UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR PALOTINA
Departamento de Ciências Agronômicas
Rua Pioneiro, 2153, Jardim Dallas – 85950-000 – Palotina – PR
Tel.: (44) 3211-1319 – www.campuspalotina.ufpr.br

JORGE RODRIGO ARNDT

BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS PRODUTIVOS

PALOTINA
2016

JORGE RODRIGO ARNDT GRR20122862

BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS PRODUTIVOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo, no curso de graduação em Agronomia, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Grange

PALOTINA

2016

TERMO DE APROVAÇÃO

JORGE RODRIGO ARNDT

BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS PRODUTIVOS

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo no Curso de Agronomia, Setor Palotina, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: _____
Profª. Dra. Luciana Grange
Departamento de Ciências Agronômicas, UFPR

Banca avaliadora: _____
Prof. Dr. Marco Antonio Bacellar Barreiros
Departamento de Biociências, UFPR

_____
Prof. Dr. Laércio Augusto Pivetta
Departamento de Ciências Agronômicas, UFPR

Palotina, 12 de Dezembro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelas bênçãos recebidas e por permitir a conclusão desta etapa em minha vida.

Aos meus pais Beno e Araci, pelo apoio financeiro e afetivo.

À minha orientadora Prof. Dra Luciana Grange, pelo acompanhamento, orientação que levou ao aprimoramento profissional, e por sua grande amizade.

Aos docentes do colegiado do curso de agronomia da Universidade Federal do Paraná pelo conhecimento que me foi passado.

Ao grupo de estudo FIXTEC pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho e pelos momentos de descontração.

“*Não vos enganeis: de Deus não se zomba; pois aquilo que o homem semear, isso também ceifará*.”

Gálatas 6.7

RESUMO

A avaliação da qualidade dos solos agrícolas é importante para definição e adoção de práticas de manejo que garantam a sustentabilidade socioeconômica e ambiental. Objetivou-se avaliar atributos biológicos de solos sob diferentes sistemas de produção. Os parâmetros determinados foram o carbono da biomassa microbiana (BMS), respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano (qMIC), carbono orgânico do solo (COT) e contagem de unidades formadoras de colônia (UFC) em áreas de sistemas integrados, Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), Pecuária-Floresta (PF), Lavoura-Pecuária (LP), Mata, e Sucessão Soja/Milho. Os maiores teores de C-BMS foram encontrados no sistema Mata e Sucessão, em contrapartida, para qCO_2 estes manejos foram os que obtiveram valores menores. Para RBS não houve diferença considerável entre os manejos. Obteve-se nas áreas de Lavoura-Pecuária (LP) o menor teor de COT em comparação com os demais manejos. O maior número de UFC foi observado na Mata, e o menor no sistema de sucessão, mas não houve diferença no comportamento das populações específicas de microrganismos apena uma drástica redução.

Palavras-chave: Bioindicadores. Qualidade do solo. Sistemas integrados.

ABSTRACT

The evaluation of the quality of the agricultural soils is important for the definition and adoption of management practices that guarantee the socioeconomic and environmental sustainability. The objective was to evaluate the biological attributes of soils under different production systems. The parameters determined were the microbial biomass carbon (BMS), soil basal respiration (RBS), metabolic quotient (qCO2), microbial quotient (qMIC), soil organic carbon (TOC) and counts of colony forming units (CFU) in areas of Integrated Systems, Crop-Livestock-Forest (CLF), Livestock-Forest (LF), Crop-Livestock (CL), Wood, and Soybean / Maize Succession. The highest levels of C-BMS were found in the Native forest and Succession system, in contrast, for qCO2, these were the ones that obtained lower values. For RBS there was no significant difference between the treatments. It was obtained in the areas of Crops-Livestock (CL) the lowest content of TOC in comparison with the other treatments. The highest number of CFU was observed in Native forest, and the lowest in the succession system, but there was no difference in the behavior of specific populations of microorganisms after a drastic reduction.

Keywords: Bioindicators. Soil quality. Integrated systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DE SOLO REFERENTES AS SUB-AMOSTRAS POR REPETIÇÃO EM RELAÇÃO À ÁREA DE COLETA (TIPO DE MANEJO). 17
Figura 2 - BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO NOS DIFERENTES SISTEMAS, SENDO CBM (mg C kg-1 solo-1); RBS (mg C-CO2.kg-1solo.h-1); qCO2 (mg C-CO2 10-3 g-1 CBM.h-1); COT (g kg) E qMIC (%). 23
Figura 3 - UNIDADES FORMADORAS DE COLÔNIA POR GRAMA DE SOLO, SENDO OS VALORES APRESENTADOS NA BASE 10^{-4}.....26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - DESCRIÇÃO DO HISTÓRICO DE USO DAS ÁREAS DE COLETA. 16
Tabela 2 - MEIOS DE CULTURA UTILIZADOS PARA ANÁLISE DA COMUNIDADE MICROBIANA.....18
Tabela 3 - DADOS DAS ANÁLISES BIOLÓGICAS.....23

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Determinação do Carbono extraído do solo.

$$C\ (mgC.Kg^{-1}solo) = \frac{(Vb-Va).M.0{,}003.V1.10^{6}}{Ps.V2}$$

Onde:

C= Carbono extraído do solo; Vb (ml)= Volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da solução controle (branco); Va (ml)= Volume gasto na titulação da sub-amostra; M= molaridade exata do sulfato ferroso amoniacal; V1= volume do extrator utilizado; V2= alíquota pipetada do extrato para a titulação; 0,003= miliequivalente do carbono; Ps (g)= massa de solo seco.

Equação 2: Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do solo (C-BMS).

$$C - BMS = (mg\ de\ C\ microbiano.Kg^{-1}\ solo) = FC.Kec^{-1}$$

Onde:

C-BMS= Carbono da biomassa microbiana do solo em mg de C por kg de

solo; FC= fluxo obtido da diferença entre a quantidade de C (mg kg-1) recuperada no extrato da amostra fumigada e não-fumigada do solo; Kec = fator de correção (0,33).

Equação 3: Determinação da Respiração Basal do Solo (RBS).

$$\boldsymbol{RBS\ (mgC - CO_2.kg^{-1}solo.h^{-1}) = \frac{\frac{(Vb - Va)\ x\ M\ x\ 6\ x\ 1000}{Ps}}{T}}$$

Onde:

RBS= carbono oriundo da respiração basal do solo; Vb(ml)= Volume de HCl gasto na titulação da solução controle (branco); Va (ml)= Volume gasto na titulação da amostra; M= Molaridade exata do HCl; Ps(g)= Massa de solo seco e T= Tempo de incubação das amostras em horas.

Equação 4: Determinação do Carbono Orgânico Total do Solo (COT).

$$\%C = \frac{V2 - V1}{g}\ x\ f\ x\ 0{,}3896$$

Onde:

V1=volume de $FeSO_4$ 1N, em ml, gasto na amostra; V2= volume de $FeSO_4$ 1N, em ml, gasto na prova em branco; f= fator da correção da solução de $FeSO_4$ 1N; 0,3896= é o valor obtido da relação 0,30/0,77, em que 0,30 é o equivalente grama de C em 100g; e 0,77 indica a eficiência do método (77%).

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO REFERENCIADA 9
1.1 OBJETIVOS 14
Objetivo Geral 14
Objetivos Específicos 14
2 MATERIAL E MÉTODOS 15
2.1 ÁREAS DE COLETA 15
2.2 ANÁLISES BIOLÓGICAS 17
Unidade formadora de colônia (U.F.C.) 17
Determinação do carbono da BMS 18
Determinação da respiração basal do solo (RBS) 19
Determinação de carbono orgânico total (COT) do solo 20
Determinação dos quocientes metabólico (qCO_2) e microbiano (qMIC) 20
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 22
4 CONCLUSÕES 28
5 REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO 29
6 APÊNDICE 36

1 INTRODUÇÃO REFERENCIADA

O Brasil se apresenta entre os maiores produtores de grãos no mundo, com destaque para a cultura da soja. Segundo a Conab (2015), na safra 2014/2015 o Brasil foi o segundo maior produtor do grão, apresentando uma produção de 95.070 milhões de toneladas, em uma área plantada de 31.573 milhões de hectares, com produtividade média de 3.011 Kg ha^{-1}. Avaliando ainda o crescimento da produtividade, o mesmo órgão aponta um aumento de 1.945 Kg/ha (safra 03/04) para 3.584 Kg ha^{-1} safra (14/15) em relação aos últimos onze anos. Os dados também mostram que, para este mesmo período, houve um acréscimo de 39.094,0 milhões de ha para 57.930,5 milhões de ha plantados (CONAB, 2015).

Apesar dos números serem muito expressivos, o Brasil ainda reluta quanto à adoção de práticas mais sustentáveis e rentáveis, provando que esses valores podem estar muito aquém do seu real potencial produtivo. Dias Filho (2015), estima, por exemplo, que existem cerca de 100 milhões de hectares de pastagens no país que estão sendo subutilizados, com grau de moderado a fortemente degradado, necessitando de algum tipo de intervenção.

O mesmo autor define como área degradada, aquela que sofreu interferência ou ação antrópica, estando normalmente associado à redução da produtividade e também trazendo prejuízos ambientais diversos. Os fatores ligados a degradação são, principalmente, a implantação de espécies não adaptadas às condições edafoclimáticas de cada região e aos manejos inadequados (BARIONI; RODRIGUES, 2000; MOREIRA et al., 2004). Dessa forma, manejos que primem pela recuperação de pastagens degradadas terão papel decisivo, para o aumento da produção mitigando a necessidade de expansão de novas áreas (FERNANDES et al., 2008; DIAS-FILHO, 2012).

Neste contexto, os chamados sistemas de cultivo integrado têm-se apresentado como uma boa opção para a reabilitação de solos sob algum tipo de degradação, trazendo muitos benefícios ao sistema produtivo. Os distintos sistemas de cultivo integrado têm como premissa básica a integração e interação entre diferentes organismos, vegetais e animais na mesma área, com o intuito de maximizar o uso da área e dos meios de produção e ainda diversificar a renda (HIRAKURI et al., 2012).

Esses Manejos se comportam de forma diferenciada e podem variar

conforme a região, podendo ser muito complexos, dependendo da natureza dos componentes presentes, variando também conforme o objetivo estabelecido e as culturas agronômicas envolvidas (KEULEN & SCHIERE, 2004).

Para Balbinot Júnior (2009) a utilização destes cultivos integrados visa a ocupação intensa dos recursos disponíveis nos agroecossistemas, interligando os mesmos de forma a suprir o solo através da melhoria na quantidade e composição da matéria orgânica (MO). Consequentemente vai ocorrendo, a longo prazo e, conforme ajustes na logística de produção, melhorias na qualidade do solo permitindo maior manutenção das comunidades resilientes e o incremento na diversidade de microrganismos mais específicos.

A MO pode ser entendida como um produto oriundo das atividades biológicas e de fundamental importância para a melhoria da estrutura física, além de participar na ciclagem de nutrientes em solos férteis. Uma MO de qualidade pode proporcionar um aumento na quantidade de meso-organismos (insetos e minhocas) e microrganismos já existentes em um solo por ser uma excelente fonte de alimento e carbono (CORDEIRO et al., 2015). A formação da MO depende diretamente do tipo de rejeitos vegetais e animais que se depositam naquele solo. Temperatura, unidade e pH regulam, tamponam e selecionam as reações decorrentes das atividades biológicas do solo. Neste contexto, tanto a composição química quanto a estruturação física de um solo poderá ser definida pela qualidade da matéria orgânica depositada em relação a capacidade metabólica dos microrganismos que estiverem presentes naquela condição edáfica (CERII et al., 1985).

Em se tratando de sistemas integrados Balbino et al. (2011) apresenta a Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) como uma estratégia que busca a produção sustentável, integrando os componentes agrícolas, pecuários e florestais na mesma área, em cultivo consorciado, rotação ou sucessão, buscando efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, gerando valorização do homem, viabilidade econômica e contemplando a adequação ambiental.

Dentro desta estratégia o autor contempla quatro modalidades distintas, caracterizados por: Integração Lavoura-Pecuária (ILP), sistema que integra, na mesma área, os componentes lavoura e pecuária, em rotação, consórcio ou sucessão, em um mesmo ano agrícola ou por múltiplos anos; Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), nesse sistema são integrados os componentes lavoura, pecuária e floresta, em rotação consórcio ou sucessão, na mesma área e, o

componente lavoura pode vir a ser utilizado na fase inicial de implantação do componente florestal ou durante o desenvolvimento do sistema; Integração Pecuária-Floresta (IPF), quando ocorre integração entre os componentes pecuária e floresta em consórcio; Integração Lavoura-Floresta (ILF), quando o sistema integra lavoura e floresta pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas anuais ou perenes e, o componente lavoura pode ser utilizado na fase inicial do componente florestal ou em ciclos durante o desenvolvimento do sistema.

Para avaliar a eficiência dos sistemas integrados, enquanto manejos conservacionistas, faz-se necessário a compreensão do conceito de qualidade do solo. Dentre as diversas definições, a mais aceita é a apresentada por Larson & Pierce (1994): “a qualidade do solo se dá pela sua capacidade de funcionar dentro dos limites do ecossistema e interagir positivamente com o meio ambiente externo a ele”. Dentro deste contexto de saúde ambiental, é importante entender que o solo representa um conjunto de fatores bióticos e abióticos que interagem entre sí, tornando-o um sistema complexo e dinâmico, dessa forma, qualquer modificação pode trazer alguma mudança, benéfica ou não (GHINI & MORANDI, 2006; PARTON et al., 2009).

Para Carneiro et al. (2009), a saúde do solo deve ser quantificada a partir de dados que envolvam os seus componentes físicos (textura do solo, estabilidade de agregados, capacidade de retenção de agua, infiltração e porosidade), químicos (pH, C orgânico, Al, N, P, K, saturação por bases) e biológicos (biomassa microbiana do solo, respiração microbiana do solo, nitrogênio mineralizável e quantidade e diversidade da fauna edáfica). Araujo et al. (2012) apontam que, para avaliações mais precisas, é preciso estabelecer um conjunto mínimo de indicadores.

Pereira (2012) defende que, a utilização de indicadores biológicos para aferir sobre qualidade de solos deve ser considerada uma estratégia fundamental para os manejos conservacionistas, principalmente do ponto de vista preventivo. Isto se deve ao fato de que, os microrganismos do solo existem em grande número, muitos são de reprodução rápida, apresentam alta diversidade e, diversas funções metabólicas.

Os indicadores biológicos ou bioindicadores mais utilizados são o carbono da biomassa microbiana (C-BMS), a respiração basal do solo (RBS), o quociente metabólico (qCO2), enzimas, diversidade, densidade e atividade de grupos funcionais chave (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; PANKHURST et al., 1997;

VASCONCELOS, 2015).

Os bioindicadores podem apresentar maior ou menor eficiência dependendo da região, dessa forma Mendes et al. (2009) aponta que, para a região Sul do país, por exemplo os indicadores biológicos que mais vem se adaptando, portanto os mais indicados, são o carbono da biomassa microbiana e o quociente metabólico, pois são considerados de grande sensibilidade em relação ao manejo do solo e as culturas implantadas para esta região.

A biomassa microbiana do solo (BMS) é considerada a fração viva do solo, excluindo-se os organismos da megafauna (> 0,2 mm) e as raízes ativas das plantas (FILHO, 2003). Esta biomassa atua na transformação da matéria orgânica liberando nutrientes (N, P, S entre outros) prontamente disponíveis para as plantas. Com isso, a BMS também atua diretamente no fluxo de energia do sistema definindo a qualidade nutricional e ambiental das diferentes condições edáficas (MALAVOLTA & MOREIRA, 2004; FILHO, 2003).

A avaliação da BMS se dá pela quantificação do carbono da biomassa microbiana (C-BMS). E indica a quantidade de organismos presentes, mas não apresenta correlação com as atividades realizadas pelos mesmos, o que pode levar a uma superestimação da MO, já que existe no solo uma fração da biomassa que pode estar inativa (MENDES et al., 2009).

O método mais utilizado para a determinação da atividade microbiana é a respiração basal do solo (RBS), que consiste em avaliar a liberação de CO_2 produzida, tanto de organismos aeróbios quanto anaeróbios e a relação entre a respiração basal do solo e o tamanho da biomassa microbiana. Através da relação CBM e RBS um outro importante valor para as atividades bioquímicas do solo é gerado e chamado de quociente metabólico (qCO_2) (JENKINSON & POWLSON, 1976; BRAGA et al., 2016).

Segundo Anderson & Domsch, (1993), valores de qCO_2 podem variar em relação ao estresse sofrido pela população microbiana, esse estresse pode ser causado por diversos fatores incluindo limitação nutricional, contato com produtos tóxicos, baixo pH e qualquer perturbação de origem antrópica causada pelo manejo. Portanto, alta liberação de CO_2 indica alta respiração o que acarreta em baixa eficiência na conversão do C assimilado em biomassa, indicando assim o nível de estresse sofrido pela comunidade (MENDES et al., 2009).

Visando ainda ampliar a compreensão da influencia da MO no sistema, outra

relação que pode ser avaliada, é o quociente microbiano (qMIC). Este dado é obtido a partir da diferença entre o carbono orgânico total e o carbono da biomassa microbiana e pode aferir sobre a qualidade da MO inserida no sistema ou seja é a quantidade da MO que é composta pelos microrganismos (SILVA et al., 2010a).

Levantamentos sobre a diversidade de microrganismos também vem sendo apontados como bioindicadores de alta performance em estudos de comunidades edáficas. Estes estudos filogenéticos, utilizando modernas ferramentas moleculares, são baseados em regiões genômicas altamente conservadas evolutivamente (JOHNSON et al., 2003). Contudo, a diversidade avaliada através de técnicas clássicas da microbiologia ainda se mostram válidas do ponto de vista morfológico, fisiológico e bioquímicos (TIEDJE et al., 2001).

Assim, para a avaliação dos sistemas de cultivos e naturais, busca-se cada vez mais encontrar indicadores de qualidade do solo mais sensíveis para representar as reais condições do ambiente (Carmo, 2011; Ribeiro, 2014). Uma vez definido e fixado os indicadores é possível realizar a avaliação periódica do impacto dos manejos relacionados ao solo bem como sobre a sua qualidade, a médio e longo prazo. D´Andréa et al., (2016) afirma que a obtenção de dados precoces quanto a degradação ecológica do solo, permitem a adoção antecipada de medidas corretivas ou de controle, envolvendo ações menos impactantes e mais eficientes. (CARDOSO et al., 2009).

Portanto, a obtenção de resultados que possibilitem aferir sobre a degradação ecológica de agrossistemas tem se tornado primordial para o monitoramento de distintos manejos conservacionistas de solos com o uso de bioindicadores (SILVA et al., 2013). Dados sobre a estrutura, função e morte dos milhares de organismos edáficos conseguem apontar quais sistemas agrícolas estão sendo menos impactantes para as diferentes regiões e culturas produzidas. Estes valores podem auxiliar na detecção de problemas gerados pela implantação de novos manejos bem como pela consolidação de sistemas consagrados, possibilitando encontrar soluções preventivas que possam mitigar os impactos gerados pela agricultura.

1.1 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar atributos biológicos de solos em sistemas de produção.

Objetivos Específicos

1. Obter valores para calcular o carbono da biomassa microbiana (C-BMS) e a respiração basal do solo (RBS);
2. Calcular, através dos valores de C-BMS e RBS, os valores dos quocientes metabólico do solo (qCO_2) e microbiano do solo (qMIC);
3. Determinar o carbono orgânico total (COT) do solo;
4. Obter valores de Unidade Formadora de Colônias (U.F.C.) a partir da avaliação de colônias puras obtidas por meios específicos para isolamento de rizobactérias decompositoras de MO;
5. Correlacionar os atributos biológicos entre si a fim de aferir sobre o comportamento metabólico da biomassa microbiana para apontar o manejo mais adequado para a conservação da vida no solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREAS DE COLETA

Todos os solos foram coletados de áreas pertencentes ao município de Iporã, situado na região oeste do estado do Paraná, conforme descritos na Tabela 1. O clima regional, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa: Clima subtropical; a temperatura média fica entre 18ºC e acima de 22ºC. Região com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. A média anual de pluviosidade é de 1392 mm (INTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1998).

A coleta foi realizada com o auxílio de um trado holandês em uma profundidade de 0,0 – 0,2 m. Cada área de coleta (gleba) foi dividida em 5 transectos paralelos, denominados como transectos A, B, C, D e E, traçados em diagonal, de acordo com o declive e direção do curso de água, homogeneidade do terreno, fertilidade do solo e derivação de agroquímicos. Levou-se em consideração também, o efeito bordadura, desconsiderando-se portanto uma borda de aproximadamente de 50 metros de cada área amostral (FIGURA 1) (NEIVERTH, 2012).

Os transectos passaram a ser denominados de repetição 1, 2, 3, 4 e 5. Cada repetição foi constituída por 5 sub-amostras. As sub-amostras foram coletadas a partir de uma linha em “zigue-zague” sobre o transecto, permitindo assim, a homogeneidade dentro da repetição.

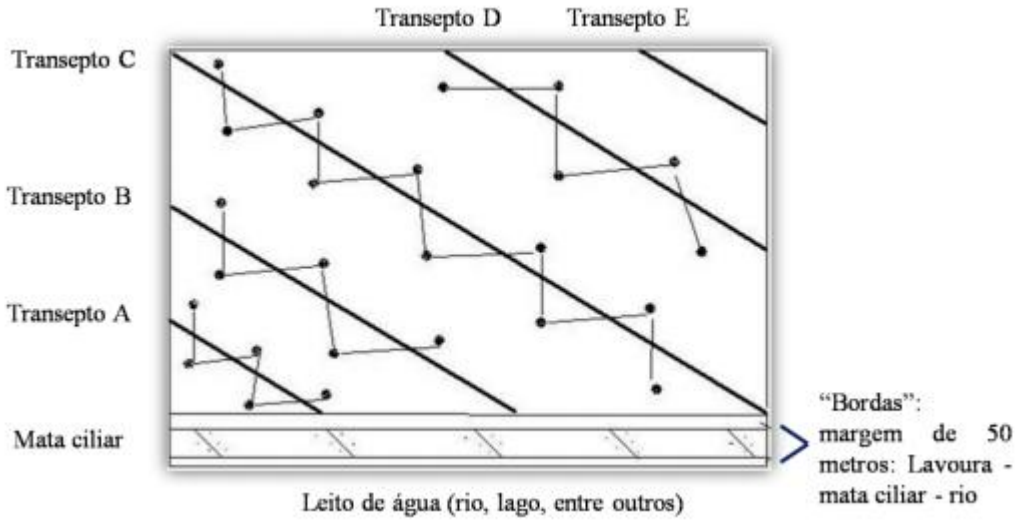
Tabela 1 - DESCRIÇÃO DO HISTÓRICO DE USO DAS ÁREAS DE COLETA

Manejo	Localização	Altitude (m)	Descrição da Área
Mata	24°00’3.07” S 53°47’41.02” O	270	Fragmento de mata nativa preservada, sem ação antrópica, com área de 41 hectares.
ILPF	23°59’51.50” S 53°45’05.59” O	297	Implantado em 2009, a integração é realizada com eucalipto implantados em fileira dupla com espaçamento de 70 metros. No verão é realizado o plantio de soja e no inverno é instalada a pastagem (*Urochloa brizantha* cv. Piatã).
IPF	23°59’15.78” S 53°47’5.90” O	300	Até 2001 parte da área estava implantada com mandioca e parte com pastagem para gado de leite. Em 2003, a propriedade é convertida totalmente em pastagem. E janeiro de 2010, foi instalado aproximadamente 4 alqueires com Integração Pecuária-Floresta. O sistema é constituído de integração de *Panicum maximum* cv. Mombaça com eucalipto plantado em fileira simples com espaçamento entre renques de aproximadamente 45 metros.
ILP	24°00’36.45” S 53°52’45.03” O	298	Sistema consolidado a 10 anos. No verão é implantado o Milho consorciado com braquiária (*Urochloa brizantha*) e no inverno a pastagem é aproveitada para a criação de gado de leite. A adubação utilizada é a de base com NPK 2-20-20/ 600 kg por alqueire e, esporadicamente, é realizado uma adubação com cama de frango, sendo a última realizada à 2 anos.
Sucessão	23°59’47.10” S 53°47’07.20” O	279	Sistema de sucessão soja /milho, utilizando adubação de base com NPK não informada. O sistema está implantado e funcionando dessa forma a mais de 10 anos sob plantio direto.

FONTE: O autor. (*)Manejos: ILPF= Integração lavoura-pecuária-floresta; IPF= Integração pecuária-floresta; ILP= Integração Lavoura-pecuária; Sucessão = Soja/Milho.

Após a coleta das 5 sub-amostras por repetição, estas foram homogeneizadas para a obtenção da amostra composta daquele ponto de coleta. Cada repetição foi separada, devidamente etiquetada e mantida em gelo dentro de caixas de isopor até o armazenamento a 4°C (BUCKLAND et al., 2001).

Figura 1- DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DE SOLO REFERENTES AS SUB-AMOSTRAS POR REPETIÇÃO EM RELAÇÃO À ÁREA DE COLETA (TIPO DE MANEJO).



FONTE: NEIVERTH, 2012.

2.2 ANÁLISES BIOLÓGICAS

Unidade formadora de colônia (U.F.C.)

Para a obtenção de colônias puras foi realizada no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo na Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Setor Palotina. 10g de cada repetição dos diferentes manejos de cultivo foi diluída em 90 mL de solução salina 0,85% em frascos contendo pérolas de vidro; previamente autoclavados, obtendo dessa forma uma diluição 10^{-1}.

Os frascos contendo as amostras de solo foram mantidos em agitador mecânico horizontal por 30 minutos e, após, realizou-se as diluições seriadas até a obtenção da diluição de trabalho10^{-3}. 100 µl da diluição 10^{-3} foram plaqueados em placas de petri contendo meios de cultura específicos (TABELA 2).

A inoculação foi realizada pela técnica de espalhamento tipo “spread plate” e as placas foram incubadas em B.O.D. à 27°C com 4 repetições. Após aproximadamente 72 horas a avaliação das U.F.C. foi realizada a partir da contagem

de células puras.

Para avaliar a influência dos manejos sobre a diversidade da microbiota do solo, meios de cultura específicos (proteolítico, celulolítico, actinomicetos e mínimo) foram utilizados para aferir sobre a existência de grupos bacterianos funcionais. Para determinar a viabilidade celular, ou seja, o número de indivíduos vivos dentro de cada sistema foi efetuada a contagem de unidades formadoras de colônia (UFC) utilizando um meio de cultivo generalista (King B) (FIGURA 3). Os resultados obtidos foram analisados pelo teste não paramétrico de Dunn par a par utilizando o programa SAS.

Tabela 2 - MEIOS DE CULTURA UTILIZADOS PARA ANÁLISE DA COMUNIDADE MICROBIANA.

MEIOS DE CULTURA	COMPOSIÇÃO DOS MEIOS DE CULTURA (g.L-1)
Meio Caseína para proteolíticos	Glicose 10,0g; Caseína 5,0g; KH_2PO_4 1,5g; $MgSO_4$ 0,5g; NaCl 2,0g; $FeSO_4$ 0,01g; $ZnSO_4$ 0,01g; Ágar 15,0g; 1000mL H_2O destilada; pH para 6,8 - 7,0.
Meio Mínimo para amilolíticos	Amido Solúvel 10,0g; Caseína 10,0g; Glicose 1,0g; $MgSO_4$ 0,1g; Na_2HPO_4 3,0g; Ágar 20,0g; 1000mL H_2O destilada; pH 6,5 - 7,0.
Meio para Celulolíticos	Carboximetil celulose 5,0g; NH_4NO_3 1,0g; 50mL de Solução salina 0,85%; 15,0g de Ágar e 950mL de H_2O destilada; pH 7,0.
Meio King B	Peptona Bacteriológica 20,0g; Glicerol 10,0mL; K_2HPO_4 1,5g; $MgSO_4$ 1,4g; Ágar 20,0g; 1000mL de H_2O destilada; pH 6,8.

Fonte: O autor

Determinação do carbono da BMS

A análise do carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) foi realizada segundo processo de fumigação e extração. Inicialmente as amostras de solo foram pré-incubadas e fumigadas conforme descrito por Jenkinson e Powlson (1976), e a extração do C foi realizado segundo Vance et al. (1987) e Tate et al. (1988).

O procedimento envolveu tratamentos distintos para as amostras fumigadas (A-F), não fumigadas (A-NF), e branco (A-B). Para as amostras fumigadas (A-F), 20 g de solo foram pesados em béqueres dispostos dentro de uma câmara à vácuo contendo outro frasco com 50 ml de Clorofórmio P.A ($CHCl_3$). As amostras ficaram incubadas a uma pressão de 20 polHg em local escuro, e com temperatura em torno

de 25- 28°C durante 24 horas. As amostras não fumigadas (A-NF), foram somente armazenadas no escuro sob as mesmas condições anteriores e, para a amostra branco (A-B) a diferença foi a ausência do solo.

Após o período de incubação as amostras foram extraídas utilizando uma solução 0,5 M de sulfato de potássio (K_2SO_4) como extrator. O procedimento envolveu a agitação das amostras por 60 minutos a 220 rpm e após, estas foram decantadas por cerca de 30 minutos para obtenção do extrato. Para a determinação do carbono da biomassa 8 mL do extrato das amostras foram utilizados para as amostras fumigadas e não fumigadas. Nestes, foram adicionados 2 ml de solução 0,066M de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), 10 ml de ácido sulfúrico P.A (H_2SO_4) e 5 ml de ácido orto-fosfórico (H_3PO_4) 85%. Após resfriamento da solução, foram adicionados 70 ml de água destilada, e o indicador Difenilamina ($(C_6H_5)NH$) 1% para proceder a titulação.

A titulação foi realizada usando-se uma solução 0,033M de Sulfato Ferroso Amoniacal [$(NH_2)2\ Fe(SO_4)2\ 6H_2O$], até a obtenção do ponto de virada tendo a coloração passado de purpura para verde. Todos os valores obtidos pelas titulações foram submetidos aos cálculos dos teores de carbono. A (EQUAÇÃO 1) foi utilizada para determinar o carbono extraído do solo e, a (EQUAÇÃO 2) foi usada para determinar o carbono da biomassa microbiana.

O clorofórmio adicionado as amostras de solo fumigadas provocou o extravasamento do conteúdo celular dos microrganismos presentes nas amostras e por consequência ocorreu a liberação do CO_2 celular. A diferença calculada entre os valores do fluxo de CO_2 das amostras fumigadas e das amostras não fumigadas possibilitou a mensuração da biomassa total referente a cada amostra de solo submetidas aos distintos manejos de cultivo.

Determinação da respiração basal do solo (RBS)

Para a determinação da RBS, 50g de solo foram pesados e submetidos a adição de 10 mL da solução de 1M de hidróxido de sódio (NaOH). Desta reação, 100 mL foram acondicionadas em condição hermeticamente fechada para não haver entrada de CO_2 externo ou fuga do CO_2 produzido internamente. Todas as amostras e os brancos foram incubados e mantidos em local isento de luminosidade e com temperatura em torno de 25- 28°C durante um período de 7 dias.

Após o processo de incubação, a quantidade de CO_2 liberada foi determinada pela adição de cloreto de bário ($BaCL_2$) 10% (m/v) para completa precipitação do CO_2 e posterior titulação com ácido clorídrico (HCl) 0,5M usando como indicador a fenolftaleína a 3% até a obtenção do ponto de virada tendo a coloração passado de rosa para branco. Os valores obtidos nas titulações de brancos e amostras foram anotados para desenvolvimento do cálculo para determinação da respiração do solo (EQUAÇÃO 3).

Determinação de carbono orgânico total (COT) do solo

O carbono orgânico do solo foi determinado pelo método Walkley-Black, que parte do princípio que a matéria orgânica do solo é oxidada pelo $Cr_2O^{2-}_7$ no meio, sendo a reação acelerada pelo aquecimento gerado pela adição do ácido sulfúrico concentrado. O excesso de $Cr_2O^{2-}_7$ é titulado com $FeSO_4$ e o teor de matéria orgânica calculado pela quantidade de $Cr_2O^{2-}_7$ reduzido (PAVAN et al., 1992).

Portanto, para obtenção de valores de COT, foram pesadas 1g de solo para cada amostra e a estas foram adicionados 10 ml de uma solução de Dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) 1N e 10 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2PO_4). Após a mistura esfriar, foram adicionados água destilada e ácido Orto-fosfórico concentrado (H_3PO_4). Para a titulação foi utilizado uma solução de sulfato ferroso ($FeSO_4$. $7H_2O$) 1N e o ponto de virada foi identificado pela coloração verde na presença de difenilamina a 1%. Com os valores das titulações, o cálculo foi feito utilizando-se a (EQUAÇÃO 4) para determinação do carbono orgânico.

Determinação dos quocientes metabólico (qCO_2) e microbiano (qMIC)

O qCO_2 foi obtido pela razão entre a respiração basal do solo por unidade de carbono da biomassa microbiana do solo (RBS/ C-BMS) e o qMIC foi expresso pela relação entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total do solo (C-BMS/ COT).

Os procedimentos para obtenção dos valores de UFC foram realizados no laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. Os procedimentos para obtenção dos valores do C-BMS, RBS, COT, qCO_2 e qMIC foram realizados no laboratório de Química e Fertilidade do Solo da

Universidade Estadual Norte do Paraná – Campus Luiz Meneghel.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os atributos biológicos mais relevantes para estudos de qualidade do solo estão os valores de biomassa e respiração microbiana, as medidas de enzimas de solo, os estudos de biodiversidade, dentre outros. A biomassa microbiana do solo (BMS) é o principal componente do subsistema de decompositores atuando diretamente como agente de transformação da matéria orgânica, portanto, na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia no solo (CARDOSO, 2009). Neste contexto, estudos quantitativos da BMS são de fundamental importância para o monitoramento ecológico e funcional de solos sob cultivo de plantas comerciais.

Constituindo a maior parte da fração ativa da matéria orgânica, a BMS pode ser enquadrada como o compartimento central do ciclo do carbono, sendo mais sensível que o resultado quantitativo do C orgânico e do N total para aferir alterações na matéria orgânica do solo (CARDOSO, 2009). A relação $C_{microrganismos}$:$C_{orgânico}$ total do solo aumenta e diminui rapidamente conforme ocorram elevação ou redução da matéria orgânica do solo num sistema ecológico e, a constância dessa relação indica o novo equilíbrio do sistema.

Os valores de carbono da biomassa microbiana (CBM), encontrados neste trabalho, apresentaram uma variação entre os sistemas de manejo de 3,38 mg C kg^{-1} $solo^{-1}$ (ILP/Lavoura-Pecuária) a 10,25 mg C kg^{-1} $solo^{-1}$ (Sucessão) (TABELA 3). Contudo, o carbono que foi capturado pela biomassa microbiana revelou impacto da ação antrópica em todos os sistemas instalados quando comparados com o valor encontrado na Mata (15,89 mg C kg^{-1} $solo^{-1}$). Esses resultados estão de acordo com os trabalhos de Melloni et al. (2008) e Santos et al. (2011), onde o CBM do sistema natural também foi maior em relação aos diversos cultivos em estudo. Quando o valor do carbono da biomassa, do sistema de sucessão é comparado com o da Mata, é possível inferir que a diversidade florística encontrada na Mata está promovendo maior atividade biológica.

Na avaliação de solos cultivados é preciso ter, pelo menos, um sistema de referência ou controle. Este servirá de padrão comparativo para estabelecer valores ecológicos em relação aos impactos agrícolas (DORAN; PARKIN, 1994; MENDES et al., 2003). Normalmente deve ser representado por uma área nativa, de pouca ou nenhuma interferência, apresentando condições edafoclimáticas a mais parecida possível com as das áreas avaliadas.

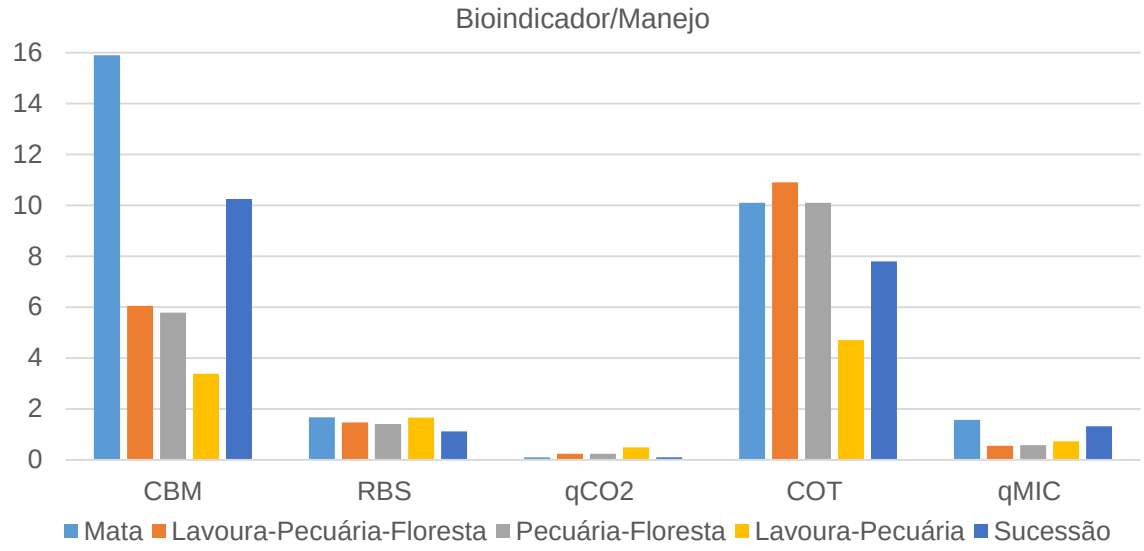
Neste contexto, a matéria orgânica inserida em sistemas conservados permite selecionar indivíduos edáficos mais eficientes, adaptados e diversos em suas funções (BUZINARO; BARBOSA & NAHAS, 2009). Portanto, a decomposição da MO na Mata acontece de forma mais rápida estimulando grupos microbianos mais funcionais revelando uma alta biomassa microbiana (WINK et al., 2013). Sendo assim, outra conclusão possível é que o manejo do sistema de Sucessão está sendo executado corretamente quanto a quantificação do C da biomassa (TABELA 3; FIGURA 2), o que revela, também pelo histórico da área (TABELA 1), um plantio direto realizado dentro das premissas conservacionistas do revolvimento mínimo com cobertura vegetal.

Tabela 3 - DADOS DAS ANÁLISES BIOLÓGICAS.

Manejo	CBM	RBS	qCO2	COT	qMIC
Mata	15,89	1,67	0,1	10,1	1,57
Lavoura-Pecuária-Floresta	6,04	1,47	0,24	10,9	0,55
Pecuária-Floresta	5,78	1,41	0,24	10,1	0,57
Lavoura-Pecuária	3,38	1,66	0,49	4,7	0,72
Sucessão	10,25	1,11	0,1	7,8	1,31

SENDO CBM (mg C kg^{-1} $solo^{-1}$); RBS (mg C-CO^{2} kg^{-1} $solo.h^{-1}$); qCO2 (mg C-CO^{2} 10^{-3} g^{-1} $CBM.h^{-1}$); COT (g kg) E qMIC (%). Fonte: O autor

Figura 2 - BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO NOS DIFERENTES SISTEMAS, SENDO CBM (mg C kg-1 solo-1); RBS (mg C-CO2.kg-1solo.h-1); qCO2 (mg C-CO2 10-3 g-1 CBM.h-1); COT (g kg) E qMIC (%).



Fonte: O autor

Observando a (FIGURA 2), quanto a Respiração Basal do Solo (RBS), é possível verificar que os diferentes sistemas apresentaram valores muito próximos

entre si. A respiração basal do solo (RBS) é definida como a soma total de todas as funções metabólicas nas quais o CO_2 é produzido. As bactérias e os fungos são os principais responsáveis pela maior liberação de CO2 via degradação da matéria orgânica (MO). A RBS possui uma estreita relação com as condições abióticas do solo, entre elas a umidade, temperatura e aeração. CATTELAN & VIDOR (1990) detectaram influência destas características, além da disponibilidade de substrato no solo, sobre a RBS e o carbono da BMS. A disponibilidade de C no solo tem sido descrita como fonte contribuidora para o aumento da RBS (DE-POLLI et al., 2007).

Em associação com a RBS, o quociente metabólico do solo (qCO2) pode ser determinado pela razão entre a RBS por unidade de C-BMS e tempo, sendo usado para estimar a eficiência do uso de substrato pelos microrganismos do solo (MERCANTE et al., 2008), podendo ser utilizado como sensível indicador de estresse quando a BMS-C é afetada.

Valores de qCO_2 demonstram o gasto energético da comunidade microbiana para realização das suas atividades (ALVES et al., 2011). Portanto, valores baixos deste atributo podem revelar baixo desgaste energético da biomassa, portanto maior eficiência de conversão de MO em nutrientes. Valores baixos de qCO_2 também pode revelar uma biomassa ineficiente ou uma MO de difícil decomposição (MELLONI, MELLONI & VIEIRA, 2013; CARNEIRO et al., 2008).

Dentro deste contexto e observando a correlação dos dados obtidos é possível apontar que os manejos de Mata e Sucessão foram considerados os sistemas mais eficientes quanto a atividade efetiva da biomassa microbiana. Esta afirmação se justifica pela relação direta com os altos valores de C-BMS para estes mesmos manejos. Porto et al. (2009) avaliando vários tipos de sistemas observou que a área de mata nativa apresentou menores valores de qCO_2, se comparado aos outros manejos, inclusive quando comparado com a sucessão. Já Silva et al. (2012), avaliando em duas distintas épocas, seca e úmida, observou valores de qCO_2 que não diferiram estatisticamente entre as áreas de mata em estágio médio e avançado e as áreas de agricultura, tanto perene quanto anual.

Dentre os sistemas integrados foi possível observar que o sistema LP foi o que se mostrou menos eficiente quanto as atividades metabólicas (valores de qCO_2), isto também se deve a relação direta com a baixa C-BMS. Mesmo com pouca diferença, ainda sim, este sistema foi o que apresentou RBS mais alta, o que confirma a existência de uma comunidade em número reduzido e em grande

desgaste energético, portanto, revelando algum grau de degradação do solo desta área.

No entanto, trabalhos como de Silva et al. (2011) apresentam que sistemas sob integração Lavoura-Pecuária favorecem um ambiente edáfico biologicamente mais ativo em comparação com outros sistemas que não sendo de integração, o sistema integrado de modo geral também permite a recomposição da comunidade da macrofauna invertebrada do solo (Silva et al., 2008).

A utilização de sistemas integrados ainda é muito baixa no Brasil, visto que a migração de um sistema especializado para um sistema mais complexo demanda de mais recursos em investimentos, infraestrutura, equipe especializada e maior capacidade gerencial (MARTHA Jr. et al.,2010).

Muitos trabalhos tem correlacionado valores de COT e CBM. COT ou teor do carbono total do solo representa quantitativamente a fração orgânica do solo e a sua quantificação auxilia no entendimento de suas várias propriedades químicas, físicas e biológicas (NELSON & SOMMERS 1982). Quanto maior os teores de COT maiores os valores de CBM.

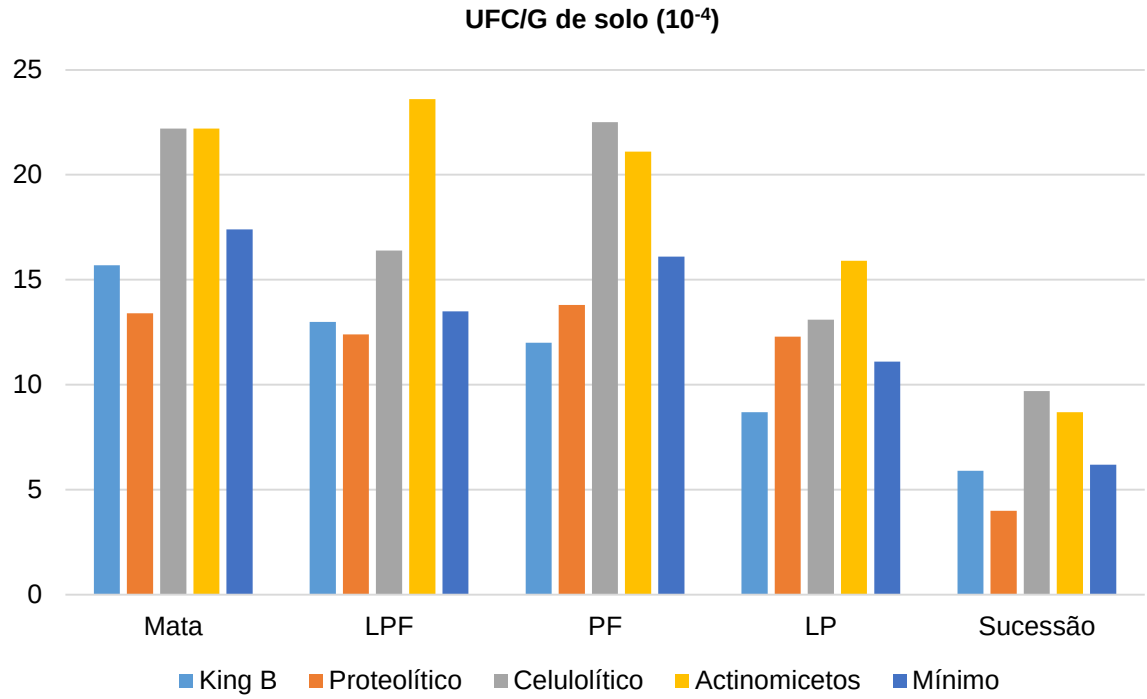
Neste trabalho, os sistemas de Mata, ILPF e IPF apresentaram teores de COT parecidos entre si (10,1; 10,9; 10,1, respectivamente) mas distinguiram muito quanto aos valores de CBM (15,89; 6,04; 5,78, respectivamente), estes dados podem estar demonstrando que existem outras influências além do COT para determinação da quantidade de C imobilizada pelos microrganismos.

O qMIC é dado em relação a quantidade de C do COT que é oriunda da comunidade microbiana e representa a qualidade da matéria orgânica do sistema. No presente trabalho, os maiores valores obtidos para este atributo também foram encontrados nos sistemas de Mata e Sucessão (1,57% e 1,31%, respectivamente) e a correlação também pode ser feita com os valores de C da biomassa. Alguns trabalhos tem utilizado o qMIC para aferir sobre qualidade de MO.

Silva et al. (2010b) observaram que o manejo influencia nos teores de qMIC. Neste trabalho, o maior valor encontrado foi na área de vegetação nativa, que apresenta grande deposição de resíduos orgânicos, onde existe uma grande quantidade de raízes e maior disponibilidade de água. Pragana et al. (2012) concluiram que manejos de plantio direto executados dentro de suas premissas fundamentais têm mantido altos valores de qMIC no solo, em alguns casos, apresentando valores muito semelhantes aos observados em solos submetidos a

condições naturais.

Figura 3 - UNIDADES FORMADORAS DE COLÔNIA POR GRAMA DE SOLO, SENDO OS VALORES APRESENTADOS NA BASE 10^{-4}.



FONTE: O Autor

Em relação aos meios utilizados observou-se que os microrganismos mais abundantes encontrados foram os actinomicetos, seguidos dos organismos celulolíticos. Segundo Dick et al., (1996), gêneros que apresentam populações grandes, diversas e adaptadas a um determinado tipo de solo, condição edafoclimática e plantas, vem sendo apontados como bons bioindicadores sobre alterações antróficas ou não acontecendo no solo.

Bactérias celulolíticas têm a habilidade bioquímica de produzir a enzima extracelular celulase. Na degradação da celulose, múltiplas espécies de microrganismos celulolíticos coexistem uns com os outros e também com outras espécies não-celulolíticas. Essas espécies competem diretamente por celulose, e pelos produtos gerados na hidrólise da celulose. Dessa maneira, a presença de um grande número de indivíduos desta classe revela, dentre outros fatores, mas principalmente, a qualidade da massa vegetal, ou seja, da MO que está sendo depositada naquele solo (LIMA, 2014).

Neste contexto, é possível observar, através dos dados obtidos que, no sistema sucessão, quando comparado com os outros manejos, ocorre um decréscimo significativo não só do grupo celulolítico, mas da diversidade microbiana

dos grupos funcionais como um todo. Segundo Castro et al., (1993) isto aponta mais uma vez sobre a importância da diversidade florística encontrada em sistemas conservados e integrados que tende a favorece o resgate de comunidades microbianas, tanto resilientes quanto raras.

Em relação aos manejos e, considerando somente o meio generalista (King B), utilizado para estimular o crescimento de colônias morfologicamente mais diversas, a Mata foi o sistema que apresentou valores médios de UFC mais altos (18,2), seguido de PF, ILP e LP (17,1; 15,8 e 12,2), o sistema que apresentou quantidade de UFC mais baixo foi o sistema de sucessão (6,9). A Mata também foi o sistema que apresentou melhor equilíbrio entre os organismos, possibilitando melhor divisão dos trabalhos a serem realizados demandando menor gasto de energia para a realização do mesmo.

O sistema da Mata e de Sucessão apresentam o mesmo perfil de distribuição de microrganismos, demonstrando que a forma da atividade é a mesma, mas com número de indivíduos é menor, sendo assim percebe-se que o manejo de uso intensivo não afeta apenas uma determinada classe de microrganismos, mas sim o sistema como um todo.

4 CONCLUSÕES

1. Os atributos biológicos considerados neste trabalho foram sensíveis as interferências existentes nos diferentes sistemas permitindo a aplicação como bioindicadores da qualidade do solo;
2. O sistema Sucessão soja/milho apresentou, junto com a Mata nativa, os maiores valores de CBM, qCO_2 e qMIC, revelando que sistemas intensivos, quando executados corretamente sobre as premissas do plantio direto, podem contribuir para a manutenção da biota do solo;
3. Os valores de CBM, qCO_2 e qMIC para os sistemas PF, ILP e LP, indicam que está havendo alguma degradação do solo, podendo ser decorrente de interferências antrópicas anteriores a instalação ou a manejos inadequados dos mesmos;
4. Os resultados não apresentam correlação entre o COT e a CBM, demonstrando que existem outros fatores envolvidos no incremento da BMS além da quantidade de carbono;
5. Os valores de UFC obtidos para o sistema Sucessão revelam que sistemas intensivos reduzem o número de cédulas viáveis como um todo e favorecem a sobrevivência e permanência somente dos mais resilientes;
6. Os valores de UFC obtidos para os sistemas PF, ILP e LP indicam uma instabilidade das comunidades funcionais revelando que, se houver ajustamento dos manejos, os mesmos poderão se recuperar e se tornarem, efetivamente, um sistema conservacionista.

5 REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO_2 (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology & Biochemistry.** Oxford, v. 25, n. 3, p. 393-395, mar. 1993.

ALVES, Tatiane dos Santos et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Sci., Agron. (Online)**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, Junho. 2011 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212011000200021&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 08/12/2016.

BALBINO, Luiz Carlos et al. **Marco referencial:** Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Brasília: Embrapa, 2011. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103901/1/balbino-01.pdf>. Acesso em: 20/10/2016.

BALBINOT JUNIOR, Alvadi Antonio et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, Setembro. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000600048&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05/12/2016.

BARIONI, Luís Gustavo; RODRIGUES, Rosane Cláudia. **Degradação de pastagens: práticas de recuperação.** 2000. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/sistemas-de-producao/degradacao-de-pastagens-praticas-de-recuperacao-5140/>. Acesso em: 11/11/2016.

BRAGA, Rafael Malfitano et al. BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA SOB DIFERENTES COBERTURAS FLORESTAIS. **CERNE**, Lavras , v. 22, n. 2, p. 137-144, Junho. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-77602016000200137&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 07/12/2016.

BUCKLAND, S. T.; ANDERSON, D. R.; BURNHAM, K. P. Introduction to distance sampling-estimating abundance of biological populations. **Oxford University Press**. Oxford: 2001, 432 p. 2001.

BUZINARO, Thais Nucci; BARBOSA, José Carlos; NAHAS, Ely. Atividade microbiana do solo em pomar de laranja em resposta ao cultivo de adubos verdes. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal , v. 31, n. 2, p. 408-415, Junho. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452009000200014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 08/12/2016.

CARDOSO, Evaldo Luis et al. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 44, n. 6, p. 631-637, junho. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-

204X2009000600012&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 05/12/2016.

CARMO, F. F. do. **Indicadores microbiológicos e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo no cerrado.** 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade de Brasília Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília/DF, 2011. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/10474>. Acesso em: 15/06/2016.

CARNEIRO, Marco Aurélio Carbone et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo,** [s.l.], v. 33, n. 1, p.147-157, fevereiro. 2009. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832009000100016> Acesso em: 01/12/2016

CARNEIRO, Marco Aurélio Carbone et al. Carbono orgânico, nitrogênio total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas cronosseqüências de reabilitação após a mineração de bauxita. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 621-632, Abril. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000200017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 08/12/2016.

CASTRO, O.M. de et al. Avaliação da atividade de microrganismos do solo em diferentes sistemas de manejo de soja. **Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 212-219, Setembro. 1993. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161993000200007&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 09/12/2016.

CATTELAN, A.J. & VIDOR, C. **Flutuação na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais.** R. Bras. Ci. Solo, 14:133-142, 1990.

CERRI, C. C.; VOLKOFF, B.; EDUARDO, B. P. **Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.9, p.1-4, 1985.

CONAB. **Levantamentos de safra.** 2015a. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>. Acesso em: 15/06/2016.

CONAB. **Séries históricas.** 2015b. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>. Acesso em: 15/06/2016.

D'ANDREA, A. F. et al. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 913-923, Dezembro. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832002000400008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05/12/2016.

DE-POLLI, Helvécio et al. Chloroform fumigation-extraction labile C pool (microbial biomass C "plus") shows high correlation to microbial biomass C in Argentinian and Brazilian soils. **Cienc. suelo**, Buenos Aires, v. 25, n. 1, p. 15-22, julho. 2007.

Disponível em: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672007000100003&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 08/12/2016.

DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. **Desafios da Produção Animal em Pastagens na Fronteira Agrícola Brasileira.** Belém: Embrapa, 2012. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/60327/1/Doc-382.pdf>. Acesso em: 11/11/2016.

DIAS FILHO, Moacyr Bernardino. **Desafios e perspectivas na recuperação de pastagens degradadas na Amazônia.** Belém: Embrapa, 2015. 38 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 414). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/133662/1/DOC-414.pdf>. Acesso em: 15/06/2016.

DIAS FILHO, Moacyr Bernardino. **Sistemas Silvipastoris na Recuperação de Pastagens Degradadas.** Belém: Embrapa, 2006. 30 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 258). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/28249/1/Doc258.pdf>. Acesso em: 15/06/2016.

DICK, R.P.; BREAKWILL, D. & TURCO, R. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrating biological indicators. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J. eds. Handbook of methods for assessment of soil quality. Madison, **Soil Science Society of America Specific Publications**, 1996. p. 242-272.

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

FERNANDES, P. C. C.; GRISE, M. M.; ALVES, L. W. R.; SILVEIRA FILHO, A.; DIASFILHO, M. B. **Diagnóstico e modelagem da integração lavoura-pecuária na região de Paragominas**, PA. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 33 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 327).

FILHO VENZKE, Solismar de Paiva. **Biomassa microbiana do solo sob sistema de plantio direto na região de Campos Gerais, Tibagi, PR**. 2003. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11138/tde-10022004-151043/>. Acesso em: 15/06/2016.

GHINI, Raquel; MORANDI, Marcelo Augusto Boechat. Biotic and abiotic factors associated with soil suppressiveness to Rhizoctonia solani. **Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)**, Piracicaba, v. 63, n. 2, p. 153-160, Abril. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162006000200007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16/11/2016.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi et al. **Sistemas de Produção: conceitos e definições**

no contexto agrícola. Londrina: Embrapa, 2012. 24 p. Disponível em: <http://core.ac.uk/download/pdf/15444488.pdf>. Acesso em: 05/12/2016.

INTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (Paraná). **Cartas climáticas do paraná:** classificação climática. 1998. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>. Acesso em: 03/11/2016.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effect of biocidal treatment on metabolismo in soil. V. A method of measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, [s.l.]. v. 8, p. 209-213, 1976.

JOHNSON, M. J.; LEE, K. Y.; SCOW, K. M. **DNA fingerprint reveals links among agricultural crops, soil properties, and the composition of soil microbial communities.** Geoderma, Amsterdam, v. 114, n. 3/4, p. 279-303, 2003.

KEULEN, H., SCHIERE, H. 2004. Crop-livestock systems: old wine in new bottles? In: Fischer, T. et al. (Eds.). **New directions for a diverse planet. Proceedings of the IV International Crop Science Congress**, Australia, 2004. CD ROM.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management.In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society American, 1994. p. 37-52. (Special Publication, 35).

MARTHA JR., G.B., ALVES, E.; MUELLER, C.C., VILELA, L**. Análise econômica e de risco da pecuária extensiva no Cerrado.** In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, SOCIOLOGIA E ADMINISTRAÇÃO RURAL, 48., 2010. Anais. Campo Grande: SOBER, 2010.

MELLONI, Rogério et al. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2461-2470, Dezembro. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000600023&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23/11/2016.

MELLONI, Rogério; MELLONI, Eliane Guimarães Pereira; VIEIRA, Lucas Lopes. Uso da terra e a qualidade microbiana de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1678-1688, Dezembro. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832013000600024&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 08/12/2016.

MENDES, I. de C.; HUNGRIA, M.; REIS JUNIOR, F. B. dos; FERNANDES, M. F.; CHAER, G. M.; MERCANTE, F. M.; ZILLI, J. **Bioindicadores para Avaliação da Qualidade dos Solos Tropicais: utopia ou realidade?** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. p. 31. Documentos 246. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/856406/1/bioindicadores.pdf>. Acesso em: 13/05/2016.

MENDES, I. de C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Propriedades biológicas em agregados de um LE sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasilera de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 27, p. 435- 443, 2003.

MERCANTE, Fábio Martins et al. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Sci., Agron.**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 479-485, Dezembro. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212008000400006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 08/12/2016.

MOREIRA, Adônis; MALAVOLTA, Eurípedes. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1103-1110, Novembro. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2004001100008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15/06/2016.

MOREIRA, Fátima M S; SIQUEIRA, José Oswaldo. **Microbiologia e Bioquímica do Solo.** 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. Disponível em: <http://www.prpg.ufla.br/solos/wp-content/uploads/2012/09/MoreiraSiqueira2006.pdf>. Acesso em: 22/06/2016.

MOREIRA, José Aloísio Alves et al. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 9:** Atributos Químicos e Físicos de um Latossolo Vermelho Distrófico sob Pastagens Recuperada e Degradada. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2004. 20 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/213620/atributos-quimicos-e-fisicos-de-um-latossolo-vermelho-distrofico-sob-pastagens-recuperada-e-degradada>. Acesso em: 11/11/2016

NEIVERTH, W. **Diversidade morfológica e genética de rizobactérias endofíticas obtidas de solos de diferentes classes e manejos de cultivo**. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2012.

NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R., eds. Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties. Part 2. Madison, **Soil Science Society of America**, 1982. p.539-579.

PANKHURST, C. E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R. (Ed). **Biological Indicators of Soil Health**. CAB International: Wallingford, 1997. Disponível em: http://www.isprambiente.gov.it/files/biodiversita/Pankhurst_1997_Biological_indicators.pdf. Acesso em: 15/06/2016.

PARTON, W.J.; SANFORD, R.L.; SANCHEZ, P.A. & STEWART, J.W.B. Modeling soil organic matter dynamics in tropical soils. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M. & WEHARA, G., eds. **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems.** Honolulu, NifTal Project, 1989. p.153-171.

PAVAN, M. A.; BLOCH, M. de F.; ZEMPULSKI, H. da C.; MIYAZAWA, M.;

ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade.** Londrina: Iapar, 1992. 40 p.

PEREIRA, Jamil de Morais. **Atributos biológicos como indicadores de qualidade do solo em Floresta de Araucária nativa e reflorestada no Estado de São Paulo**. 2012. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11138/tde-18092012-151354/>. Acesso em: 15/06/2016.

PORTO, Mônica Lima et al. Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no brejo paraibano. **Ciênc. agrotec.**, Lavras , v. 33, n. 4, p. 1011-1017, Agosto. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542009000400010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 08/12/2016.

PRAGANA, Rossanna Barbosa et al. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos Amarelos na região do Cerrado piauiense sob sistema plantio direto. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 36, n. 3, p. 851-858, June 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832012000300015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 08/12/2016.

RIBEIRO, J. M. **Atributos químicos e microbiológicos do solo em sistemas agroflorestais do norte de Minas Gerais.** 89 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2014. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/NCAP-9PYG9L/juliana_martins.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15/06/2016.

SANTOS, Danielle Cristina Fonseca et al. Microbial and soil properties in restoration areas in the jequitinhonha valley, Minas Gerais. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2199-2206, Dezembro. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832011000600035&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23/11/2016.

SILVA, Cristiane Figueira da et al. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio Vale do Paraíba do Sul (RJ). **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1680-1689, Dezembro. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832012000600002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 08/12/2016.

SILVA, Rodrigo Ferreira da et al. Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. **Pesqui. Agropecu. Trop.**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 130-137, Junho 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-40632013000200001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 08/12/2016.

SILVA, Rogério Ferreira da et al. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária**

Brasileira, Brasilia, p.1277-1283. 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Rogerio_Ferreira_da_Silva/publication/262657864_Joint_analysis_of_physical_and_biological_soil_attributes_under_crop-livestock_integration_system/links/53f73ba10cf2888a7497884f.pdf>. Acesso em: 08/12/2016.

SILVA, Rogério Ferreira da et al. Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy,** [s.l.], v. 30, n. 5, p.725-731, 12 dez. 2008. Universidade Estadual de Maringa. http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v30i5.5974. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/5974/5974>. Acesso em: 08/12/2016.

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, MG, v. 34, p. 1585-1592, 2010a.

SILVA, Rubens Ribeiro da et al. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes - MG. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1584-1592, Outubro. 2010b. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000500011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 08/12/2016.

TATE, K. R.; ROSS, D. J.; FELTHAM, C. W. A direct extraction method to estimate soil microbial- C- effects of experimental- variables and some diferente calibration procedures. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.20, n.3, p. 329-335, 1988.

TIEDJE, J. M.; CHO, J. C.; MURRAY, A.; TREVES, D.; XIA, B.; AHOU, J. Soil teeming with life: new frontiers for soil science. In: REES, R. M.; BALL, B. C.; CAMPEBELL, C. D.; WATSON, C. A. (Org.). **Sustainable management of soil organic matter.** Wallingford: CAB International, 2001. p. 393-412.

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

VASCONCELOS, M. C. A. de. **Avaliação dos indicadores químicos e biológicos de qualidade do solo d e cerrado degradado após o cultivo de leguminosas.** 59 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável)- Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2015. Disponível em: <http://tede.biblioteca.ucg.br/tde_arquivos/13/TDE-2015-06-10T085756Z-1937/Publico/MARIA%20CECILIA%20ALVES%20DE%20VASCONCELOS.pdf> Acesso em: 15/06/2016.

WINK, Charlote et al . A IDADE DAS PLANTAÇÕES DE Eucalyptus sp. INFLUENCIANDO OS ESTOQUES DE CARBONO. **Ciênc. Florest.**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 333-343, Junho 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982013000200333&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 08/12/2016.

6 APÊNDICE

Análise química

Manejo	C.O.T g kg	M.O. g kg	pH $CaCl_2$	P mg dm^3	K	Ca	Mg	Al $cmol_c$ dm3	H+Al	SB	CTC	% de Saturação Al	Ca	Mg	K	Bases (V %)
Mata	10,1	17,5	4,5	4,3	0,19	1,2	1,3	0,3	4,26	2,7	6,9	10,0	17,3	18,7	2,7	38,7
ILPF	10,9	18,8	5,1	78,7	0,49	2,4	0,7	0,0	1,89	3,6	5,5	0,0	43,8	12,8	8,9	65,6
IPF	10,1	17,5	5,2	19,1	0,26	1,5	1,1	0,0	3,13	2,9	6,0	0,0	25,0	18,4	4,3	47,8
ILP	4,7	8,1	5,6	15,8	0,14	1,5	1,1	0,0	1,92	2,7	4,7	0,0	32,2	23,6	3,0	58,7
Sucessão	7,8	13,4	4,8	20,3	0,08	1,5	1,0	0,2	2,89	2,6	5,5	7,2	27,4	18,3	1,5	47,2