a afirmativa de maior equilíbrio e diversidade de fatores que podem diminuir impactos negativos no solo deste sistema.

A ordenação dos dados no biplot, explicou 83,74% da variabilidade original dos atributos químicos onde CP1 e CP2 retiveram 71,05% e 12,69%, respectivamente, das informações originais dos dados (Figura 5).

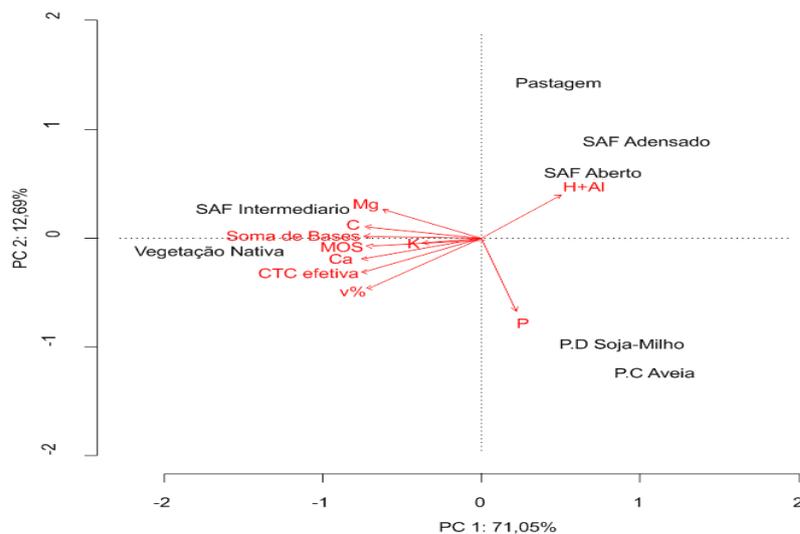


Figura 5. Biplot de atributos químicos nos diferentes sistemas. CP1 e CP2 correspondem aos componentes principais.

O SAF_{INT} e VN responderam positivamente quanto aos atributos químicos: Mg, C, Ca, SB, MOS, CTC efetiva e V%, apresentando um comportamento oposto aos demais sistemas (Figura 5). Esses resultados indicam que o maior equilíbrio e a diversidade de fatores (florística, hifas fungícas e serapilheira na superfície do solo) nos sistemas naturais favorecem a melhoria dos atributos químicos (ALVES et al., 2011).

Os Sistemas PAST, SAF_{AB} e SAF_{AD}, foram agrupados por H + Al (acidez potencial) (Figura 5). A formação deste grupo pode estar relacionada com a ausência ou baixas aplicações de calcário para a correção da acidez do solo (ROSSETTO et al., 2004.) No SAF_{AB} o calcário foi utilizado após o plantio das mudas, no Sistema SAF_{AD} antes do plantio já na PAST não houve nenhuma correção de acidez do solo.

O elevado teor de P no PC e SD foi o atributo responsável por agrupar estes sistemas. Os Sistemas SD e PC apresentaram influência na presença de P, já que este elemento é aportado anualmente como adubo químico (Figura 5). Os teores de P assimilável são relativamente baixos em solos na Serra da Bodoquena, assim como na maior parte dos solos do Brasil, requerendo maiores cuidados na adubação para que seja possível atingir produtividades elevadas (CHAGAS et al., 2009).

Na PCA, a componente principal (CP1) explicou 69,08% e o eixo CP2, 30,2% das informações originais dos dados (Figura 6).

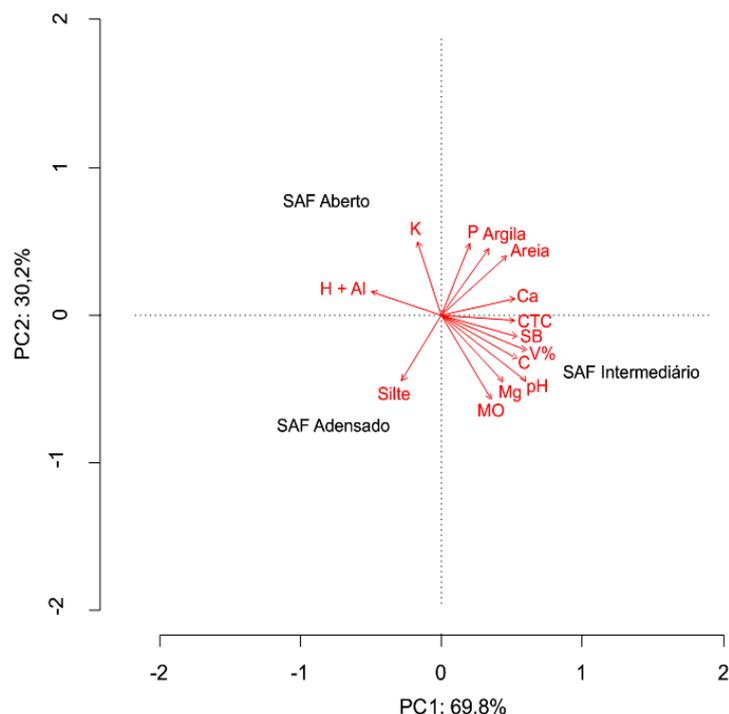


Figura 6. Biplot de atributos químicos nos SAFs. CP1 e CP2 correspondem aos componentes principais.

O SAF_{INT} agrupou a maioria dos atributos químicos (Figura 6). Parâmetros químicos do solo podem ser favorecidos em sistemas que contribuem na manutenção de cobertura vegetal favorece a adição de matéria orgânica, alterando as propriedades químicas do solo e, proporcionando maior fertilidade.

Em relação à análise de agrupamentos, a VN diferiu 100% das demais áreas estudadas (Figura 7). A deposição contínua de resíduos orgânicos, a grande quantidade de raízes e a maior quantidade de água retida no solo, estimulam a manutenção da biomassa microbiana, nas condições de vegetação nativa (PEREZ et al., 2004).

Verificou-se a formação de dois grupos interpretáveis (A e B) a partir dos dados dos parâmetros da biomassa microbiana e atributos químicos do solo (Figura 7). Os grupos compostos pelos sistemas avaliados, a partir da distância euclidiana, apresentaram diferentes similaridades entre si. O grupo “A”, composto pelo Sistema SAF_{AD}, SAF_{AB}, PAST e SAF_{INT} engloba a ligação com distância inferior a 78%, o que permite inferir que a dissimilaridade entre eles é de 22%. Este agrupamento pode ter ocorrido em virtude das suas características, que proporcionam maior quantidade de resíduos vegetais na superfície do solo. A presença destes resíduos na superfície do solo evita a perda de água e o aumento da temperatura do solo e favorece o aumento da BMS (MATSUOKA et al., 2003) proporcionando melhorias nos atributos químicos e biológicos do solo (RODRIGUES et al., 2012).

O sistema PAST mostrou-se mais similar com os SAFs do que com os sistemas de cultivo PC e SD, demonstrando que muitas vezes as pastagens quando bem manejadas apresentam alto conteúdo de matéria orgânica e densa massa radicular, favorecendo a existência de grande biomassa microbiana na rizosfera (ALVARENGA et al., 1999).

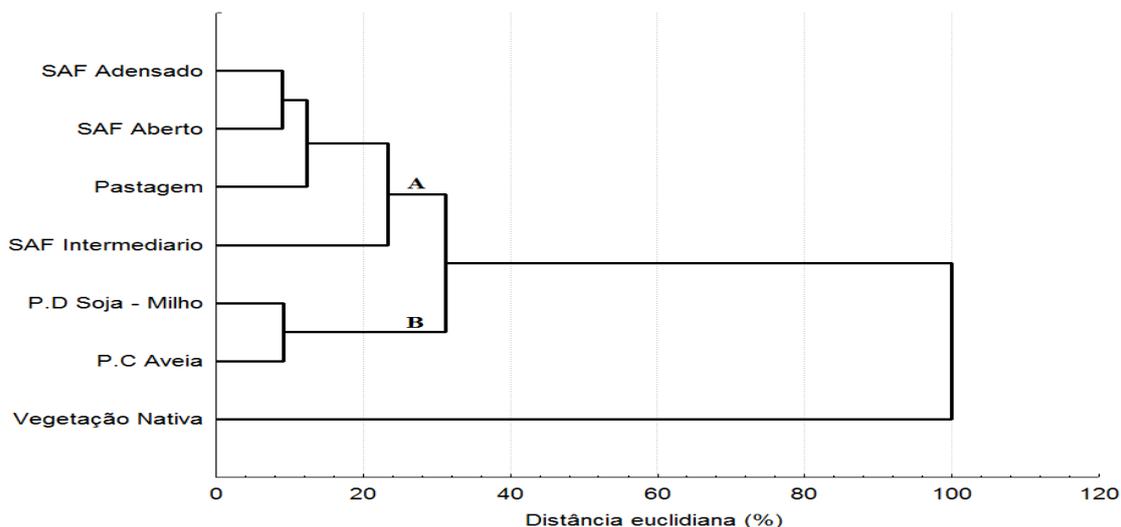


Figura 7. Dendrograma de dissimilaridade dos parâmetros da biomassa microbiana do solo e atributos químicos do solo.

O grupo “B” apresentou 55% de semelhança entre si, formado pelo sistema PC e SD (Figura 7). Apesar do não revolvimento do solo na SD, houve similaridade (55%) com o PC. Assim apenas a semeadura direta, sem a rotação de culturas, não foi suficiente para melhorar a qualidade do solo medida pelo qCO_2 quando comparado a um sistema com revolvimento do solo (PC)

Portanto, pode-se inferir que sistemas com mínimo revolvimento do solo e presença de cobertura vegetal favorecem o equilíbrio dinâmico da biomassa microbiana e, conseqüentemente, a conservação dos agroecossistemas. Este fato tem sido observado em outros estudos, como os de Assis-Junior et al. (2003), Pezarico et al. (2013), onde a cobertura vegetal na superfície do solo favorece os parâmetros biológicos, químicos e físicos, bem como a qualidade e a quantidade de material orgânico depositado, promovendo assim resultados mais satisfatórios quanto à melhoria da qualidade do solo.

4. CONCLUSÕES

- A biomassa microbiana do solo, por responder às alterações causadas pelos diferentes sistemas de manejo pode ser considerada um bioindicador em potencial para avaliação da qualidade de solo.

- A Pastagem quando bem manejada pode contribuir para a manutenção dos microrganismos, em comparação a outros sistemas que não mantenham uma cobertura vegetal de plantas espontâneas.

- Os valores do sistema S.D mostraram que quando não adotados o pressuposto do Sistema de Plantio Direto acaba se semelhante ao sistema PC.

- O SAF_{INT} apresentou características influenciaram positivamente a qualidade do solo.

- A diversidade de espécies dos sistemas agroflorestais contribuiu, de forma significativa, para a melhoria da qualidade do solo, quando comparados aos sistemas de plantio convencional.

Referências Bibliográficas

- ALVARENGA, M. I. N.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de Cerrado com diferentes usos. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 617-625, 1999.
- ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; NICOLAU, E. N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 33, n.2, p. 341-347, 2011.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Application of eco-physiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.22, n.2, p.251-255, 1990.
- ARAÚJO NETO, S. E.; SILVA, A. N. da; KUSDRA, J. F.; KOLLN, F. T.; ANDRADE NETO, R. de C. Atividade biológica de solo sob cultivo múltiplo de maracujá, abacaxi, milho, mandioca e plantas de cobertura. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n.4, p. 650-658, 2014.
- ARAÚJO, A. S. F.;MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.
- ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, B. B.; MONTEIRO, R. T. R. Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in Piauí state, Brazil. **European Journal of Soil Biology**,v.44, n.2, p.225-230, 2008.
- 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, n.1, p. 35-41, 2003.
- BALOTA, E. L.;YADA, I. F. U.; AMARAL, H. F., NAKATANI, A. S.; DICK, P. R.;COYNE, M. S. Soil quality in relation to forest conversion to perennial or annual cropping in southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39 n.4, p.1003-1014, 2015.
- BATISTA, Q. R.; FREITAS, M. S. M.; MARTINS, M. A.; SILVA, C. S. Bioqualidade de área degradada pela extração de argila, revegetada com *Eucalyptus* spp. E sabiá. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 146-154, 2009.
- BROWN, G. G.; ROMBKE, J.; HOFER, H. et al. Biodiversity and function of soil animals in Brazilian agroforestry systems.In: GAMARODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; GAMARODRIGUES, A. F. (Editores). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. 1 ed. Campos dos Goytacazes, RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. 365 p.
- 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.
- CHAGAS, C. S.; CARVALHO JUNIOR, W.;BHERING, S. B.; AMARAL, F. C. S.; PEREIRA, N. R.; SILVA, E. F.; ZARONI, M. J.;GONCALVES, A. O.; AGLIO, M. L. D.; DANIEL FILHO, A. C. B.; LOPES, C. H. L.; EARP, C. G. de S.; VARGAS, S. P.; FREVRIER, P. V. R.; PINHEIRO, T. D.; FERNANDES, T. G.; RODRIGUES, R. S. **Zoneamento Agroecológico do município de Bonito/MS**. Rio de janeiro: Embrapa Solos, 2009.66 p.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 1997. 212p.

COLMAN, B. A. **Qualidade microbiológica do solo em sistemas integrados de produção agropecuária em três ambientes de Mato Grosso do Sul**. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2014.

COUTINHO, H. L. C.; GARCEZ, A. J. S.; GIMENES, P. S.; INÁCIO, C. T.; SEIDEL, E. R.; COSTA JR, E. D.; CARDOSO, S.; HERNANI, L. C.; MAURO, R. A.; SILVA, M. P. **Promoção da transição agroecológica em Bonito MS (Projeto GEF Rio Formoso)**. Rio de Janeiro : Documentos Embrapa Solos, 22 p., 2011.

D'ANDREA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M. Atributos de agregação indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região dos cerrados no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.4, p.1047-1054, 2002.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWARD, B. A. (eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA. American Society of Agronomy, p.3-21, 1994 (Spec. Public, 35).

EIRA, A. F. **Influência da cobertura morta na biologia do solo**. [cited 2011 fev. 15 Acesso em: www.ipef.br/publicacoes/seminario_cultivo_minimo/cap03.pdf.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3 ed. Rio de Janeiro, 2011.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 2008. p.322-350.

GOUVELLO, C.; SOARES FILHO, B. S.; NASSAR, A. **Estudo de baixo carbono para o Brasil**. Washington: Banco Mundial, 2010.

HAN, X.; WANG, R.; LIU, J.; WANG, M.; ZHOU, J.; GUO, W. Effects of vegetation type on soil microbial community structure and catabolic diversity assessed by polyphasic methods in North China. **Journal of Environmental Sciences**, v. 19, n. 10, p. 1228-1234, 2007.

HILL, T.; LEWICKI, P. **Statistics: methods and applications**. A comprehensive reference for science, industry, and data mining. Tulsa; General Linear Models, StatSoft, chapt.18, p. 245-276, 2007.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a longterm experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, v. 42, n.3, p. 288-296, 2009.

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

JOSE, S. Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity. **Agroforestry Systems**, v. 85, n. 1, p. 1-8, 2012.

LORANGER-MERCIRIS, G.; BARTHES, L.; LEADLEY, P.; Rapid effects of plant species diversity and identity on soil microbial communities in experimental grassland ecosystems. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 38, n. 8, p. 2336-2343, 2006.

- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1269-1276, 2011.
- 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, n. 1, p. 20-28, 2011.
- MACEDO, M.C.M. Degradação de pastagens; conceitos e métodos de recuperação In: "SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL". *Anais...*, Juiz de Fora. p.137-150.
- MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23,n. 2, p. 257-263, 1999.
- MATIAS, M. C. B. S.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. C.; ARAUJO, A. S. F. Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Estado do Piauí. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 517-521, 2009.
- MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 425-433, 2003.
- 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, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.
- MILLER, R. P. Construindo a complexidade: o encontro de paradigmas agrofloretais. In: PORRO, R. (Ed.) **Alternativa agroflorestral na Amazônia em transformação**. Brasília-DF: Embrapa Informação e Tecnologia,. p. 537 – 557, 2009.
- OKSANEN, J.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; O'HARA, B. **Community ecology package: Vegan**. Version 1.8.1. 2006. Disponível em: <http://cc.oulu.fi/~jarioksa/>. Acesso em: 9 mar. 2016.
- PAREDES JUNIOR, F. P.; PORTILHO, I. I. R.; CARVALHO, L. A.; MERCANTE, F. M. Atributos microbiológicos em cultivos de cana-de-açúcar sob métodos de preparo do solo. **Revista de Ciência Agrária - Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 57, n. 2, p. 101-107, 2014.
- PEÑA, M. L.; MARQUES, R.; JAHNEL, M. C.; ANJOS, A. Respiração microbiana como indicadores da qualidade do solo em ecossistema florestal. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 1, p. 117-127, 2005.
- PEREZ, K. S. P.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n.6, p.567-573.2004.
- PEZARICO, C. R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agrofloretais. **Revista de Ciências Agrárias. - Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, PA, v. 56, n.1, p. 40-47, 2013.
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 9. Ed São Paulo: NBL Editora, 2002.
- R DEVELOPMENT Core Team.R: a language and environment for statistical computing. [2.12.2]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2011.

RAMOS, F. T.; MONARI, Y. C.; NUNES, M. C. N.; CAMPOS, D. T. S.; RAMOS, D. T. Indicadores de qualidade em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagem extensiva no pantanal matogrossense. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 112-120, 2010.

RODRIGUES, G. B.; SÁ, M. E. de.; FILHO, W. V. V.; BUZETTI, S.; BERTOLIN, D. C.; PINA, T. P. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivos e consorciados. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, n.3, p.380-385, 2012.

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: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Eds.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 163-198.

ROSSETTO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Calagem para cana-de-açúcar e sua interação com a adubação potássica. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 105-119, 2004

SANTOS, A. C. **O papel dos sistemas agroflorestais para usos sustentáveis da terra e políticas públicas relacionadas** - Indicadores de Funcionalidade Econômica e Ecológica de SAFs em Redes Sociais da Amazônia e Mata Atlântica. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Subprograma Projetos Demonstrativos (PDA), 2010.

SCHROTH, G.; FONSECA, G. A. B.; HARVEY, C. A. et al. Introduction: The Role of Agroforestry in Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes. In: SCHROTH, G.; FONSECA, G. DA; HARVEY, C. *et al.* (Eds.). **Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes**. Washington: Island Press, 2004. p. 1-12.

SILVA, A. P.; IMHNHOFF, S.; TORMENA, C. A.; TAKAHAMA, R. S. Qualidade física de solos sob sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 19. 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2002, p.79-99.

SILVA, D. I. B.; SOARES, L. M. S.; NUNES, L. A. P. L.; OLIVEIRA, M. E.; CARNEIRO, R. F. V. Qualidade superficial de um solo sob sistemas de manejo utilizados para produção de forragens no estado do Piauí. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 867 - 875, 2013

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, n. 5, p. 1585-1592, 2010.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. G. A.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P. C. F.; MARTINS, A.P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 34, n. 1, p. 79-88, 2010.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos Especiais em Ciências do Solo**, v. 2, n. 1, p. 196-275, 2002.

UMRANI, R.; JAIN, C. K. **Agroforestry Systems and Practices**. Jaipur: Oxford Book Company, 2010.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. As extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, p 703-707, 1987.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J. L. N. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 6, p. 487-494, 2005.

Capítulo 2 - Atributos biológicos e microbiológicos do solo sob arranjos de espécies arbóreas e arbustivas

Resumo: O estudo dos indicadores biológicos como os microorganismos e fauna epigéica do solo é fundamental para o entendimento do processo de recuperação ambiental. Objetivou-se nesse estudo avaliar a fauna epigeica e a biomassa microbiana do solo como indicador de qualidade do solo sob arranjos de espécies. As áreas estão sendo recuperadas sob dois métodos: sistemas agroflorestais (SAF_a e SAF_b) e plantio adensado de mudas (PAM_a, PAM_b e PAM_c) ("Ilhas de Anderson"). Foram coletadas amostras de solo na camada de 10 cm de profundidade, nas áreas sob recuperação em três épocas, além da pastagem e mata nativa para efeito comparativo. Para determinação do C da biomassa microbiana (C-BMS), foi utilizado o método da fumigação-extração. A atividade microbiana foi realizada pelo método da respirometria (C-CO₂). O quociente microbiano ($qMIC$) foi expresso pela relação $(C-BMS/C\text{-orgânico total}) \times 100$, e o quociente metabólico (qCO_2) foi obtido pela razão entre os valores da respiração basal e do carbono microbiano. Para avaliar a fauna epigeica, foram instaladas cinco armadilhas de queda "pitfall" para captura da fauna epigeica, em duas épocas (verão/inverno), em cada sistema estudado. Sistemas de recuperação baseados em plantio adensado de mudas de arbóreas e em arranjos agroflorestais biodiversos favoreceram o crescimento microbiano, pois estimularam a dinâmica da matéria orgânica do solo, indicando uma perspectiva de incorporação de C a médio e longo prazos. Quanto à fauna invertebrada epigeica, houve grande dominância de Formicidae e Collembola em todos os sistemas. A frequência relativa dos macroinvertebrados epígeos foi influenciada pelas épocas de amostragem nos cinco sistemas avaliados

Palavras-Chave: biomassa microbiana do solo, fauna epigeica, técnicas de recuperação.

Chapter 2 – Soil’s biological attributes under different arboreal and shrubby species arrangements for degraded areas recovery

Summary: The study of biological indicators such as microorganisms and edaphic soil fauna is fundamental for the understanding of the ambiental recovery process. The purpose in this study was to monitor biological parameters, including the soil’s microbial biomass, its activity and derived index (metabolic and microbial quotients), and epigeic fauna for the soil’s quality admeasurement, planning to identify vegetal species arrangements with greater potential of degraded areas recovery in the county of Bonito, Mato Grosso do Sul state. The areas are being recovered under two methods: agroforestry systems (SAF_a e SAF_b) and densified seeding plantation (PAM_a, PAM_b e PAM_c) (“Anderson Islands”). Soil samples were collected in a 10 cm layer depth, on three treatments (thicket, recovery and pasture) in three periods. To determine the microbial biomass C (C-BMS), the fumigation-extraction method was used. The microbial activity was done by the respirometry method (C-CO₂). The microbial quotient (q_{MIC}) was expressed by the relation $(C-BMS/C-total\ organic) \times 100$, and the metabolic quotient (q_{CO_2}) was obtained by the reason between the values of basal breathing and the microbial carbon. To evaluate the epigeic fauna, five “pitfall” traps were installed, to capture epigeic fauna, in two periods, in each of the five studied systems. Recovery systems based on arboreal seeding densified plantation and biodiverse agroforestry arrangements favored microbial growth, because it stimulated the soil’s organic matter dynamics, indicating a perspective of incorporation of the C in a medium and long terms. Regarding the epigeic spineless fauna, there was great Formicidae and Collembola dominance in all systems. The relative frequency of the macrospineless epigeans was influenced by the periods of sampling on the five systems evaluated.

Keywords: soil’s microbial biomass, epigeic fauna, recovery techniques

1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios do homem é retirar da natureza os meios para seu sustento e desenvolvimento, utilizando, de forma equilibrada, os recursos naturais sem degradar o meio ambiente. No entanto, a história está repleta de exemplos de degradação de ecossistemas em diferentes áreas do mundo. Áreas degradadas são aquelas caracterizadas por solos empobrecidos e erodidos, de instabilidade hidrológica, produtividade primária e diversidade biológica reduzida (SOUZA, 2010). Esta degradação é resultado do uso inadequado destes recursos, desconhecimento da aptidão e da capacidade de uso do solo, desconsideração das limitações e fragilidades do ambiente e inabilidade para prever e monitorar o avanço da degradação e da perda da sustentabilidade.

Como consequência, o ambiente perde seu potencial de produção, sua capacidade de resistir aos impactos e estresses abióticos. Além do empobrecimento dos agricultores, ocorrem o assoreamento e a contaminação dos corpos hídricos e o desmatamento para abertura de novas áreas de produção, causando perda ainda maior da biodiversidade nos diferentes biomas brasileiros (ANDRADE et al., 2010). Apesar destes processos resultarem em danos ao meio ambiente pelos quais se perdem ou reduzem algumas de suas propriedades, as técnicas de conservação e recuperação do solo consistem em dar o uso e manejo adequado aos atributos químicos, físicos e biológicos, visando à manutenção do equilíbrio ou recuperação (SOUZA, 2010).

Dentre as técnicas de recuperação pode-se citar os sistemas agroflorestais biodiversos (SAFs) e plantio de espécies arbóreas em grupos de Anderson (Ilhas de Anderson), dentre outras. Os SAFs são, em síntese, sistemas de uso da terra que associam espécies perenes lenhosas com culturas agrícolas e/ou pecuária, em arranjos espaciais e temporais (BATISH et al., 2008; MAY; TROVATTO, 2008; UMRANI; JAIN, 2010; MARTINS; RANIERI, 2014). Os SAFs podem recuperar áreas degradadas devido às melhorias que promovem nas condições do solo e pelas interações positivas entre seus componentes (MENDONÇA et al., 2001; ALTIERI, 2002). A recuperação de áreas degradadas através de SAFs, na perspectiva agroecológica, pressupõe a potencialização da regeneração natural e da sucessão de espécies nesses sistemas.

O plantio de espécies arbóreas em grupos de Anderson (1953) é baseado no modelo de plantio de mudas adensadas em grupos espaçados. Essa técnica consiste no plantio em grupos que são compostos por cinco mudas de árvores plantadas em formato de “+”, sob espaçamento 0,5 x 0,5m, com 4 mudas nas bordas e uma central. Portanto, considera-se importante o plantio

de árvores nativas, porém, não em área total, e sim em núcleos (grupos de Anderson), aumentando a complexidade da área, como ocorre na natureza.

Em vista da necessidade de verificação da eficiência das intervenções propostas pelas técnicas de recuperação de áreas degradadas, em propiciar a melhoria das funções produtivas e ambientais do solo (CHAER, 2008), o uso de indicadores para o monitoramento da qualidade do solo assume grande importância.

Segundo Pezarico et al. (2013), 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. Nesse contexto, os indicadores biológicos por representam diferentes aspectos da qualidade do solo nos diferentes ecossistemas e agroecossistemas (ELLIOTT, 1997) podem ser utilizados para monitorar a qualidade desse recurso natural.

Diversos atributos biológicos têm sido considerados como indicadores de qualidade do solo e, a biomassa microbiana do solo (BMS), é uma indicadora sensível das modificações no solo (MERCANTE et al., 2008), por ser a principal responsável pela transformação da matéria orgânica, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). As avaliações de atributos microbiológicos do solo, como o carbono da biomassa microbiana, respiração microbiana e quociente metabólico têm sido frequentemente sugeridos como mais sensíveis aos impactos causados pelo manejo, tendo em vista que estes sistemas influenciam constantemente na atividade metabólica dos microrganismos do solo (MATSUOKA et al., 2003; ALVES et al., 2011).

Além da BMS ser um indicador, a fauna invertebrada do solo pode ser influenciada pelo tipo de manejo empregado, uma vez que apresenta uma grande diversidade de formas, comportamentos, tamanhos e estratégias de forrageamento (alimentação e escavação) (LAVELLE, 2002; AQUINO et al., 2008).Dentre os organismos da fauna do solo, existem aqueles que influenciam direta ou indiretamente na disponibilidade de recursos para outros organismos, através da modificação do ambiente físico e químico. Jones et al. (1994) definiram estes organismos como "engenheiros do ecossistema". Minhocas, formigas e cupins, principais componentes da macrofauna, pois exercem grande influência no ambiente solo (LAVELLE et al., 1997).

Apesar do importante papel desses organismos e seus processos na recuperação de áreas degradadas, assim como na manutenção de áreas produtivas, são poucos os estudos que

relacionam qualidade do solo com os atributos biológicos nas condições de áreas sob recuperação.

Assim o estudo tem como objetivo de monitorar a biomassa microbiana do solo, sua atividade e índices derivados (quocientes metabólicos e microbianos) e fauna epigeica para aferição da qualidade do solo, visando identificar arranjos de espécies vegetais com maior potencial de recuperação de áreas degradadas no Município de Bonito, estado de Mato Grosso do Sul.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo.

O estudo foi conduzido no Município de Bonito, que localiza-se na região sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul; possui como referência as coordenadas 21°07'16"S e 56°28'55"O e altitude média de 315 m (Figura 1).

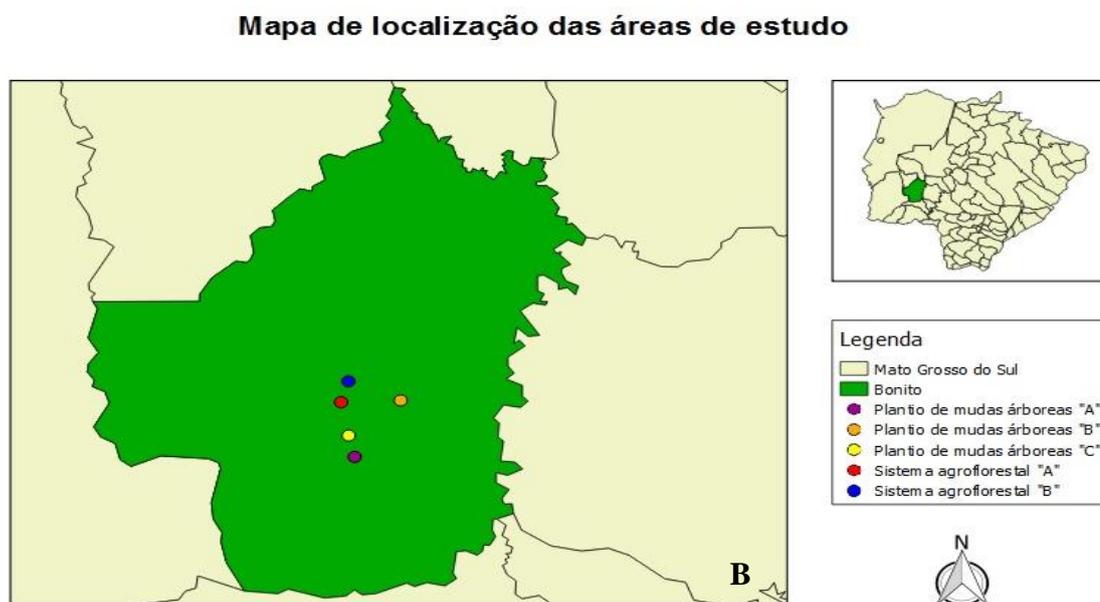


Figura 1. Mapa com a localização do município de Bonito no estado de Mato Grosso do Sul (A) e das áreas avaliadas no de Município de Bonito (B).

A classificação climática do Município de Bonito, segundo critério de Köppen (1948), é Aw, ou seja, clima tropical, com inverno seco (Figura 2). Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (GONÇALVES et al., 2006).

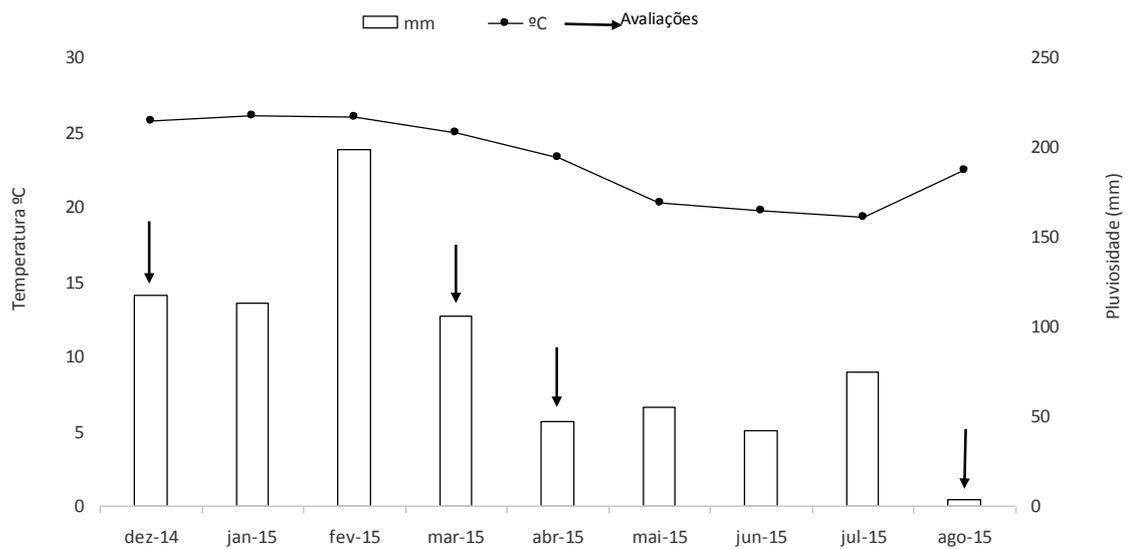


Figura 2. Temperatura média (°C) e precipitação pluviométrica (mm) referente às épocas de coleta em região Bonito, MS. Fonte: hidroweb

O município de Bonito são encontrados diferentes tipos de solos, as principais associações são as seguintes: Chernossolos que são solos rasos e pouco desenvolvidos, decorrentes da decomposição do calcário; Luvisolos que são solos mais desenvolvidos, ricos em bases e na porção centro-sul de Bonito encontramos grande porção de Latossolos de textura média, que são solos minerais, não hidromórficos, altamente intemperizados, profundos, bem drenados, sendo encontrados geralmente em regiões planas ou suavemente onduladas.

2.2. Áreas avaliadas Município de Bonito, MS

Foram avaliadas cinco áreas sob dois métodos de recuperação: sistemas agroflorestais biodiversos (SAFs), que visam a obtenção de cobertura vegetal similar à floresta, sendo o aspecto da diversificação a essência e seu fundamento. Outro método de recuperação refere-se às

chamadas “Ilhas de Anderson”, que segundo Anderson (1953), consiste no plantio adensado de mudas arbóreas, onde 3, 5 ou 13 unidades são plantadas com espaçamento de 0,5m entre si, de forma homogênea ou heterogênea.

Os diferentes sistemas de recuperação constituíram-se de cinco áreas descritas abaixo:

2.2.1 - Plantio adensado de mudas de espécies arbóreas “a” (PAM_a): Este sistema é composto por 1000 mudas de 17 espécies arbóreas, plantadas ao longo da mata ciliar do Rio Formoso no ano de 2014, no Parque ecológico Rio Formoso (21°10’30”S e 56°27’02”W). Foram plantadas 5 espécies de forma heterogênea em cada espaçamento, durante o plantio utilizou-se hidrogel nas mudas.

2.2.2 - Sistema agroflorestal “a” (SAF_a): Sistema formado por 330 plantas arbóreas de 21 espécies arbóreas, implementado no ano de 2008, para recuperar 0,1 hectare de mata ciliar do Córrego Barranco na Chácara Ouro Verde (21°04’22”S e 56°28’19”W).

2.2.3 - Plantio adensado de mudas de espécies arbóreas “b” (PAM_b): Sistema implementado em 2011, com o plantio de 386 mudas de 21 espécies arbóreas em um área de 0,3 hectare, com intuito de recuperar um trecho de mata ciliar do Rio Mimoso na propriedade Sítio Santa Rita (21°04’10”S e 56°22’40”W).

2.2.4 - Sistema agroflorestal “b” (SAF_b): Um dos sistemas mais antigos, implantado em 2007 foram plantadas 330 mudas de 18 espécies arbóreas, em uma área de 0,2 hectares na propriedade Sítio Santa Cruz. (21°02’02”S e 56°27’37”W)

2.2.5 - Plantio adensado de mudas de espécies arbóreas (PAM_c): Foram plantadas 240 mudas de 21 espécies para recuperar 0,6 hectare de mata ciliar do córrego Bonito, Chácara Paraíso (21°08’06”S e 56°27’36”W) no ano de 2011. Por ocasião do plantio foi colocado palha de arroz para cobrir o solo.

2.2.6 - Vegetação nativa (VN): Área adjacente aos sistemas estudados; a vegetação típica da região é a Floresta Estacional Semidecidual e foi estudada como referencial da condição inicial do solo.

2.2.7 - Pastagem (Past): Área destinada para a criação de bovinos, próximo às áreas sob recuperação.

2.3. Coleta de solo e preparo das amostras

As amostras de solo foram coletadas nos meses de dezembro/2014, abril/2015 e agosto/2015, na camada de 10 cm de profundidade em cada sistema (mata, recuperação e pastagem) nas propriedades, utilizando-se de cinco repetições, sendo cada amostra composta de sete subamostra de maneira aleatória. As amostras, depois de coletadas, foram guardadas em ambiente refrigerado à $\pm 7^{\circ}\text{C}$ até o momento das análises. Antes das determinações microbiológicas, foi realizado o destorroamento, peneiramento do solo (malha de 2mm) e os resíduos de plantas e raízes foram removidos cuidadosamente.

2.4. Análises química e física

As seguintes determinações químicas foram realizadas para caracterização da área estudada: Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Potássio (K^{+}), acidez potencial ($\text{H}^{+} \text{ Al}$), Soma de bases (SB), saturação por base (V%), Capacidade de troca catiônica (CTC), matéria orgânica do solo (MO), Saturação de bases (V%), Fósforo (P) e $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$, de acordo com Claessen (1997), cujos resultados das análises são apresentados na Tabela 1. Já as determinações físicas foram teores de areia, silte e argila, textura (Tex) e o índice de estabilidade de agregados (IEA) que indica a capacidade dos agregados resistirem à energia de desagregação, sendo esta tanto maior quanto o valor estiver mais próximo da unidade (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo na camada de 0-10cm sob sistemas de recuperação em Bonito, MS.

| Sistema | pH H ₂ O | P mg.dm ⁻³ | Ca | Mg | H+Al | K | SB | CTC | V | MO | Areia | Silte | Argila | Tex | IEA % | |
|---------|------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----|------|-----|------|------|------|------|-------|-------------------------------|--------|-----|----------|--|
| | | | -----cmolc.dm ⁻³ ----- | | | | | | | | | -----g.Kg ⁻¹ ----- | | | | |
| PAMa | 7,6 | 1,1 | 11,3 | 1,0 | 1,2 | 0,2 | 12,4 | 13,6 | 91,4 | 35,5 | 510 | 224 | 266 | Med | 91,5 | |
| SAFa | 6,4 | 2,5 | 8,5 | 2,2 | 2,6 | 0,2 | 10,8 | 13,4 | 78,8 | 45,5 | 493 | 308 | 199 | Med | 80,9 | |
| PAMb | 6,9 | 15,5 | 15,3 | 1,7 | 2,1 | 0,3 | 17,2 | 19,2 | 89,2 | 46,1 | 377 | 308 | 315 | Méd | 89,7 | |
| SAFb | 7,3 | 8,9 | 15,0 | 1,3 | 1,4 | 0,2 | 16,5 | 17,8 | 92,4 | 52,3 | 443 | 325 | 232 | Méd | 91,9 | |
| PAMc | 7,0 | 33,4 | 12,4 | 3,5 | 2,0 | 0,3 | 16,2 | 18,2 | 89,1 | 54,2 | 410 | 308 | 282 | Méd | 92,7 | |
| PAST | 6,9 | 6,8 | 9,7 | 2,0 | 2,1 | 0,2 | 11,9 | 14,0 | 83,9 | 38,4 | | | | | | |
| VN | 7,2 | 5,5 | 11,2 | 2,1 | 1,6 | 0,2 | 13,5 | 15,1 | 89,1 | 54,3 | | | | | | |

Valores médios. Med, textura média; textura (Tex) e índice de estabilidade de agregados (IEA). Plantio adensado de mudas de espécies arbóreas a (PAM_a), Sistema Agroflorestal a (SAF_a), Plantio adensado de mudas de espécies arbóreas b (PAM_b), Sistema Agroflorestal b (SAF_b), Plantio adensado de mudas de espécies arbóreas c (PAM_c), Pastagem (PAST), e a Vegetação Nativa (VN) representada pela Floresta Estacional Semidecidual. Bonito, MS.

2.5. Análises microbiológicas

As determinações dos atributos microbiológicos foram: carbono da biomassa microbiana, respiração basal (atividade microbiana), quociente metabólico e quociente microbiano. O carbono da biomassa microbiana (C-BMS) foi analisado pelo método da

fumigação-extração, de acordo com Vance et al. (1987). Também foi determinada a respiração basal (C-CO₂), que avalia a atividade microbiana, sendo obtida pela incubação das amostras com captura de CO₂ em NaOH (1N), durante sete dias, pela adaptação do método da fumigação-incubação, proposto por Jenkinson e Powlson (1976). Após a realização das análises de C-BMS e C-CO₂ evoluído, foram determinados os quocientes metabólicos (qCO_2), conforme Anderson e Domsch (1990), a partir da relação C-CO₂/C-BMS, e os quocientes microbianos ($qMIC$), definido pela relação C-BMS/C-orgânico total.

2.6. Fauna invertebrada do solo

A fauna invertebrada epigeica, compreende a comunidade de invertebrados presentes na interface serapilheira-solo, foi coletada com uso de armadilhas de queda (“pitfall”), que continham 200 mL de formol a 4%, nos meses de março e agosto de 2015. Em cada sistema, foram instaladas cinco armadilhas, totalizando 25, que permaneceram pelo período de sete dias. As armadilhas foram triadas manualmente, e os organismos encontrados foram extraídos e armazenados em solução de álcool a 70%. A identificação e a contagem dos organismos foram realizadas com auxílio de uma lupa binocular, com identificação até a classificação taxonômica de ordem e alguns organismos até a classificação de família.

2.7. Análise estatística

Para as análises microbiológicas, foi realizada análise de variância considerando a fonte de variação entre os sistemas e dentro dos sistemas, em que cada ponto analisado correspondeu a uma repetição. As médias foram submetidas ao teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram processadas por meio de software Assistat.

Os atributos ecológicos da fauna foram obtidos com base nos seguintes critérios: número de indivíduos por armadilha; riqueza (n.º de grupos taxonômicos); e o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') (MAGURRAN, 1988), que é dado pela fórmula:

$$H' = \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i,$$

em que p_i é a proporção da espécie, em relação ao número total de espécimes encontrado nas avaliações realizadas. No caso do presente trabalho, p_i foi considerado o grupo taxonômico de ordem ou família. Os dados (x) obtidos quanto à densidade de indivíduos, em razão de sua variabilidade, foram transformados em $(x)0,5$ e, depois, juntamente com os dados de riqueza de

grupos, foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os atributos microbiológicos e os dados da fauna epígea foram submetidos à análise dos componentes principais (ACP). Foram realizadas duas ACP: parâmetros microbiológicos/fauna epígea. As análises estatísticas foram processadas pelo programa Statistica (HILL; LEWICKI, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto ao C-BMS, na avaliação de dezembro de 2014, o sistema PMA_a, mostrou-se superior ($p < 0,05$) em relação aos demais sistemas (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos microbiológicos em sistemas de manejo e uso do solo em três épocas de avaliação. Bonito, MS.

| Sistemas de manejo e uso do solo | C-BMS | C-CO ₂ | qCO ₂ | qMIC |
|----------------------------------|--------------------------------|---|---|---------|
| | μg C g ⁻¹ solo seco | μg C-CO ₂ g ⁻¹ solo dia ⁻¹ | μg C-CO ₂ μg ⁻¹ C-BMS h ⁻¹ | % |
| ----- Dezembro 2014 ----- | | | | |
| | - | | | |
| PAM _a | 566,56 a | 31,58a | 23,49b | 1,82a |
| SAF _a | 164,02c | 36,23a | 98,30 a | 0,66c |
| PAM _b | 356,92b | 30,70a | 36,64 b | 1,33ab |
| SAF _b | 319,91b | 31,63a | 41,69 b | 1,05bc |
| PAM _c | 374,49b | 24,39a | 28,26 b | 1,19abc |
| VN | 486,45 | 32,48 | 29,03 | 2,08 |
| PAST | 282,56 | 26,1 | 41,7 | 1,36 |
| ----- Abril 2015 ----- | | | | |
| PAM _a | 542,17a | 43,28a | 33,10ab | 0,85b |
| SAF _a | 372,26b | 27,10b | 30,36ab | 1,65a |
| PAM _b | 423,50ab | 27,01b | 27,22ab | 1,76a |
| SAF _b | 376,80ab | 33,74ab | 37,33a | 1,07ab |
| PAM _c | 460,89ab | 27,44b | 25,82b | 1,48ab |
| VN | 570,77 | 33,88 | 24,88 | 3,26 |
| PAST | 454,87 | 29,55 | 27,45 | 1,72 |
| ----- Agosto 2015 ----- | | | | |
| PAM _a | 492,13a | 31,39a | 26,85b | 0,97b |
| SAF _a | 279,62b | 32,05a | 56,19a | 1,26ab |
| PAM _b | 316,63b | 26,36a | 34,74ab | 1,54a |
| SAF _b | 309,03b | 33,59a | 39,77ab | 1,07ab |
| PAM _c | 312,90b | 27,02a | 36,98ab | 1,13ab |
| VN | 463,15 | 36,69 | 33,94 | 1,73 |
| PAST | 331,61 | 31,03 | 40,57 | 1,64 |

Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, contrastam pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico

(qCO_2) e quociente microbiano ($qMIC$) sob diferentes arranjos de espécies arbóreas para fins de recuperação de áreas degradadas, em Plantio de Mudas Adensado (PMA_a, PMA_b e PMA_c), em Sistema Agroflorestais (SAF_a e SAF_b), Vegetação Nativa (VN) e Pastagem (PAST)

Já o sistema SAF_a foi estatisticamente inferior ($p < 0,05$) aos sistemas PMA_a , PMA_b e SAF_b . Na segunda avaliação, o sistema PMA_a foi superior ($p < 0,05$) ao SAF_a , entretanto, não diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) dos sistemas de plantio de mudas com menores densidades (b e c respectivamente) e do SAF_b , conforme apresentado na Tabela 2. Na terceira avaliação (agosto/2015), o sistema PMA_a também mostrou-se superior ($p < 0,05$) aos demais sistemas (Tabela 2) em relação aos teores C-BMS.

A VN, usada como referência da condição inicial do solo nesse estudo, apresentou o valor 15% e 6% menor na primeira e terceira coleta, respectivamente, que a do sistema PMA_a , para a avaliação do C-BMS, conforme apresentado na Tabela 2. Esperava-se que os maiores teores de C-BMS fossem encontrados na VN, pelo fornecimento constante de material orgânico mais susceptível à decomposição, conservando o solo coberto, com menor variação e níveis mais adequados de temperatura e umidade no solo (SANTOS et al., 2004; MERCANTE et al., 2008). Provavelmente, os altos valores no sistema PMA_a não indiquem que este sistema esteja em equilíbrio, mas provavelmente tal resultado deve-se à recente implantação deste sistema de recuperação (em 2014).

O teor de CO_2 liberada pela respiração dos microrganismos não foi influenciado pelos sistemas avaliados na primeira e terceira épocas coleta (dezembro/2014 e agosto/2015, respectivamente) (Tabela 2). Contudo, na avaliação realizada no mês de abril/2015, os maiores valores de C- CO_2 nas áreas em recuperação foi observado no sistema PMA_a em relação aos demais sistemas, conforme apresentado na Tabela 2. Apenas o sistema SAF_b não diferiu estatisticamente dos outros sistemas. Deve-se salientar que uma alta taxa de respiração pode ser interpretada como uma característica desejável, visto que a decomposição dos resíduos orgânicos irá disponibilizar nutrientes para as plantas (ROSCOE et al., 2006). Entretanto, também pode ser indicativo de estresse sobre a biomassa microbiana, pela perturbação no solo (MATIAS et al., 2009).

Os valores elevados de qCO_2 na primeira e terceira avaliação no SAF_a indicam maiores perdas de Carbono (C) no sistema, na forma de CO_2 por unidade de C microbiano, quando comparado aos demais sistemas (Tabela 2). O qCO_2 é um indicador de estresse microbiano, pois ele expressa a energia necessária à manutenção da atividade metabólica em relação à energia necessária para a síntese da própria biomassa (BARDGETT; SAGGAR, 1994). Neste contexto,

o SAFa na coleta de dezembro/2014 foi o sistema sob maior condição de estresse. Em agosto, apesar de não diferir de outros tratamentos houve uma tendência de maior valor neste sistema. O pisoteio do gado de uma pastagem próxima a essa área de recuperação e o consequente adensamento do solo antes da coleta do solo pode ter proporcionado um estresse nesse sistema, estimulando as populações de microrganismos de crescimento rápido a interromperem bruscamente a sua sucessão nos ecossistemas por ciclos naturais, gerando uma biomassa microbiana qualitativamente alterada e imatura, tendo em vista que o solo apresentara qualidade indesejável, ou seja, sob possíveis processos de compactação (BARETTA et al., 2005).

Na segunda avaliação, constatou-se no SAF_b um processo menos eficiente na utilização dos compostos orgânicos, liberando mais C na forma de CO₂ e incorporando menos C aos tecidos microbianos, quando comparado ao sistema PAM_c (Tabela 2). De acordo com Tótolá e Chaer (2002), baixos valores de qCO_2 refletem ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio e, ao contrário, valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a algum estresse ou distúrbio.

O $qMIC$ é um índice indicativo das transformações de interferência antrópica nos ecossistemas (INSAM; DOMSCH, 1988), propiciando indicações sobre a dinâmica da matéria orgânica, expressando a eficiência da biomassa microbiana em utilizar o carbono orgânico do solo (PRIMIERY, 2008). Os valores de $qMIC$ observados na primeira avaliação foi superior no sistema PAM_a, e mostrou-se similar entre os demais sistemas PAM_b e PAM_c, respectivamente (Tabela 2).

Estes resultados sugerem que o carbono orgânico está mais disponível para a biomassa microbiana, indicando uma tendência de que os teores de matéria orgânica do solo sejam incrementados ao longo do tempo nesse sistema com maior densidade (SAMPALIO et al., 2008). Conforme apresentado na tabela 2, na avaliação realizada no mês de abril/2015, os sistemas PAM_b e SAF_a foram superiores ($p < 0,05$) ao sistema PAM_a, porém diferiram estatisticamente do sistema PAM_c e SAF_b. Na terceira avaliação, os sistema PAM_b apresentou maiores valores ($p < 0,05$) quando comparado ao sistema PAM_a, entretanto não houve diferença significativa nos outros sistemas avaliados (Tabela 2).

De acordo com Anderson e Domsch, (1990), um maior $qMIC$ representa maior ciclagem de nutrientes e, portanto, menor acúmulo de carbono; enquanto que um menor $qMIC$ representa menor ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, maior acúmulo de carbono.

Os solos dos cinco sistemas avaliados foram superiores a 1% em todas as avaliações do $qMIC$, indicando possíveis aumentos de C, ao longo do tempo. Esses valores estão de acordo

com a porcentagem proposta por Jenkinson e Ladd (1981), que consideram normal que 1 a 4% do carbono total do solo expressando a eficiência da biomassa das alterações dos processos no solo. A exceção é o sistema PAM_a, que na segunda e terceira avaliações apresentou valor inferior a 1%, indicando que os baixos teores de *q*MIC podem ocorrer devido a microbiota encontrar-se sob algum fator de estresse, ou, como propõem Gama-Rodrigues et al. (2008), por causa da baixa qualidade nutricional da matéria orgânica, fazendo com o que a biomassa microbiana torne-se incapaz de utilizar integralmente o carbono orgânico total (LOPES et al., 2012).

Com relação à fauna epigeica, constatou-se 1889 indivíduos, divididos em 21 grupos no total, enquanto na primeira época de avaliação (verão), foram identificados 1229 indivíduos e 660 na segunda época (inverno), conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3. Densidade de indivíduos e riqueza da comunidade de fauna invertebrada epigeica em diferentes arranjos de espécies vegetais em duas épocas de avaliação, em Bonito, MS.

| Ordem | SistemasAvaliados | | | | | Total |
|------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|
| | PAM _a | SAF _a | PAM _b | SAF _b | PAM _c | |
| -----Primeira coleta (verão)----- | | | | | | |
| Araneae | 8 | 9 | 7 | 20 | 5 | 49 |
| Blatodea | 10 | 1 | 1 | 2 | 0 | 14 |
| Colembolla | 53 | 21 | 77 | 128 | 16 | 295 |
| Coleoptera | 26 | 1 | 34 | 12 | 4 | 77 |
| Dermaptera | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 5 |
| Diplopoda | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 4 |
| Diptera | 22 | 20 | 14 | 22 | 9 | 87 |
| Formicidae | 211 | 68 | 75 | 161 | 45 | 560 |
| Hemiptera | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Hymenoptera | 1 | 1 | 6 | 2 | 2 | 12 |
| Isoptera | 0 | 0 | 3 | 5 | 0 | 8 |
| L. coleoptera | 0 | 2 | 1 | 5 | 1 | 9 |
| L. Diptera | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 5 |
| Lepidoptera | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| Ninfa Orthoptera | 9 | 0 | 1 | 5 | 0 | 15 |
| Orthoptera | 21 | 5 | 19 | 17 | 11 | 73 |
| Oligoqueta | 0 | 5 | 0 | 0 | 1 | 6 |
| Psocoptera | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Scorpiones | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Total | 371 | 135 | 242 | 383 | 98 | 1229 |
| Densidade: | 8,6ab | 5,1c | 6,9b | 8,7a | 4,3c | |
| Riqueza: | 13 | 12 | 13 | 13 | 11 | |
| -----Segunda coleta (inverno)----- | | | | | | |
| Araneae | 9 | 9 | 10 | 9 | 12 | 49 |
| Blatodea | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| Colembolla | 37 | 63 | 20 | 13 | 14 | 147 |

| | | | | | | |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Coleoptera | 12 | 40 | 28 | 13 | 12 | 105 |
| Diplopoda | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Diptera | 11 | 15 | 14 | 9 | 11 | 60 |
| Formicidae | 68 | 52 | 18 | 42 | 35 | 215 |
| Hemiptera | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 6 |
| Homoptera | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| Hymenoptera | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 5 |
| Isoptera | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 5 |
| L. coleoptera | 1 | 3 | 6 | 2 | 2 | 14 |
| L. Diptera | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| Ninfa Orthoptera | 2 | 5 | 4 | 1 | 0 | 12 |
| Orthoptera | 12 | 0 | 6 | 3 | 0 | 21 |
| Oligoqueta | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 4 |
| Psocoptera | 0 | 1 | 0 | 5 | 1 | 7 |
| Symphyla | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Total | 158 | 193 | 115 | 103 | 91 | 660 |
| Densidade: | 4,9a | 6,1a | 4,7a | 4,5a | 4,2a | |
| Riqueza: | 11 | 12 | 12 | 14 | 10 | |

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Dados referentes ao total acumulado e às cinco repetições. Os valores foram transformados em $(x + 0,5)^{0,5}$. Plantio adensado de mudas (PAM_a, PAM_b e PAM_c), em sistema agroflorestais (SAF_a e SAF_b)

Na coleta de verão, o SAF_b apresentou valores superiores aos demais sistemas, porém não diferiu do sistema PAM_a quanto a densidade total de organismos da fauna epigeica (Tabela 3). Os maiores valores encontrados no SAF_b podem ser explicados pelo tempo de implantação do sistema agroflorestral, ou seja, em 2007. Provavelmente a maior diversidade da cobertura vegetal aumentou a quantidade de nichos e, em consequência, a diversidade desse componente da macrofauna. Notou-se que na segunda avaliação (inverno) não houve diferença estatística entre os sistemas avaliados ($p > 0,05$) e ocorreu a redução na densidade de organismos da fauna epígea nesses sistemas, conforme os resultados apresentados na Tabela 3. Possivelmente a redução dos organismos pode estar associada à menor precipitação ocorrida no mês de agosto de 2015 (Figura2).

Quanto à riqueza, verificou-se que houve uma queda no número de grupos nos sistemas de plantio adensado de mudas a, b e c no período de verão em relação ao inverno. Entretanto no SAF_a não houve essa redução, e no SAF_b ocorreu aumento de grupos da primeira avaliação para a segunda avaliação (Tabela 3).

Alguns grupos de invertebrados tendem a migrar das camadas superficiais, que apresentam maiores conteúdos de matéria orgânica do solo, quando essas evidenciam baixos conteúdos de água, para a camada mineral subsuperficial (BANDEIRA; HARADA, 1998;

SILVA et al., 2013). Esse comportamento observado nos SAFs representa, possivelmente, uma estratégia da fauna edáfica em buscar refúgio nas camadas mais internas no solo, visando suportar períodos desfavoráveis à sua sobrevivência (SILVA et al., 2013).

Os sistemas avaliados foram semelhantes quanto à composição (frequência relativa, FR) dos principais grupos da fauna epigeica, sendo encontrados 19 grupos na avaliação realizada no verão e 18 no período de inverno. Em ambas as épocas, os Collembola, Coleópteros, Dípteros e Formicidae ocorreram de forma dominante em todos os sistemas de recuperação e, juntos, representaram mais de 80% da FR total (Tabela 4).

Tabela 4. Frequência relativa de grupos taxonômicos da fauna invertebrada epigeica em arranjos de espécies vegetais recuperação em áreas sob recuperação, utilizando-se plantio adensado de mudas (PAM_a, PAM_b e PAM_c), em sistema agrofloretais (SAF_a e SAF_b) em Bonito, MS.

| Grupo | PAMa | SAFa | PAMb | SAFb | PAMc |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| -----%----- | | | | | |
| Primeira coleta (verão) | | | | | |
| Araneae | 2,2 | 6,7 | 3,0 | 5,2 | 5,1 |
| Blatodea | 2,7 | 0,7 | 0,4 | 0,5 | 0 |
| Colembolla | 14,3 | 15,6 | 32 | 33,4 | 16,3 |
| Coleoptera | 7,0 | 0,7 | 14 | 3,1 | 4,1 |
| Dermaptera | 0,8 | 0,0 | 0 | 0,5 | 0 |
| Diplopoda | 0,3 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 1,0 |
| Diptera | 5,9 | 14,8 | 5,8 | 5,7 | 9,2 |
| Formicidae | 56,9 | 50,4 | 31 | 42,0 | 45,9 |
| Hemiptera | 1,1 | 0,0 | 0 | 0 | 0 |
| Hymenoptera | 0,3 | 0,7 | 2,5 | 0,5 | 2,0 |
| Isoptera | 0 | 0,0 | 1,2 | 1,3 | 0 |
| L. coleoptera | 0 | 1,5 | 0,4 | 1,3 | 1,0 |
| L. Diptera | 0 | 0,0 | 0 | 0,5 | 3,1 |
| Lepidoptera | 0 | 0,0 | 0,8 | 0 | 0 |
| Ninfa Orthoptera | 2,4 | 0,0 | 0,4 | 1,3 | 0 |
| Orthoptera | 5,7 | 3,7 | 7,9 | 4,4 | 11,2 |
| Oligoqueta | 0 | 3,7 | 0 | 0 | 1,0 |
| Psocoptera | 0,5 | 0,7 | 0 | 0 | 0 |
| Scorpiones | 0 | 0,7 | 0 | 0 | 0 |
| Índice de Shannon | 2,4 | 2,2 | 2,4 | 2,5 | 2,2 |
| Segunda Coleta (inverno) | | | | | |
| Araneae | 5,7 | 4,7 | 8,7 | 8,7 | 13,2 |
| Blatodea | 0,0 | 0,5 | 0,9 | 1,0 | 0,0 |
| Colembolla | 23,4 | 32,6 | 17,4 | 12,6 | 15,4 |
| Coleoptera | 7,6 | 20,7 | 24,3 | 12,6 | 13,2 |
| Diplopoda | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Diptera | 7,0 | 7,8 | 12,2 | 8,7 | 12,1 |
| Formicidae | 43,0 | 26,9 | 15,7 | 40,8 | 38,5 |
| Hemiptera | 0,0 | 0,0 | 4,3 | 1,0 | 0,0 |
| Homoptera | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 1,0 | 0,0 |
| Hymenoptera | 1,9 | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 1,1 |
| Isoptera | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 1,9 | 1,1 |
| L. coleoptera | 0,6 | 1,6 | 5,2 | 1,9 | 2,2 |

| | | | | | |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| L. Diptera | 0,0 | 0,0 | 1,7 | 0,0 | 0,0 |
| Ninfa Orthoptera | 1,3 | 2,6 | 3,5 | 1,0 | 0,0 |
| Orthoptera | 7,6 | 0,0 | 5,2 | 2,9 | 0,0 |
| Oligoqueta | 0,0 | 0,5 | 0,9 | 0,0 | 2,2 |
| Psocoptera | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 4,9 | 1,1 |
| Symphyla | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Índice de Shannon | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 2,1 |

⁽¹⁾Exceto Formicidae.

Observou-se a predominância do Grupo Formicidae na primeira e segunda avaliação dos sistemas (Tabela 4). A maior FR deste grupo de organismos, na primeira coleta, foi de 56% no sistema PAM_a, seguido do SAF_a, 50,4%. Verificou-se novamente, na segunda coleta, a predominância do grupo Formicidae nos cinco sistemas avaliados, com maior FR aferida nos sistemas PAM_a (43%), seguido pelo SAF_b (40,8%) e a menor FR ocorreu no sistema PAM_b (15,7%) (Tabela 4). O grupo Formicidae obteve maior FR em sistemas implementados recentemente, provavelmente por serem muito agressivas em recolonizar áreas impactadas devido a sua ampla utilização de recursos orgânicos (BENITO et al., 2004) são insetos bioindicadores de ambientes impactados, relacionados especialmente com ambientes em recuperação (BARETTA et al., 2006),

Também constatou-se que indivíduos do grupo Collembola aparecem com grande FR nas duas avaliações em todos os sistemas (Tabela 4). O grupo Collembola foi o segundo de maior abundância observada nos SAF_b (33,4%) e PAM_b (32%) na primeira coleta (Tabela 4). Na segunda o grupo Collembola, os sistemas com maior FR aferida foi no SAF_b e (32,6%) e PAM_a (23,4%) conforme apresentado na Tabela 4. Collembola possui ampla distribuição e abundância no solo; sua ocorrência pode ser influenciada por fatores externos como umidade, quantidade de matéria orgânica e ação antrópica (CARVALHO, 2014). Por isso, a dominância desse grupo nos SAF_b, pode estar relacionada com a formação de um hábitat com umidade e temperatura favoráveis, além de fornecer alimentação e proteção, no que se refere às intempéries climáticas (GUIMARÃES et al., 2015).

Na avaliação realizada no período de verão, o grupo composto por dípteras ocorreu com maior frequência no SAF_a (14,87%) e a menor no SAF_b (5,7%), entretanto no inverno a maior FR deste grupo foi 12,2% no sistema PAM_b, enquanto 7,0% representa a menor FR no sistema PAM_a, de acordo com a Tabela 4. Certamente os sistemas com maior FR de Dípteras (SAF_a e PAM_b) pode ser em função de fatores favoráveis como camada de serapilheira e umidade além de ser um importante local para reprodução desse grupo (OLIVEIRA FILHO et al., 2014). Ressaltando que os indivíduos deste grupo são comuns e abundantes em diferentes ambientes e

podem causar danos às plantas cultivadas, pois algumas larvas se alimentam de tecido vegetal (BORROR; DE LONG, 1969; PORTILHO et al., 2011), além de serem predadores ou parasitas de diversos insetos nocivos e auxiliarem na polinização. Os Coleópteros estão envolvidos em importantes processos ecológicos tais como a decomposição, ciclagem de nutrientes, polinização, dispersão e predação de sementes, além da regulação de populações de plantas e animais (DIDHAM et al., 1996; SPEIGHT et al., 1999). Na primeira amostragem (verão), o total da FR foi de 5,78% para esse grupo no sistema PAM_a (7,0%), representando a maior abundância (Tabela 4). Entretanto na avaliação de inverno houve aumento na FR do grupo Coleóptera correspondendo a 15,68% da FR total, sendo que no sistema PAM_b foi encontrado a maior abundância (24,3%) (Tabela 4). A FR desse grupo foi maior nos sistemas PAM (a e b) onde há um maior número de indivíduos arbóreos e arbustivos plantados. A flutuação das populações de Coleópteros ao longo das estações do ano pode ser atribuída a capacidade de cada espécie explorar nichos tróficos específicos (FRENCH; ELLIOT, 1999 ; ROSA et al., 2015)

O mesmo processo ocorreu com o grupo Araneae, uma vez que na primeira amostragem (verão) apresentou menor FR 4% do total, enquanto na segunda (inverno), constatou-se 8,2% (Tabela 4). O grupo Araneae atua como predadores na cadeia trófica e podem atuar no controle biológico de pragas nos agroecossistemas (BRITO et al., 2016). Deve se salientar que não são somente os fatores climáticos os responsáveis pela abundância das espécies, mas também a qualidade dos recursos disponíveis pode provocar mudanças sazonais. A quantidade de seres vivos que pode existir em um solo também é determinada pela quantidade de alimento existente naquele local (GIRACCA et al., 2003), sendo que, provavelmente, a variação da FR em alguns grupos de uma época para outra pode ter ocorrido por esse motivo.

Os cinco sistemas avaliados apresentaram uma pequena variação quanto ao índice de Shannon (H') (Tabela 4), provavelmente associada à dominância dos grupos Collembola e Formicidae, pois o domínio de uma ou poucas espécies acarreta redução do H' , o que é indicativo de menor diversidade nos sistemas avaliados (SILVA et al., 2013).

Na análise dos componentes principais (ACP), a ordenação dos dados no biplot (Figura 3), com sistemas sob recuperação em duas épocas diferentes, a biomassa microbiana do solo e índices derivados, explicou 87,24% da variabilidade original, onde CP1 e CP2 retiveram 67,59% e 19,65%, respectivamente, das informações originais dos dados.

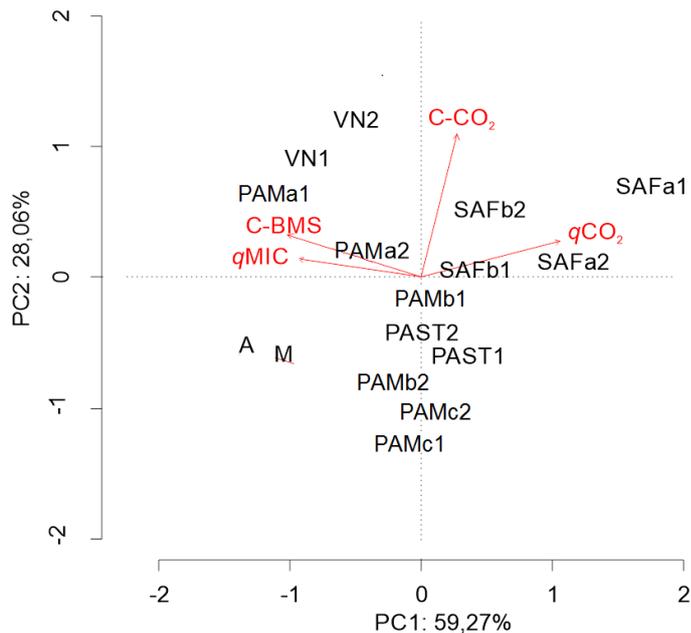


Figura 3.

Biplot dos atributos microbiológicos nos diferentes sistemas de recuperação do solo, em duas épocas de avaliação. CP1 e CP2 correspondem aos componentes principais. Plantio adensado de mudas, (PAMa, PAMb e PAMc) e sistemas agroflorestais (SAFa e SAFb). *1 = verão, 2 = inverno.

Entre os sistemas de recuperação, os PAMs apresentaram tendência próxima à observada para VN. Os PAMs se agruparam com a maioria dos parâmetros do C-BMS e *qMIC* relacionados à biomassa microbiana do solo, em ambas as épocas, demonstrando serem ambientes mais favoráveis à comunidade microbiana (Figura 3). Estes resultados corroboram a afirmativa de maior equilíbrio e diversidade de fatores nos ecossistemas naturais, podendo atenuar impactos negativos no solo nestes ambientes (PAREDES JÚNIOR; PORTILHO; MERCANTE, 2015).

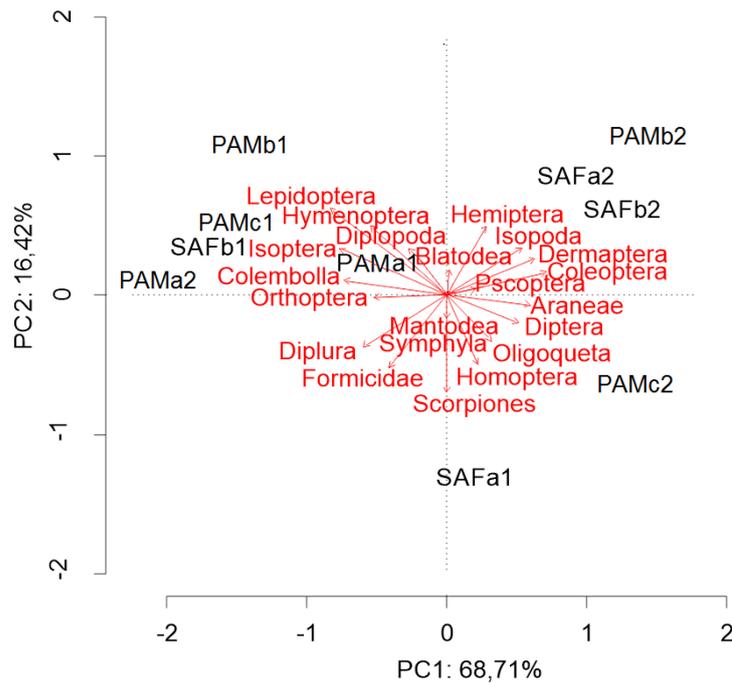


Figura 4: Biplot da fauna epigeica e dos diferentes arranjos de espécies arbóreas para recuperação de áreas degradadas, em duas épocas de avaliação. CP1 e CP2 correspondem aos componentes principais. Plantio adensado de mudas (PAMa, PAMb e PAMc) e sistemas agroflorestais (SAFa e SAFb). *1 = verão, 2 = inverno.

No entanto, os SAFs se agruparam em relação aos atributos C-CO₂ e qCO₂, principalmente o sistema SAFa, mostrando que este sistema apresenta condições ambientais estressantes para as comunidades biológicas do solo, conforme resultados apresentados na Figura 4.

Os diferentes sistemas de recuperação de áreas degradadas e fauna epigeica, apresentaram a soma da variabilidade retida nos componentes, explicando 85,13% da variabilidade original, onde CP1 e CP2 retiveram 68,71% e 16,42%, respectivamente, das informações originais dos dados (Figura 4). As épocas de avaliação (verão e inverno) influenciaram o agrupamento da fauna invertebrada do solo nos diferentes sistemas de recuperação, conforme indicado pelos diferentes grupos formados (Figura 4).

Os sistema PAM_{a1,b1,c1} e SAF_{b1}, no período chuvoso, agruparam-se com organismos da fauna invertebrada do solo mais sensíveis à umidade, destacando-se os colêmbolas, pois a umidade tem grande influência na distribuição destes organismos, que são extremamente sensíveis, o que permite que manifestem rapidamente as consequências às variações ambientais em suas populações (COLEMAN; HENDRIX, 2000). O grupo Orthoptera também frequenta

ambientes úmidos, especialmente após as chuvas (KEY, 1979), sendo a umidade uma condição essencial para sua sobrevivência. Portanto, a presença desses grupos nos sistemas estudados, pode estar relacionada com a formação de um habitat e temperatura favoráveis à comunidade, além de fornecer alimentação e proteção, no que se refere às intempéries climáticas (GUIMARÃES et al., 2015).

No período de seca, os SAF_{a2, b2} e PMA_{b2}, agruparam-se com organismos da fauna epigeica, que apresentam como uma das suas características por serem detritívoros, ou seja, degradam a serapilheira (Figura 4). Em relação aos transformadores da serapilheira (Dermaptera, Isopoda e Psocoptera), estes grupos de organismos foram atraídos, provavelmente, pela quantidade de material orgânico encontrado na superfície do solo dos sistemas sob recuperação.

Já os Sistemas PAM_{c2} e SAF_{a1} agruparam-se uma em decorrência de uma maior quantidade de predadores representados pelos grupos Araneae, Diptera, Mantodea e Scorpiones (Figura 4).. Os predadores são bons indicadores de qualidade biológica, pois, por estarem numa posição mais acima da cadeia alimentar, se faz necessária toda uma estrutura abaixo de sua posição, requerendo no mínimo uma espécie presa e um determinado alimento para sustentar essa presa. A abundância de predadores pode ser alterada pelo tipo de manejo, o que sugere que a maior diversidade nestes sistemas sob recuperação sustentou esses grupos.

4. CONCLUSÕES

- A biomassa microbiana do solo, por corresponder às modificações causadas pelos diferentes sistemas de recuperação de áreas degradadas, pode ser considerada um bioindicador em potencial para avaliação da qualidade de solo;
- Plantios adensados de mudas de espécies arbóreas e sistemas agroflorestais biodiversos favorecem a microbiota do solo, pois ocorre o acréscimo contínuo do carbono orgânico, beneficiando a manutenção da comunidade de microrganismos do solo;
- A fauna invertebrada epigeica mostrou-se como um indicador eficaz para identificar a qualidade do solo;
- A abundância da fauna epigeica foi influenciada no verão e inverno nos cinco sistemas avaliados;
- Sistemas com maior diversidade de espécies arbóreas promovem maiores estímulo à comunidade da fauna invertebrada epigeica que sistemas menos diversificados.

-Referências bibliográficas

- ALTIERI, M. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592p.
- 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 manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, p. 341-347, 2011.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Application of eco-physiological quotients qCO_2 and qD on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 22, p. 251-255, 1990.
- ANDRADE, A. G.; FREITAS, P. L.; LANDERS, J. Aspectos Gerais Sobre o Manejo e Conservação do Solo e da Água e as Mudanças Ambientais. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. **Manejo e Conservação do Solo e da Água no Contexto das Mudanças Ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 25-40.
- 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.91-97, 2008.
- BANDEIRA, A. G.; HARADA, A.Y. Densidade e distribuição vertical de macroinvertebrados em solos Argilosos e Arenosos na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v.28, p.191-204, 1998.
- BARDGETT, R. D.; SAGGAR, S. Effect of heavy metal contamination on the short-term decomposition of labeled (^{14}C) glucose in a pasture soil. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 26, p. 727-733, 1994.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; FIGUEIREDO, S. R.; KLAUBERG-FILHO. O.Efeito do monocultivo de Pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.29, p.715-724, 2005.
- BARETTA, D.; MAFRA, A.L.; SANTOS, J.C.P.; AMARANTE, C.V.T. do; BERTOL, I. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1675-1679, 2006.
- BATISH, D. R.; KOHLI, R. K.; JOSE, S.; SINGH, H. P. **Ecological basis of agroforestry**. Boca Raton: CRC Press, 2008.
- BENITO, N.P.; BROSSARD, M.; PASINI, A.; GUIMARAES, M.F.; BOBILLIER, B. Transformations of soil macroinvertebrate populations after native vegetation conversion to pasture cultivation (Brazilian Cerrado). **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 40, p. 147-154, 2004.
- BORROR, D. J.; DELONG, D. M. **Introdução ao estudo dos insetos**. São Paulo: Edgard Blucher, 1969. 653p.
- BRITO, M. F.; TSUJIGUSHI, B. P.; OTSUBO, A. A.; SILVA, R. F.; MERCANTE, F.M. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.3, p.253-260, 2016
- CARVALHO, T.A.F. **Mesofauna (Acari e Collembola) em solo sob cafeeiro e leguminosas arbóreas**. 2004, 71 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2014.
- CHAER, G.M. Monitoramento de áreas recuperadas ou em recuperação. In: BALIEIRO, F.C.; TAVARES, S.R.L. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da ciência do solo no contexto do**

diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação: dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008.228p.

COLEMAN, D. C.; HENDRIX, P. F. Invertebrates as webmasters in ecosystems. **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, v. 34, p. 157-165, 2000.

DIDHAM, R. K.; GHAZOUL, J.; STORK, N. E.; DAVIS, A. J. Insects in fragmented forests: a functional approach. **TREE**, v.11, p.255-260, 1996.

ELLIOTT, E.T. Rationale for developing bioindicators of soil health. In: PANKHURST, C; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R. (eds.). **Biological indicators of soil health**. New York: CAB International, 1997. p. 49-78.

FRENCH, B. W, ELLIOTT, N. C. Temporal and spatial distribution of ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages in grasslands and adjacent wheat fields. **Pedobiologia**, v.43, p.73-84. 1999.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; PAULINO, G. M.; FRANCO, A.A. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.32, p.1521-1530, 2008.

GIRACCA, E. M. N.; ANTONIOLLI, Z.I.; ELTZ, F. L. F.; BENEDETTI, E.; LASTA, E.; VENTURINI, S. F.; VENTURINI, E. F.; BENEDETTI, T. Levantamento da meso e macrofauna do solo na microbacia do Arroio Lino, Agudo/RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 3, p. 257-261, 2003.

GONÇALVES, A. O.; PEREIRA, N. R.; COSTA, L. L. da. **Caracterização climática e aptidão das culturas anuais e perenes no zoneamento pedoclimático do estado do Mato Grosso do Sul - 1ª fase**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 52 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, p. 280-288, 2015.

HILL, T.; LEWICKI, P. **Statistics methods and applications**. Tulsa: StatSoft, 2007.

INSAM, H.; DOMSCH, K. H. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. **Microbial Ecology**, Oxford, v.15, p.177-188, 1988.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.M. (eds). **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.5, p.415-471, 1981.

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

JONES, C.G.; LAWTON, J.H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, Compenhagem v.69 p. 373-386, 1994.

KEY, K. H. L. Orthoptera. In: WATERHOUSE, D.F (ed). **The insects of Australia**. Carlton, Victoria: Melbourne University Press, 1979.p.321-347.

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

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

LOPES, H. S. S.; MEDEIROS, M. G.; SILVA, J. R.; JÚNIOR MEDEIROS, A.; SANTOS, M. N.; BATISTA, R. O. Biomassa microbiana e matéria orgânica em solo de Caatinga, cultivado com melão na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ceres**, v.59, p.565-570, 2012.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. London: Croom Helm, 1988. 179p.

MARTINS, T. P.; RANIERI, V. P. M. Sistemas agrofloreais como alternativa para as reservas legais. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 17, p. 79-96, 2014.

MATIAS, M. C. B. S.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. C.; ARAUJO, A. S. F. Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Estado do Piauí. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.31, p.517-521, 2009.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e a atividade enzimática em solos perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.27, p.425-433, 2003.

MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. F. Cultivo do café em sistema agrofloreais: uma opção para recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 375-383, 2001.

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, v.34, p.479- 485, 2008.

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

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

OLIVEIRA FILHO L. C. I.; BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P. Influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Lauro Müller, Santa Catarina, Brasil. **Revista Biotemas**, v.27, p.69-77, 2014.

PANKHURST, C.E.; HAWKE, B.G.; MACDONALD, H.J.; KIRKBY, C.A.; BUCKERFIELD, J. C.; MICHELSEN, P. Evaluation of soil biological properties as potential bioindicators of soil health. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 35, n. 7, p. 1015-1028, 1995.

PAREDES-JÚNIOR, F. P. P.; PORTILHO, I. I. R.; MERCANTE, F. M. Atributos microbiológicos de um latossolo sob cultivo de cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 151-164, 2015.

PEZARICO, C.R.; VITORINO, A.C. T.; MERCANTE, F. M, DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agrofloreais. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v.56, p. 40-47, 2013.

PORTILHO, I. I. R.; CREPALDI, R. A.; BORGES, C. D.; SILVA, R.F. da; SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, p.1310-1320, 2011.

PRIMIERY, S. **O impacto da mudança no uso do solo sobre o sequestro de carbono e seus atributos microbiológicos**. 2008. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ROSA, M. G.; FILHO, O. K.; BARTZ, M. L. C.; MAFRA, L. A.; SOUZA, J. P. F. A.; BARETTA, D. Macrofauna Edáfica e Atributos Físicos e Químicos em Sistemas de Uso do Solo no Planalto Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39, p.1544-1553, 2015

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

SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, p.353-359, 2008.

SANTOS, V. B.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; SILVA, D. I. G.; Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n.3, p. 333-338, 2004.

SILVA, C.F. da; MARTINS, M.A.; SILVA, E.M.R. da; PEREIRA, M.G.; CORREIA, M.E.F. Influência do sistema de plantio sobre atributos dendrométricos e fauna edáfica em área degradada pela extração de argila. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.37, p.1742-1751, 2013.

SILVA, C. F.; PEREIRA, G. H. A.; PEREIRA, M. G.; SILVA, A. N. Fauna edáfica em área periodicamente inundável na restinga da Marambaia, RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 37, p.587-595, 2013.

SOUZA, A. P. de S. B. E. **Monitoramento do efeito residual da degradação e bioindicadores da recuperação do solo**. 2010. 123p. Dissertação (Mestrado em ????) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2010.

SPEIGHT, M. R.; HUNTER, M. D.; WATT, A. D. **Ecology of Insects: Concepts and Applications**. Blackwell Science, 1999. 350p

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p.195-276.

UMRANI, R.; JAIN, C. K. **Agroforestry Systems and Practices**. Jaipur: Oxford Book Company, 2010.

VANCE, E. D.; BROOKS, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.19, n.6, p.703-707, 1987.

APÊNDICES

Tabela 1. Espécies arbóreas e arbustivas e as respectivas quantidades em sistema agroflorestal intermediário, sistema agroflorestal adensado e sistema agroflorestal aberto, em Bonito, MS.

| Família | Nome científico | Nome Popular | SAF intermediário | SAF Adensado | SAF Aberto |
|----------------|---|---------------------|--------------------------|---------------------|-------------------|
| Arecaceae | <i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart. | Macaúba | 11 | 2 | 1 |
| Fabaceae | <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm. | Amburana | 2 | 1 | 2 |
| Anacardiaceae | <i>Anacardium occidentale</i> L. | Caju | 6 | 9 | 6 |
| Fabaceae | <i>Anadenanthera falcata</i> (Benth) Speg. | Angico-do-cerrado | | 2 | |
| Fabaceae | <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan | Angico-branco | | 12 | 13 |
| Annonaceae | <i>Annona cacans</i> Warm. | Araticum-cagão | 2 | 1 | 2 |
| Annonaceae | <i>Annona muricata</i> L. | Graviola | | | 1 |
| Annonaceae | <i>Annona squamosa</i> L. | Fruta-do-conde | 1 | | |
| Annonaceae | <i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil. | Biribá | | 6 | |
| Moraceae | <i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam. | Jaca | 1 | 2 | |
| Apocynaceae | <i>Aspidosperma cuspa</i> (Kunth) S.F. Blake ex Pitt. | Peroba | 6 | 4 | 35 |
| Anacardiaceae | <i>Astronium graveolens</i> Jacq. | Guaritá | | 5 | |
| Arecaceae | <i>Attalea phalerata</i> Mart. ex Spreng. | Bacuri | 3 | 1 | |
| Oxalidaceae | <i>Averrhoa carambola</i> L. | Carambola | 2 | 1 | |
| Sapindaceae | <i>Averrhoidium paraguayense</i> Radlk. | Maria-preta | | | 1 |
| Meliaceae | <i>Azadirachta indica</i> A.Juss. | Nim | 1 | 5 | |
| Fabaceae | <i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud. | Pata-de-vaca | 1 | | 3 |
| Bixaceae | <i>Bixa orellana</i> L. | Colorau | | 1 | 25 |
| Fabaceae | <i>Cajanus cajan</i> (L.) Huth | Feijão-guandu | 1 | 2 | 2 |
| Solanaceae | <i>Capsicum baccatum</i> L. | Pimenta-vermelha | | 3 | |
| Caricaceae | <i>Carica papaya</i> L. | Mamão | 5 | 2 | |
| Salicaceae | <i>Casearia rupestris</i> Eichler | Guaçatunga-grande | 10 | 9 | |
| Salicaceae | <i>Casearia sylvestris</i> Sw. | Guaçatunga | | 17 | |
| Urticaceae | <i>Cecropia pachystachya</i> Trécul | Embaúba | 3 | | 2 |
| Meliaceae | <i>Cedrela fissilis</i> Vell. | Cedro | 3 | 3 | 1 |
| Cannabaceae | <i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg. | Joá-mirim | 2 | | |
| Cactaceae | <i>Cereus hildmannianus</i> K.Schum. | Mandacarú | | 1 | |
| Solanaceae | <i>Cestrum strigilatum</i> Ruiz & Pav. | Anilão | 1 | | |
| Verbenaceae | <i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham. | Pau-viola | | 1 | |
| Rutaceae | <i>Citrus × latifolia</i> Tanaka ex Q. Jiménez | Limão-taiti | 1 | 5 | |
| Rutaceae | <i>Citrus × limonia</i> (L.) Osbeck | Limão-rosa | 2 | | 1 |
| Rutaceae | <i>Citrus aurantium</i> L. | Laranja-azedada | | 6 | |
| Rutaceae | <i>Citrus deliciosa</i> Ten. | Mexirica | 2 | | |
| Rutaceae | <i>Citrus reticulata</i> Blanco | Pokã | 7 | 4 | 6 |
| Rutaceae | <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck | Laranja-pera | 6 | 7 | 7 |

| | | | | | |
|------------------|--|--------------------|----|----|----|
| Arecaceae | <i>Cocos nucifera</i> L. | Coco-gigante | 28 | 1 | |
| Arecaceae | <i>Cocos nucifera</i> var. <i>nana</i> Griff. | Coco-anão | | 1 | |
| Rubiaceae | <i>Coffea arabica</i> L. | Café | 2 | 1 | 4 |
| Fabaceae | <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. | Pau-d'óleo | | 8 | |
| Boraginaceae | <i>Cordia sellowiana</i> Cham. | Capitão-do-campo | | 11 | |
| Boraginaceae | <i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud. | Louro-pardo | | 1 | |
| Sapindaceae | <i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk. | Maria-mole | | 1 | |
| Ebenaceae | <i>Diospyros inconstans</i> Jacq. | Marmelinho-do-mato | 2 | | 1 |
| Ebenaceae | <i>Diospyros kaki</i> Thunb. | Caqui | | | 1 |
| Fabaceae | <i>Dipteryx alata</i> Vogel | Baru | 2 | | 4 |
| Fabaceae | <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong | Tamboril | 1 | | |
| Fabaceae | <i>Erythrina variegata</i> L. | Brasileirinho | | 1 | |
| Myrtaceae | <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. | Eucalypto | 6 | 9 | |
| Myrtaceae | <i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC. | Cagaita | 1 | 4 | |
| Myrtaceae | <i>Eugenia florida</i> L. | Jamelão-do-campo | | 2 | 5 |
| Moraceae | <i>Ficus benjamina</i> L. | Figueira-benjaminæ | 1 | | |
| Moraceae | <i>Ficus carica</i> L. | Figo | 1 | | |
| Rubiaceae | <i>Genipa americana</i> L. | Jenipapo | 10 | 12 | |
| Meliaceae | <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer | Marinheiro | 1 | | |
| Malvaceae | <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. | Mutambo | 4 | 10 | |
| Fabaceae | <i>Guibourtia hymenaeifolia</i> (Moric.) J.Léonard | Falso-jatobá | | 5 | |
| Asteraceae | <i>Gymnanthemum amygdalinum</i> (Delile) Sch.Bi ex Walp. | Caferana | | | 1 |
| Bignoniaceae | <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A. DC Mattos | Ipê-amarelo | 1 | 2 | |
| Bignoniaceae | <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos | Ipê-roxo | 1 | | |
| Bignoniaceae | <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC Mattos | Ipê-rosa | 3 | 4 | 13 |
| Rhamnaceae | <i>Hovenia dulcis</i> Thunb. | Uva-japonesa | | | 1 |
| Fabaceae | <i>Inga cylindrica</i> (Vell.) Mart. | Ingá-feijão | | 1 | |
| Fabaceae | <i>Inga uruguensis</i> Hook. & Arn. | Ingá-do-brejo | 8 | 1 | |
| Bignoniaceae | <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. | Caroba | | 1 | |
| Caricaceae | <i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC. | Jaracatia | | 7 | 1 |
| Euphorbiaceae | <i>Jatropha curcas</i> L. | Pinhão-manso | | 2 | |
| Fabaceae | <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit | Leucena | 1 | | 3 |
| Chrysobalanaceae | <i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch | Oiti | | 1 | |
| Moraceae | <i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud. | Amora-brava | | 1 | |
| Sapindaceae | <i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil. | Timbó | | 1 | |
| Malpighiaceae | <i>Malpighia emarginata</i> DC. | Acerola | 3 | 1 | |

| | | | | | |
|---------------|---|----------------------|----|----|----|
| Anacardiaceae | <i>Mangifera indica</i> L. | Manga | 11 | 7 | 6 |
| Sapindaceae | <i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk. | Camboatá-branco | | 2 | |
| Sapindaceae | <i>Melicoccus lepidopetalus</i> Radlk. | Água-pomba | | 1 | |
| Moraceae | <i>Morus nigra</i> L. | Amora | 9 | 7 | |
| Rutaceae | <i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack | Murta | | 2 | |
| Musaceae | <i>Musa paradisiaca</i> L. | Banana | 8 | 10 | 84 |
| Anacardiaceae | <i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão | Aroeira-verdadeira | 6 | 1 | |
| Primulaceae | <i>Myrsine umbellata</i> Mart. | Capororoca | 4 | 3 | 17 |
| Cactaceae | <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill. | Palma | | 1 | |
| Fabaceae | <i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan | Angico-da-mata | 1 | 1 | |
| Fabaceae | <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub. | Canafístula | 4 | 39 | 1 |
| Lauraceae | <i>Persea americana</i> Mill. | Abacate | 3 | 3 | 2 |
| Myrtaceae | <i>Plinia cauliflora</i> (Mart.) Kausel | Jaboticaba | 3 | 5 | 1 |
| Burseraceae | <i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand | Breu | | 1 | |
| Rosaceae | <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch | Pêssego | 5 | 2 | 2 |
| Myrtaceae | <i>Psidium guajava</i> L. | Goiaba | 26 | 8 | 9 |
| Fabaceae | <i>Pterogyne nitens</i> Tul. | Amendoim-bravo | 7 | | |
| Lythraceae | <i>Punica granatum</i> L. | Romã | 2 | | |
| Rhamnaceae | <i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek | Saraguaji/cabriteiro | 2 | 6 | |
| Euphorbiaceae | <i>Ricinus communis</i> L. | Mamona | | 3 | |
| Celastraceae | <i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G.Don | Siputá/saputá | 3 | | |
| Fabaceae | <i>Samanea tubulosa</i> | Sete-cascas | | 3 | |
| Sapindaceae | <i>Sapindus saponaria</i> L. | Saboneteira | 1 | | |
| Araliaceae | <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al. | Mandiocão | 1 | 3 | |
| Anacardiaceae | <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi | Aroeira-pimenteira | | 1 | |
| Solanaceae | <i>Solanum paniculatum</i> L. | Jurubeba | 1 | | |
| Anacardiaceae | <i>Spondias mombin</i> L. | Cajá-mirim | 2 | 1 | 6 |
| Anacardiaceae | <i>Spondias purpurea</i> L. | Seriguela | 1 | | |
| Anacardiaceae | <i>Spondias tuberosa</i> Arruda | Umbú | | 4 | |
| Malvaceae | <i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin | Chichá | 3 | 2 | |
| Arecaceae | <i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc. | Guariroba | 10 | | |
| Myrtaceae | <i>Syzygium jambolanum</i> (Lam.) DC. | Jamelão | 3 | 1 | |
| Bignoniaceae | <i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith | Ipê-branco | 1 | 2 | |
| Sapindaceae | <i>Talisia esculenta</i> (A. St.-Hil.) Radlk. | Pitomba | 4 | 3 | 2 |
| Fabaceae | <i>Tamarindus indica</i> L. | Tamarindo | 1 | 1 | 2 |
| Anacardiaceae | <i>Tapirira guianensis</i> Aubl. | Peito-de-pomba | 1 | | |

| | | | | | |
|--------------------------|--|------------------|------------|------------|------------|
| Combretaceae | <i>Terminalia argentea</i> Mart. | Capitão-do-campo | | 7 | |
| Asteraceae | <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A.Gray | Flor-da-amazônia | | 1 | |
| Cannabaceae | <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume | Candiúva | | 1 | 1 |
| Meliaceae | <i>Trichilia pallida</i> Sw | Baga-de-morcego | | 1 | |
| Meliaceae | <i>Trichilia silvatica</i> C.DC. | Catiguá-branco | 1 | 1 | |
| Asteraceae | <i>Vernonanthura ferruginea</i> (Less.) H.Rob. | Assa-peixe | | 1 | |
| Lamiaceae | <i>Vitex cymosa</i> Bertero ex Spreng. | Tarumã | | 1 | |
| Rutaceae | <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam. | Mamica-de-Porca | 2 | 7 | |
| Rutaceae | <i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl. | Mamica-de-Cadela | 2 | 5 | 1 |
| Total de espécies | | | 283 | 349 | 276 |

Fonte: Nascimento (2015).

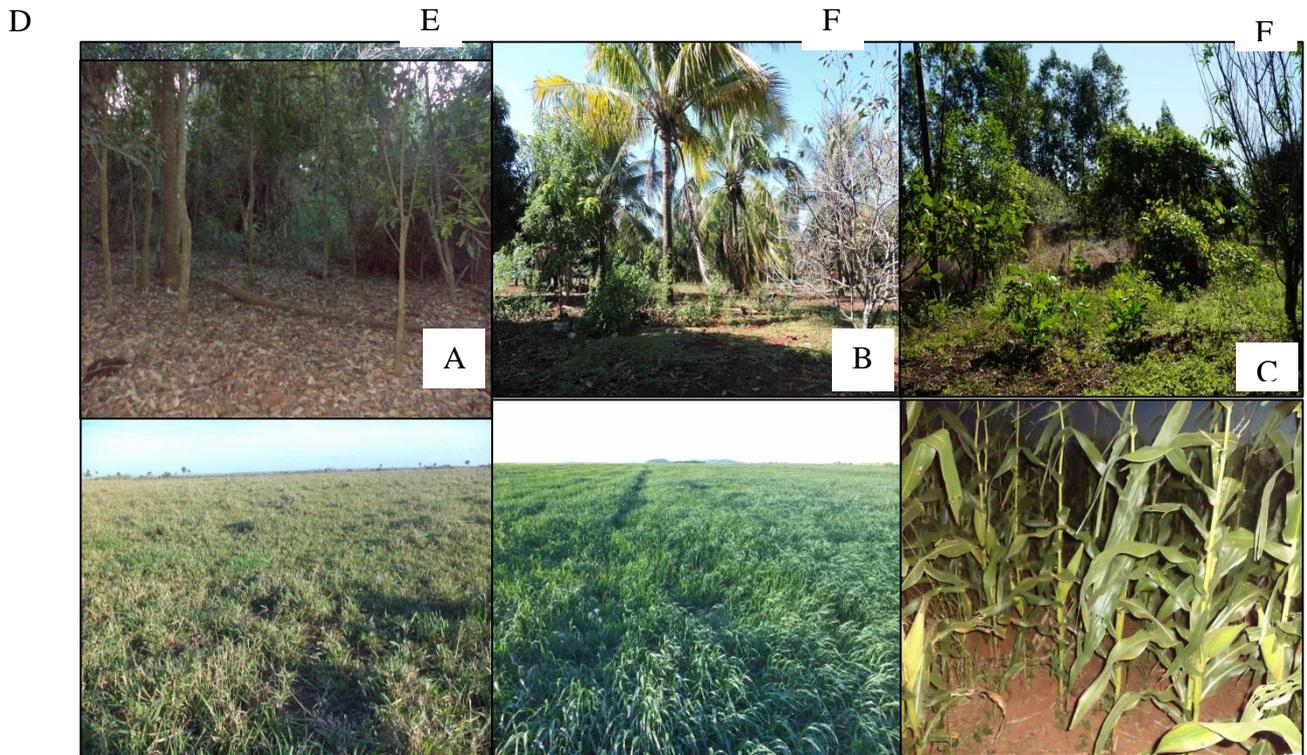


Figura 1. Sistema Agroflorestal Adensado (A), Sistema Agroflorestal Intermediário (B), Sistema Agroflorestal Aberto (C) manejo sob Plantio Convencional (D), manejo em Semeadura Direta (E), Pastagem (F), e a Vegetação Nativa (G) representada pela Floresta Estacional Semidecidual, em Bonito, MS.

Tabela 2. Arranjos de espécies arbóreas e arbustivas para fins de recuperação de áreas degradadas, em plantios adensados de mudas (PAM_a, PAM_b e PAM_c), em sistemas agroflorestais (SAF_a e SAF_b), em Bonito, MS.

| Família | Nome científico | Nome Popular | PAM _a | SAF _a | PAM _b | SAF _b | PAM _c |
|---------------|---|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Fabaceae | <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan | Angico | | | X | | |
| Mimosaceae | <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan | Angico- vermelho | | X | | | |
| Apocynaceae | <i>Aspidosperma polyneuron</i> M. Arg. | Peroba-rosa | | | X | X | |
| Apocynaceae | <i>Aspidosperma ramiflorum</i> Müll. | Guatambu | | | X | X | |
| Anarcadiaceae | <i>Astronium fraxinifolium</i> Schott | Gonçalo | | X | X | X | |
| Sapindaceae | <i>Averrhoidium paraguayense</i> Radlk. | Maria Preta | X | | | | |
| Urticaceae | <i>Cecropia pachystachya</i> Trécul | Embaúba | X | X | X | X | X |
| Meliaceae | <i>Cedrela fissilis</i> Vell. | Cedro | X | X | | | |
| Meliaceae | <i>Cedrela odorata</i> | Cedro do brejo | | | X | X | |
| Malvaceae | <i>Chorisia speciosa</i> A. St.-Hil | Paineira | | X | | | X |
| Sapotaceae | <i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engl. | Aguai | | | | | X |
| Verbenaceae | <i>Citharexylum myrianthum</i> Cham. | Tucaneiro | X | | | | |
| Boraginaceae | <i>Cordia glabrata</i> (Mart.) A.DC. | Louro-preto | | | X | X | |
| Fabaceae | <i>Dipteryx alata</i> Vogel | Cumbaru | | X | | | |
| Fabaceae | <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong | Ximbaúva | | X | X | X | |

| | | | | | | | | |
|-------------------------|--|-----------------|---|---|---|---|---|---|
| Myrtaceae | <i>Eugenia involucrata</i> | Cerejeira | | | | | | X |
| Myrtaceae | <i>Eugenia uniflora</i> L | Pitangueira | | X | | | | X |
| Moraceae | <i>Ficus benjamina</i> L. | Figueira | X | X | X | X | X | X |
| Nyctaginaceae | <i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz | Maria-faceira | | | | | | X |
| Fabaceae | <i>Guibourtia hymenaeifolia</i> (Moric.) J.Léonard | Jatobá- mirim | | X | X | X | X | X |
| Bignoniaceae | <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A. DC.) Mattos | Ipê Amarelo | X | X | X | X | X | X |
| Rutaceae | <i>Helietta apiculata</i> Benth | Canela de Cutia | X | | | | | |
| Leguminosae-Mimosoideae | <i>Inga cylindrica</i> (Vell.) Mart. | Ingá | X | X | X | | | X |
| Bignoniaceae | <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. | Jacarandá | | | X | X | | |
| Bignoniaceae | <i>Jacaranda macrantha</i> | Caroba | X | X | | | | X |
| Caricaceae | <i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC. | Jaracatiá | X | X | | | | |
| Fabaceae | <i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. ex Benth. | Rabo-de-bugio | | | X | X | | |
| Moraceae | <i>Morus nigra</i> | Amoeira | | | X | | | |
| Anacardiaceae | <i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão | Aroeira | X | X | X | X | X | X |
| Primulaceae | <i>Myrsine umbellata</i> Mart | Pororoca | X | X | | | | |
| Leguminosae-Mimosoideae | <i>Parapiptadenia pterosperma</i> | Angico-roxo | | | | | | X |
| Lauraceae | <i>Persea willdenovii</i> Kosterm. | Abacate-do-mato | | | | | | X |
| Phytolaccaceae | <i>Phytolacca dioica</i> L. | Cebolão | X | | | | | |

| | | | | | | | |
|---------------|--|-------------------|---|---|---|---|---|
| Fabaceae | <i>Platypodium elegans</i> Voge | Amendoim do Campo | X | | | X | X |
| Oleaceae | <i>Priogymnanthus hasslerianus</i> (Chodat) P.S.Green | Pau Sal | X | | | | |
| Bombacaceae | <i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns; | Embiruçu | | X | | | |
| Leguminosae | <i>Pterogyne nitens</i> Tul. | Amendoim-bravo | | | X | | X |
| Euphorbiaceae | <i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax | Leiteira | | | | | X |
| Anacardiaceae | <i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl. | Aroeirinha | X | | | | X |
| Malvaceae | <i>Sterculia striata</i> St. Hil. et Naud | Mandovi | | X | X | X | |
| Fabaceae. | <i>Stryphnodendron barbatiman</i> Mart. | Barbatimão | | X | | | X |
| Arecaceae | <i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham) Glassman | Pindó | | | X | X | |
| Bignoniaceae | <i>Tabebuia heptaphylla</i> (Vellozo) Toledo | Piúva | | | X | X | |
| Sapindaceae | <i>Talisia esculenta</i> (A. St.-Hil.) Radlk. | Pitomba | | X | | | X |
| Lamiaceae | <i>Vitex cymosa</i> Bertero ex Spreng. | Tarumã | X | X | X | X | X |

C

D



E

Figura 2. Arranjos de espécies arbóreas e arbustivas para fins de recuperação de áreas degradadas, em plantio adensado de mudas “A” (A), sistema agroflorestal “A” (B); plantio adensado de mudas “B” (C), sistema agroflorestal “B” (D) e plantio adensado de mudas “C” (E) em Bonito, MS.

Anexo I

Revista na qual se pretende enviar o artigo: Revista Natureza & Conservação

Qualis: B2/Biodiversidade

Escopo: Natureza & Conservação (Brazilian Journal of Nature Conservation, N&C) é um jornal científico devotado a melhorar aspectos teóricos e conceituais da ciência da conservação. Tem o propósito principal de comunicar novas pesquisas e avanços à diferentes atores da sociedade, incluindo a academia, conservadores e praticantes, governos e tomadores de decisão. N&C publica textos originais sobre conservação da biodiversidade e suas implicações, incluindo análise de viabilidade de população, invasão biológica, modelagem de distribuição de espécies, padrões de diversidade, filogeografia e genética conservacional, design e seleção de reserva, manejo de ecossistema, políticas de conservação, entre outros.

Não há direcionamento à qualquer região, organismo ou ecossistema em particular, apesar de esperarmos submissões de regiões tropicais e neotropicais. Textos científicos devem focar em novos desenvolvimentos conceituais ou metodológicos com implicações práticas. Estudos de caso serão considerados apenas se inseridos nesses contextos mais gerais. Autores são encorajados a submeter análises e artigos sobre assuntos recentes de acordo com o conselho editorial. Textos puramente descritivos não serão considerados.

Link para acesso às normas de publicação: <http://www.elsevier.es/ficheros/NormOrga/204normas.pdf>

