

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

LEANDRO JAMERSON FONSECA

CARBONO E EMISSÃO DE CO₂ EM SISTEMA SILVIPASTORIS E
PASTAGEM COM APLICAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE

Uberlândia
2017

LEANDRO JAMERSON FONSECA

CARBONO E EMISSÃO DE CO₂ EM SISTEMA SILVIPASTORIS E PASTAGEM
COM APLICAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em solos e nutrição de plantas, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Beno Wendling

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

LEANDRO JAMERSON FONSECA

CARBONO E EMISSÃO DE CO₂ EM SISTEMAS SILVIPASTORIS E PASTAGEM
COM APLICAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração
em solos e nutrição de plantas, para obtenção do título de
Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra Regina Maria Quintão Lana
UFU

Prof. Dr Carlos Henrique Eiterer de Souza
UNIPAM

Dr. Marcos Vieira de Faria
UFU

Prof. Dr. Beno Wendling
ICIAG-UFU
(Orientador)

APROVADA em 31 de agosto de 2017.

Uberlândia (MG) - Brasil
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

- F676c
2017 Fonseca, Leandro Jamerson, 1977
 Carbono e emissão de CO₂ em sistema silvipastoris e pastagem com
 aplicação de biofertilizante / Leandro Jamerson Fonseca. - 2017.
 44 f. : il.
- Orientador: Beno Wendling.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.750>
 Inclui bibliografia.
1. Agronomia - Teses. 2. Adubação orgânica - Teses. 3. Biologia do
solo - Teses. 4. Florestas - Teses. I. Wendling, Beno. II. Universidade
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III.
Título.

CDU: 631

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

Dedico todo este esforço a minha eterna mãezinha Maria de Lourdes Leal (*in memoriam*), aos irmãos que sempre me apoiaram em todos os meus esforços em busca de mais conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a oportunidade de ter buscado me aperfeiçoar sempre com o apoio de minha família e amigos.

Agradeço ao Professor Dr. Beno Wendling pela orientação, suporte e por sempre ter acreditado em mim.

Ao Dr. Marcos Vieira de Faria pela execução do trabalho, à Dra. Regina Maria Quintão Lana o meu muito obrigado pela ajuda, ensinamentos durante a graduação e o mestrado.

Ao Laboratório de Análise de Solos (LABAS) e ao ICIAG pela participação nesse estudo, cumprimento a todos, em especial aos técnicos: Eduardo Oliveira Chagas, Gilda Pereira de Resende Fernandes, Marinho Monteiro dos Santos, Manoel Ribeiro Reis e à secretária Angélica das Graças Borges Silva.

Agradeço a todos os integrantes do projeto de pesquisa que participaram dos dias suados de campo. Em especial Ademir, Rafaela, Laura e João Carlos.

Agradeço enormemente meus amigos da pós-graduação, pelo companheirismo e ajuda nos estudos, em especial: Douglas, Daniel, Diego, Ernane, Finzi, Marcão, Gabi, Mara, Tales, Patron (outro nível), Carol, Eric.

À SEAP Eucaliptos tratados, Globo Verde Mudas e Sementes e à Fazenda Bonsucesso pelo apoio à pesquisa.

À UFU e FAPEMIG pelo auxílio financeiro.

RESUMO

FONSECA, LEANDRO JAMERSON. **Carbono e emissão de CO₂ em Sistemas Silvopastoris e Pastagem com aplicação de biofertilizante**. 2017. 44 p. Dissertação de (Mestrado em Agronomia/Solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 2017.

Atualmente, em todo o território brasileiro é possível encontrar pastagens degradadas em maior ou menor proporção. A sua recuperação é um grande desafio para o produtor e depende da técnica a ser utilizada e dos seus custos. Uma das alternativas que vem ganhando espaço são os Sistemas de Integração Pecuária/Floresta ou Sistemas Silvopastoris (SSP's). O Brasil é um dos grandes produtores mundiais de carne suína, sendo que a sua matriz de produção gera muitos resíduos, principalmente a água residuária de suinocultura, que após passar por um processo de digestão pode ser aplicado em pastagens ou Sistemas Silvopastoris como um biofertilizante líquido. Entretanto, a aplicação não pode ser em excesso, pois pode causar problemas, tais como, lixiviação de nutrientes no solo, contaminação do lençol freático e desequilíbrio do balanço de CO₂ no sistema agrícola. O objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade biológica do solo por meio da quantificação do fluxo de CO₂, quantificar o carbono orgânico total (COT), o carbono nas frações humina, ácidos húmicos e ácidos fúlvicos e correlacioná-la com a Capacidade de Troca Catiônica, CTC do solo, após a aplicação do biofertilizante nas doses 0, 200, 400, 600 e 800 m³ha⁻¹ano⁻¹, em uma área de pastagem e com Sistemas Silvopastoris (eucalipto plantado em linha simples e eucalipto plantado em linha dupla). Na emissão de CO₂/respiração basal do solo houve uma maior atividade nos primeiros dias analisados e nas maiores doses de aplicação do biofertilizante. No experimento da pastagem e eucalipto linha dupla apenas na dose 0 (controle) não foi possível construir um modelo de regressão (dias versus emissão de CO₂), no 2º experimento isto ocorreu tanto na dose 0 quanto na dose 200 m³ha⁻¹ano⁻¹. Para as demais doses do biofertilizante os modelos foram significativos a 0,05% e o modelo exponencial negativo foi o que melhor se ajustou aos dados coletados. Em relação ao Carbono Orgânico Total (COT), Carbono da Fração Humina, da Fração Ácido Húmico da Fração Ácido Fúlvico e Capacidade de Troca Catiônica (CTC) houve uma maior concentração desses com o aumento das doses do biofertilizante, exceto para o experimento da pastagem. Para as variáveis analisadas o modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados coletados foi o modelo linear positivo, ou seja, com o aumento da dose do biofertilizante há um aumento (COT), Carbono da Fração Humina, Carbono da Fração Ácido Húmico e Carbono da Fração Ácido Fúlvico. Esse aumento nos leva a considerar que há uma melhoria nos parâmetros orgânicos do solo com possível consequência para sua fertilidade, já que o aumento dos ácidos húmicos e fúlvicos contribui para um aumento da CTC do solo.

Palavras-chave: Integração pecuária/floresta. Adubação orgânica. Fracionamento da matéria orgânica. Atividade microbiológica. Respiração basal do solo.

ABSTRACT

FONSECA, LEANDRO JAMERSON. **Carbon and CO₂ emissions in Silvopastoral System and pasture with biofertilizer application.** 2017. 44 p. Dissertation (Master Program Agronomy/Soils and plant nutrition) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.2017

Nowadays, pasture degradation is a widespread phenomenon throughout the Brazilian territory, although the proportion of affected area is regionally variable. For addressing this concern, the integration of forest and livestock, through silvopastoral systems, is an alternative that has been gaining space among producers. On the other hand, Brazil is one of the world's leading producers of pork meat, which generates massive amount of waste, such as swine wastewater. After passing through the biodigestion process, the swine wastewater is used as a liquid biofertilizer in conventional pastures or in silvo-pastures. However, adverse impacts have been attributed to swine wastewater overdoses, such as groundwater contamination and increased greenhouse gas emissions. The objective of this work was to evaluate soil-biological activity by measuring carbon dioxide flux in three pasture conditions (conventional, silvopastures with single lines of *Eucalyptus* sp., and silvopastures with double lines of *Eucalyptus* sp.) after the application of biofertilizer in five dosages (0, 200, 400, 600 and 800 m³ha⁻¹ano⁻¹). In addition to total organic carbon (TOC), fulvic acid (FA), humic acid (HA), humin and cation exchange capacity (CEC) were also measured. As expected, CO₂ emission or basal respiration of the soil showed greater activity in the first days after application, especially when larger dosages were used. No consistent pattern was observed from measurements in pastures without addition of biofertilizer, as well as in the silvopastoral system with double line of *Eucalyptus* sp. (0 and 200 m³ha⁻¹ano⁻¹). For other time series, a significant correlation was found between CO₂ emission and time after biofertilizer was used (days), given that Carbon dioxide emission reduces exponentially, day after day. We also evidenced that increasing biofertilizer dosages promotes increasing carbon concentration in a constant linear relation. The same pattern was evidenced in fractioned organic matter (FA, HA and humin). Our results corroborate to assumption that the prediction of overdose is feasible, as well as the anticipation of the response of specific attributes of the soil, such as CEC. However, in this experiment even the highest doses showed positive responses to fertility, increasing soil CEC.

Keywords: Livestock-forestry integration. Organic fertilization. Fractionation of organic matter. Microbiological activity. Soil basal respiration.

Sumário

1 Introdução	1
1.1 Objetivo geral	3
1.2 Objetivo específico	3
2 Revisão da Literatura.....	4
2.1 Uso e preservação do solo	4
2.2 Sistemas Agrosilvipastoris	6
2.3 Uso de águas residuais de suinocultura como fertilizante	7
2.4 Indicadores de alterações no solo, substâncias húmica e CTC	9
3 Material e Métodos.....	11
3.1 1º Experimento: Pastagem de <i>Brachiaria brizantha</i> “solteira”	15
3.2 2º Experimento: Sistema Silvipastoril (Eucalipto em linha simples + <i>Brachiaria brizantha</i>)	16
3.3 3º Experimento: Sistema Silvipastoril (Eucalipto em linha dupla + <i>Brachiaria brizantha</i>)	17
3.4 Medidas de campo	18
3.4.1 Medida de CO ₂ /Respiração basal do solo	18
3.4.2 Coleta de solo	19
3.5 Análise de laboratório	19
3.5.1 Determinação do teor de Carbono Orgânico Total	19
3.5.2 Teor de carbono nas frações ácido fúlvico e ácido húmico	20
3.5.3 Determinação do teor de carbono na fração humina	20
3.6 Análises dos dados.....	21
4 Resultados e Discussão.....	22
4.1 Influência da temperatura na atividade microbiana do solo/Emissão de CO ₂	22
4.2 Respiração basal do solo/Emissão de CO ₂	23

4.3 Carbono Orgânico Total (COT), Carbono das Frações Humina, Ácido Húmico, Ácido Fúlvico e Capacidade de Troca Catiônica (CTC potencial)	31
5 Conclusões	38
Referências.....	39

1 Introdução

O solo é um componente fundamental do ecossistema terrestre, pois, além de ser o principal substrato utilizado pelas plantas para o seu crescimento e disseminação, fornecendo água, ar e nutrientes, exerce, também uma multiplicidade de funções como regulação da distribuição, escoamento e infiltração da água da chuva e de irrigação, armazenamento e ciclagem de nutrientes para as plantas e outros elementos, bem como ação filtrante e protetora da qualidade da água e do ar.

O solo é passível de ser degradado em função do uso inadequado pelo homem, condição em que o desempenho de suas funções básicas fica severamente prejudicado, principalmente naqueles que sofrem mais diretamente a interferência humana como os sistemas agrícolas e urbanos.

Nesse contexto, as condições do solo e seus atributos (químicos, físicos e biológicos) revelam natureza dinâmica e são facilmente afetadas pelo cultivo ou resultantes da aplicação de fertilizantes e outros agroquímicos. Portanto, sistemas de cultivo que preservem esses atributos devem ser priorizados.

Um dos manejos agrícolas que têm sido difundidos como conservacionistas são os Sistemas agroflorestais pecuários ou Sistemas Silvipastoris (SSP's), que consistem em um modo de manejo mais sustentável que combina a produção de espécies lenhosas com cultivos agrícolas e, ou animais, de forma simultânea ou consecutiva, na mesma unidade de terreno, otimizando o uso da terra e a rentabilidade do empreendimento (EMBRAPA, 2009).

O Agronegócio Brasileiro é constituído de várias atividades que geram muitas riquezas para o país. Uma das atividades mais importantes é a suinocultura, entretanto é uma atividade que demanda uma grande quantidade de insumos e, conseqüentemente, gera muitos resíduos. Seu impacto ambiental é causado pela água residuária produzida pelos sistemas confinados de produção, que necessitam de grandes quantidades de água para a dessedentação dos animais e limpeza das baias.

Existe a necessidade de dar uma destinação adequada aos dejetos suínos, ou seja, investir em formas de tratamento, armazenamento, transporte e disposição para que o dejetos não contamine o meio ambiente e tenha um reuso mais sustentável. O uso da Água Residuária de Suinocultura (ARS) vem sendo cada vez mais enfatizado como

alternativa para minimizar custos com a adubação mineral, aumentar o teor de matéria orgânica no solo e promover aumento na produção de massa seca em pastagens ($t\ MS\ ha^{-1}\ ano^{-1}$), sendo este um relevante requisito para aumentar o número de bovinos em áreas de pastejo (SERAFIM, 2010).

De acordo com a Legislação Brasileira, a ARS pode ser enquadrada como um biofertilizante (BRASIL, 2014). Sendo que, a sua incorporação no solo afeta positivamente os atributos físicos, químicos e biológicos e, consequentemente, a produtividade agrícola. Entretanto, é necessário avaliar os efeitos do seu uso no sistema agrícola.

Para tanto, é necessário o uso de indicadores que mostrem uma melhoria dos atributos do solo e de produtividade. Atualmente existem vários indicadores eficazes para medir atributos e processos no sistema agrícola. Indicadores biológicos e bioquímicos representam diferentes aspectos da qualidade do solo nos diferentes ecossistemas. Eles podem ser utilizados para monitorar três funções ou parâmetros básicos: estrutura ou desenvolvimento do solo, estoque de nutrientes e atividade biológica.

A atividade biológica do solo é proporcionada por organismos que o habitam, (fungos, bactérias e microfauna), considerados consumidores primários e caracterizados pela elevada atividade respiratória/emissão de CO_2 . Assim, a respiração do solo é um processo crucial ao funcionamento dos ecossistemas e reflete a intensidade dos processos degradativos, servindo de indicador da dinâmica do carbono.

A incorporação de biofertilizantes no solo proporciona um aumento da Matéria orgânica e mudanças na dinâmica do carbono desse solo, o que pode refletir na fertilidade do mesmo. A matéria orgânica do solo possui constituição complexa, sendo formada por frações denominadas de substâncias húmicas que são divididas em três (3) frações: humina, ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, sendo que, os ácidos húmicos e fúlvicos têm como principal característica proporcionar um aumento na Capacidade de Troca Catiônica do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

1.1 Objetivo Geral

- Avaliar o efeito da aplicação de doses (0, 200, 400, 600 e 800 m³ha⁻¹ano⁻¹) de biofertilizante líquido oriundo de lagoa de estabilização de dejetos suíno no Carbono e Emissão de CO₂ em solo cultivado em Sistemas Silvopastoris e Pastagem “solteira”.

1.2 Objetivos Específicos

- Quantificar o efluxo de CO₂ do solo;
- Determinar o carbono orgânico total (COT) do solo;
- Avaliar o carbono nas frações húmica, ácidos húmicos e ácidos fúlvicos da matéria orgânica no solo nos diferentes tratamentos e correlacioná-lo com a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) após a aplicação do biofertilizante.

2 Revisão da Literatura

2.1 Uso e preservação do solo

O solo é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, contendo matéria viva e ocupando a maior porção do manto superficial das extensões continentais do planeta.

De acordo com Blum e Santelises (1994), o solo possui seis funções principais, sendo três ecológicas e três ligadas à atividade humana. As funções ecológicas são: produção de biomassa (alimentos, fibras e energia); filtração, tamponamento e transformação da matéria para proteger o ambiente, e serve também como habitat biológico e reserva genética de plantas, animais e organismos. As funções ligadas à atividade humana são: meio físico que serve de base para estruturas industriais e atividades sócioeconômicas, habitação, sistema de transportes e disposição de resíduos; fonte de material particulado (areia, argila e minerais) e por último, constitui parte da herança cultural, paleontológica e arqueológica, importante para a preservação da história da humanidade.

As funções relacionadas ao uso agrícola do solo têm-se intensificado nos últimos 50 anos, o que proporcionou um notável aumento na produção alimentar. Entretanto, em muitos locais essa intensificação tem sido associada às práticas de gestão, as quais têm degradado os sistemas de solo e água, elementos indispensáveis à produção alimentar.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a degradação generalizada e o aprofundamento da escassez dos recursos do solo e da água colocam em risco vários sistemas essenciais de produção alimentar no mundo. O relatório da FAO (2011) forneceu, pela primeira vez, uma avaliação global do estado dos recursos dos solos do planeta, ressaltando que 25% estavam deteriorados. Já o relatório publicado em 2015 revela que este índice pode ter chegado a 33% dos solos mundiais degradados. Segundo o documento, a degradação e a escassez dos solos e da água impõem um novo desafio à tarefa de alimentar uma população mundial que deve chegar até, 2030, em 8,5 bilhões de pessoas (FAO, 2015).

A ONU (Organização das Nações Unidas) calcula que o total de solos degradados no mundo é de 2 bilhões de hectares, área do tamanho dos Estados Unidos e

Canadá juntos e o avanço da catástrofe é de 20 milhões de hectares por ano. Esses fatos motivaram a ONU declarar 2015 como o Ano Internacional dos Solos.

Com 23% das terras potencialmente cultiváveis, 12% das terras atualmente cultivadas e 46% das florestas tropicais do mundo, a América Latina e Caribe são uma das regiões mais ricas do mundo. Entretanto, cerca de 50% dos solos latino-americanos estão sofrendo algum tipo de degradação. As principais ameaças para o solo latino-americano são a erosão, perda de carbono orgânico e salinização, segundo relatório publicado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2015).

Estimativas da área do território nacional que apresentam problemas de degradação estariam na ordem de 140 milhões de hectares de terras degradadas, isso corresponde a 16,5 % da área do país. Destes, 30 milhões de hectares seriam somente de pastagens degradadas (ANDRADE; FIGUEREDO, 2014).

A ONU descreve que dos mais de 200 milhões de hectares de pastagens existentes no Brasil, a perda de solos por processos erosivos é estimada em mais de 3 bilhões de toneladas por ano. Segundo a FAO (2015), o Brasil tem necessidade urgente de mais pesquisas que demonstrem com clareza as seguintes informações para então reverter o processo de degradação dos solos: estudos da erodibilidade, implantação de práticas específicas de conservação do solo e mapeamento hidrográfico das microbacias; e, eliminação e/ou substituição das práticas extrativistas de exploração do solo por sistemas de produção sustentáveis que tenham como meta o correto manejo e a conservação do solo (FAO, 2015).

O Cerrado ocupa 203,4 milhões de hectares, o que corresponde a aproximadamente 24% do território nacional, abrangendo o Distrito Federal e mais 11 estados. Com características únicas, tem importância estratégica no cultivo de grãos e na pecuária, sendo o bioma com a maior produção agropecuária do País (BRASIL, 2015).

O projeto Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo do Cerrado identificou que mais da metade das pastagens localizadas no cerrado brasileiro podem estar em algum estágio de degradação. São 32 milhões de hectares em que a qualidade do pasto está abaixo do esperado, comprometendo a produtividade e gerando prejuízos econômicos e ambientais. A recuperação poderia ajudar até a triplicar a produção de carne nessas áreas ou contribuir para a expansão da agricultura, além de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (BRASIL, 2015).

A recuperação das pastagens, quando for possível adotá-la, é uma prática viável tanto técnica, quanto economicamente. Do ponto de vista ambiental, a recuperação de pastagens é muito interessante, porque, entre outras razões, evita o desmatamento de novas áreas para a formação de novas pastagens. Entretanto, essa recuperação envolve um custo inicial alto e com retorno a médio/longo prazo, muitas vezes não sendo atrativa para a maioria dos produtores rurais brasileiros (BALBINO, et. al. 2011).

Vários fatores tornam a recuperação de pastagens uma atividade cara, dentre elas Oliveira e outros (2007) elencam: a compra de sementes, aração, gradagem, calagem e adubações. Além disso, o produtor deverá esperar o estabelecimento dessa área para poder usufruir do investimento aplicado. Essa é uma atividade que possui grande variação de preço, já que o território brasileiro é extenso. De acordo com o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural de Mato Grosso do Sul (SENAR/MS) - a reforma de áreas de pastagens degradadas, no ano de 2014, chegou a custar entre R\$ 1,5 mil e R\$ 2 mil por hectare, sem considerar o tempo de espera do retorno de investimento (SENAR, 2014).

2.2 Sistemas Agrosilvipastoris

Uma das alternativas para a recuperação de pastagem e diversificação de produtos na propriedade é o Sistema de Integração Pecuária e Floresta, Sistema Silvopastoril (SSP), que consiste em um modo de manejo sustentável da terra que combina a produção de espécies lenhosas com cultivos agrícolas e, ou animais, de forma simultânea ou consecutiva, na mesma unidade de terreno, otimizando o uso da terra e a rentabilidade do empreendimento (BALBINO, et. al. 2011).

De acordo com Silva (1999), no Sistema Silvopastoril, a presença de árvores pode conservar e/ou melhorar a qualidade do solo por favorecerem o controle da erosão, a ciclagem de nutrientes e a adição de matéria orgânica; utilizar a radiação solar mais eficientemente do que em pastagens em monocultivos e capturar nutrientes e umidade do solo em diferentes profundidades, diminuindo então a dependência de entradas externas de nutrientes ou estabelecendo uma relação benefício/custo mais positiva.

O produtor rural pode adotar o Sistema Silvopastoril com base em alguns objetivos, que podem ser: a conservação do solo, melhoria das condições ambientais (proteção contra geadas, ventos frios, granizo, tempestades, altas temperaturas) e, portanto, melhoria da saúde dos animais e proteção das pastagens, até a disponibilidade

de madeira na propriedade rural para os diferentes usos, a renda adicional em madeiras comerciais e, inclusive, o manejo da paisagem (SCHREINER, 1994; VILELA, 2001)

Dentre as diversas espécies que podem ser utilizadas no Sistema, o eucalipto destaca-se pela facilidade de cultivo, adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, rápido crescimento, potencial para usos múltiplos, boa fonte de renda para o produtor e, principalmente, por apresentar uma arquitetura de copa que permita a sua consorciação tanto com a cultura, quanto com o pasto (VIANA et al., 2012).

2.3 Uso de águas residuais de suinocultura como fertilizante

Segundo a Associação dos Produtores e Exportadores de Carne Suína (ABIEPCS), a suinocultura representa uma das atividades mais importantes para o agronegócio brasileiro, caracterizada por uma produção intensiva e confinada de animais. A expansão da suinocultura para produção de carnes e seus derivados acompanhou o crescente mercado interno e a participação do Brasil no mercado internacional, sendo o quarto maior produtor de carne suína para exportação (ABIEPCS, 2013).

A expansão do setor trouxe como consequência um aumento considerável no volume de resíduos produzidos. Seu principal impacto ambiental é causado pela água residuária produzida pelos sistemas confinados de produção. O volume de água, (considerando todos os usos da granja) consumido diariamente na unidade de criação de suínos varia em relação ao sistema de criação, sendo divididas em: unidade de produção de leitões, com consumo de 35,3 Litro/animal/dia; unidade de produção de desmamados 27,8 litros/animal/dia, crechários com 2,5 litros/animal/dia; unidade de terminação 8,3 litros/animal/dia e ciclo completo com 72,9 litros/animal/dia (FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE, FATMA, 2014).

Sousa (2014), estudando os parâmetros físico-químicos de lagoas de estabilização de dejetos suínos em uma granja na região do Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais, observou que existe uma variação entre os parâmetros de acordo com a fase de desenvolvimento dos animais.

O potencial poluidor do dejetos suíno também não deve ser generalizado, não só pela fase de desenvolvimento dos animais, quanto pela região em que se localiza a unidade produtora (NOLASCO, 2005; SOUSA, 2014). Isto se agrava quando o produtor não faz uso de tecnologias para dar destinação adequada ao resíduo. Não é raro

encontrar nas mídias notícias como a que veiculou o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) relatando a autuação de duas propriedades rurais que despejaram os resíduos de suinocultura em um córrego que afetou o abastecimento de água da cidade de Prudentópolis/PR (IAP, 2012).

Portanto, existe a necessidade de dar a destinação adequada aos dejetos suínos. Contudo, em muitos casos o produtor não tem acesso às tecnologias ou recursos financeiros para investir em formas de tratamento, armazenamento, transporte e disposição do resíduo. O aproveitamento econômico dos dejetos é um termo mais adequado para o que se convencionou chamar de “tratamento dos dejetos”, sendo que na realidade, em sistemas de produção animal raramente se utiliza sistemas de tratamento dos efluentes, e sim tecnologias e sistemas de manejo para aproveitamento ou simplesmente distribuição dos dejetos no solo (BRASIL, 2016).

Uma das alternativas viáveis de reaproveitamento dos resíduos é o seu uso como biofertilizante. O biofertilizante é um co-produto obtido após a digestão anaeróbia de dejetos de animais no interior do biodigestor e apresenta alta qualidade para uso agrícola, podendo reduzir a necessidade de fertilizantes nitrogenados e podem ser utilizados em várias atividades, tais como: em diversas culturas, pastagens de gramíneas e no florestamento. Isso pode representar outra fonte de renda complementar a suinocultura, além de diminuir o impacto ambiental desde que usados de forma correta (BRASIL, 2016).

A Legislação Brasileira normatiza a classificação das substâncias usadas na agricultura como fertilizante, sendo que por definição um biofertilizante é um produto que contém princípio ativo ou agente orgânico isento de substâncias agrotóxicas capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante (BRASIL, 2014).

O uso de biofertilizantes líquidos deve ser realizado de forma criteriosa, pois contém matéria orgânica e nutrientes que alteram a dinâmica dos microorganismos no solo (fluxo do C e CO₂), podendo até ser lixiviado para o lençol freático. Portanto, é necessário estabelecer e avaliar alguns indicadores para o correto uso desse produto.

2.4 Indicadores de alterações no solo, substâncias húmica e CTC

De acordo com Araújo e Monteiro (2007), os indicadores biológicos e bioquímicos do solo podem ser utilizados no monitoramento das alterações ambientais decorrentes do uso agrícola, sendo ferramentas para orientar o planejamento e avaliar práticas de manejo utilizadas.

Um dos indicadores biológicos do solo é a biomassa microbiana, que representa a parte viva da matéria orgânica do solo. Ela é composta por bactérias; fungos e representantes da microfauna, exercendo importantes funções do solo, como a ciclagem de nutrientes e energia e regulando as transformações da matéria orgânica (TURCO et al., 1994). Portanto, a biomassa microbiana representa um compartimento lábil de muitos nutrientes, sendo reciclados rapidamente, com tempo de residência em torno de três meses (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Outro indicador é a respiração do solo, que é a oxidação biológica da matéria orgânica a CO₂ pelos microrganismos aeróbios, ocupa uma posição chave no ciclo do carbono nos ecossistemas terrestres. A avaliação da respiração do solo/emissão de CO₂ é a técnica mais frequente para quantificar a atividade microbiana, sendo positivamente relacionada com o conteúdo de matéria orgânica e com a biomassa microbiana (ALEF, 1995).

A interpretação dos resultados da atividade biológica deve ser feita com critério, pois uma alta taxa de respiração pode significar, em curto prazo, liberação de nutrientes para as plantas e, em longo prazo, perda de carbono orgânico do solo para a atmosfera (PARKIN et al., 1996).

Quanto aos atributos bioquímicos do solo, as substâncias húmicas tem sido objeto de estudos devido sua relação com as propriedades físico-químicas dos solos e interação com metais e compostos orgânicos. O fracionamento das substâncias húmicas do solo resulta em três principais frações químicas, denominados ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (H) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

As substâncias húmicas são compostos orgânicos oriundos da decomposição de resíduos vegetais e animais do ambiente, que podem ser utilizados como insumos alternativos para o manejo de diversas culturas. Suas propriedades químicas, microbiológicas e físicas podem garantir um incremento na produtividade em decorrência dos benefícios que promovem para a estrutura física e química do solo e para o metabolismo da planta (CARON, et. al., 2015).

Segundo Moreira e Siqueira (2006), a humina apresenta-se insolúvel em meio alcalino e meio ácido, possui baixa capacidade de reação, elevada hidrofobicidade e forte interação com os componentes inorgânicos. Os ácidos Húmicos são solúveis em meio alcalino, insolúveis em meio ácido diluído, possuem coloração escura e são macromoléculas de massa molecular relativamente elevada. Os ácidos fúlvicos possuem menor massa molecular e maior solubilidade e mobilidade no solo e são mais reativos pela maior quantidade de grupos carboxílicos e fenólicos.

Os ácidos fúlvicos contêm mais grupamentos – COOH por unidade de massa em relação aos ácidos húmicos e, juntamente com a soma dos grupamentos fenólicos, caracterizam maior acidez total, apresentando maior Capacidade de Troca Catiônica (CTC) que os ácidos húmicos. Mesmo quando comparado com uma argila silicatada 2:1, que contém em média $200 \text{ cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$, as substâncias húmicas superam na capacidade tampão do solo. Os ácidos Fúlvicos se dissociam mais facilmente, com isso possuem maior decomponibilidade e contribuem imediatamente para a CTC do solo, aproximadamente $1.400 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, um parâmetro importante para a fertilidade do solo em sistemas produtivos (BENITES et. al., 2003).

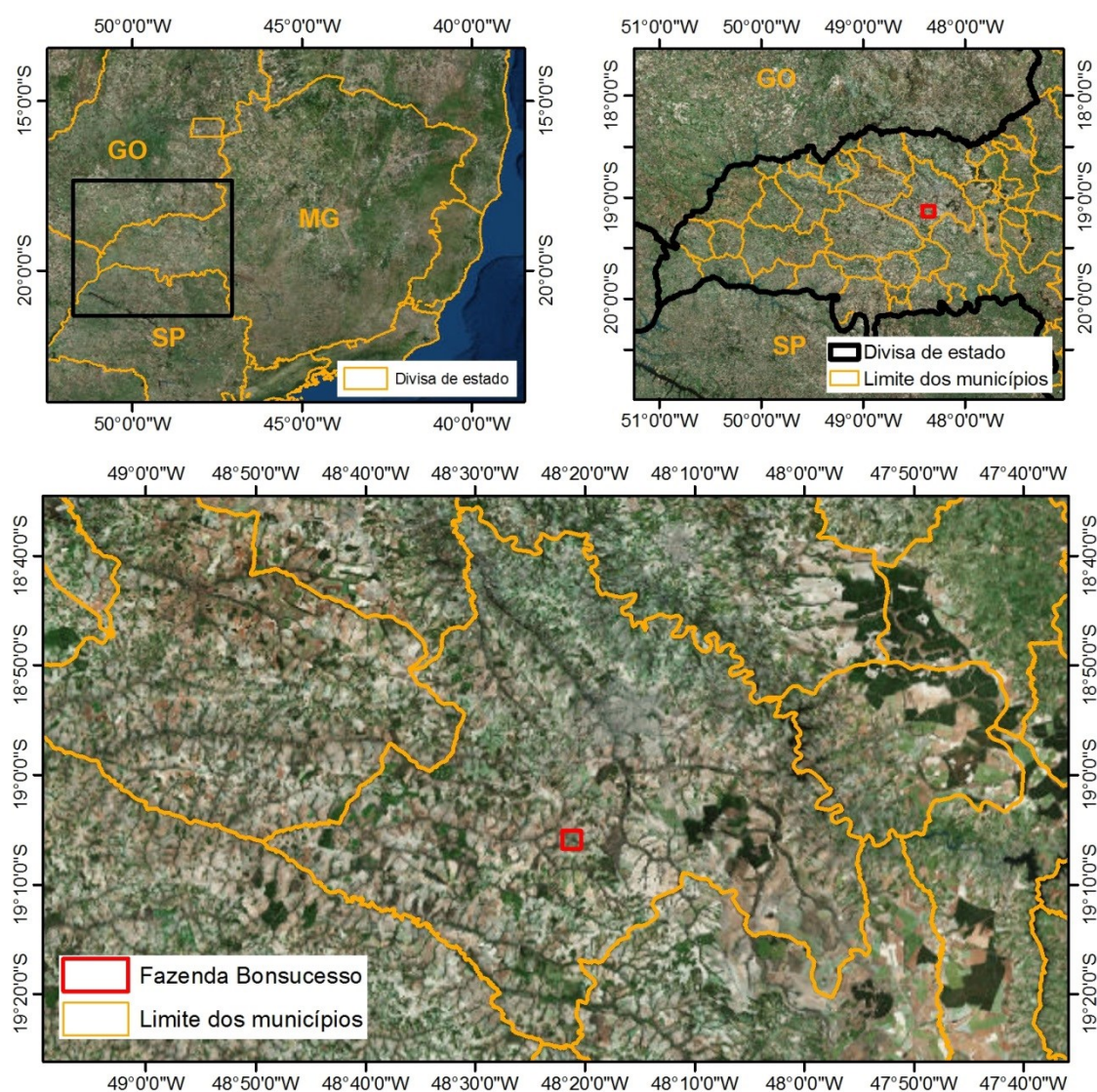
Existem alguns trabalhos que relacionam o uso de água residuária de suinocultura e o seu comportamento no solo, principalmente com o carbono e a CTC, pode-se citar o trabalho de Bolzani e seus colaboradores (2012), que estudando a aplicação de água residuária de suinocultura em Latossolo vermelho distrófico, com textura argilosa e outro com textura arenosa observaram que houve aumento da CTC efetiva com a adição de efluente nos solos de textura arenosa, sendo que nos solos de textura argilosa não foi observado esse aumento. Para os valores de carbono orgânico não houve diferença com o aumento da dose, que segundo o autor pode ser atribuído à baixa relação C/N do composto, o que evidenciou que a mineralização foi muito rápida.

Segundo Homem e outros (2014) estudando o efeito de sucessivas aplicações de água residuária de suinocultura em Latossolo Vermelho Amarelo, cultivado com pastagem, observaram que houve aumento da CTC efetiva após a aplicação desse composto em relação ao solo anteriormente sem aplicação. Os autores descrevem também que o maior aumento da CTC ocorre entre a última aplicação e até 82 dias após, atribuindo isto ao fato das transformações da matéria orgânica com o passar do tempo.

3 Material e Métodos

O trabalho foi realizado na Fazenda Bonsucesso, no município de Uberlândia, MG, entre os anos de 2014 e 2016. A fazenda localiza-se no Km 20 da rodovia Uberlândia – Campo Florido, entre as coordenadas geográficas: Latitude $19^{\circ}05'00''\text{S}/19^{\circ}06'00''\text{S}$ e Longitude $48^{\circ}22'00''\text{W}/48^{\circ}21'00''\text{W}$ (Figuras 01 e 02).

Figura 01. Mapa geral de localização da fazenda Bonsucesso.



Fonte: Google Earth, modificado pelo autor.

Figura 02. Local de realização do experimento.



Fonte: Google Earth, modificado pelo autor.

O experimento foi conduzido sob uma área de Cerrado já estabelecida com pastagem de *Brachiaria brizantha*, em um solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico, com textura arenosa (11,4% argila, 8,8% silte, 48,8 % areia e 31,0% de areia grossa) caracterizada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 2011).

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo para caracterização química (**Tabela 01**).

Tabela 01. Caracterização química do solo da área experimental, Uberlândia-MG.

Prof.	pH H ₂ O	P	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al ³⁺	SB	T	V	m	M.O.
cm		-- mg dm ⁻³ --		-----		cmol _c dm ⁻³ -----				--- % ---		g kg ⁻¹
00-20	5,7	9,6	29	0,0	0,9	0,5	1,8	1,47	3,27	45	0	17
20-40	5,7	3,3	15	0,0	0,7	0,2	1,8	0,94	2,74	34	0	7
40-60	5,4	1,3	13	0,3	0,5	0,2	1,6	0,73	2,33	31	29	8

Fonte: Acervo do projeto.

SB = Soma de Bases; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação de. Base; m = Saturação de. Alumínio; P, K, Na = [HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹]; S-SO₄ = [Fosfato Monobásico Cálcio 0,01 mol L⁻¹]; Ca, Mg, Al = [KCL 1 mol L⁻¹]; H + Al = [Solução Tampão SMP a pH 7,5]; M.O. = Método Colorimétrico; B = [BaCl₂ · 2H₂O 0,0125% à quente]; Cu, Fe, Mn, Zn = [DTPA 0,005 mol L⁻¹ + TEA 0,1 mol⁻¹ + CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ a pH 7,3].

O sulcamento da linha de plantio foi realizado com sulcador a uma profundidade de 40 cm (**Figura 02**). O plantio das mudas de Eucalipto (*Corimba citriodora*) foi realizado no mês de dezembro de 2014 (**Figura 03**). A adubação de plantio e cobertura para o eucalipto foi realizada de acordo com a análise de solo e necessidade da planta, segundo Ribeiro (1999).

Figura 03. Sulcamento da linha de plantio.



Fonte: Acervo do projeto.

Figura 04. Plantio das mudas de *Corimba citriodora*.



Fonte: acervo do projeto.

No plantio das mudas de *Corimba citriodora* foi utilizado 150 g por metro linear de super fosfato simples (18% de P_2O_5). A adubação de cobertura foi realizada com 150 g por planta da formulação 20-00-20, aos 90 e 150 dias após o plantio.

O controle de plantas infestantes foi realizado por meio de capina manual, aos 60, 120 e 180 dias após o plantio.

O biofertilizante líquido foi proveniente de uma granja com 6.000 animais confinados em fase de engorda da Fazenda Bonsucesso, com produção diária média de 110 m³. Os dejetos são manejados com biodigestor de manta de PVC e lagoa de estabilização, ficando armazenados por aproximadamente 20 dias. O sistema de irrigação para aplicação do biofertilizante foi instalado no mês de fevereiro de 2015.

A caracterização química do biofertilizante líquido usado nos 3 experimentos foi realizada no Laboratório Fertlab na cidade de Araguari, MG e a conversão para cada dose aplicada foi calculado pelo autor da dissertação (**Tabela 02**).

Tabela 02. Caracterização química do Biofertilizante líquido da granja de terminação da Fazenda Bonsucesso e a quantidade de cada nutriente em cada dose aplicada.

Determinação	Unidade	Dose					
		200	400	600	800		
ÍNDICE pH	pH	7,27					
MATÉRIA ORGÂNICA	%	0,74	kg ha ⁻¹	1.473	2.947	4.420	5.893
CARBONO ORGÂNICO	%	0,41	kg ha ⁻¹	813	1.627	2.440	3.253
NITROGÊNIO (N) TOTAL	%	0,32	kg ha ⁻¹	640	1.280	1.920	2.560
RELAÇÃO C/N		1,27	kg ha ⁻¹	1,27	1,27	1,27	1,27
FÓSFORO (P2O5) TOTAL	%	0,07	kg ha ⁻¹	147	293	440	587
POTÁSSIO (K2O) SOL. EM ÁGUA	%	0,30	kg ha ⁻¹	600	1.200	1.800	2.400
CÁLCIO (Ca)	%	0,60	kg ha ⁻¹	1.200	2.400	3.600	4.800
MAGNÉSIO (Mg)	%	0,07	kg ha ⁻¹	140	280	420	560
SÓDIO (Na)	mg/L	400	kg ha ⁻¹	8	16	24	32
BORO (B)	mg/L	0,12	kg ha ⁻¹	0,002	0,005	0,007	0,010
COBRE (Cu)	mg/L	8,67	kg ha ⁻¹	0,17	0,35	0,52	0,69
FERRO (Fe)	mg/L	13,67	kg ha ⁻¹	0,27	0,55	0,82	1,09
MANGANÊS (Mn)	mg/L	13,00	kg ha ⁻¹	0,26	0,52	0,78	1,04
ZINCO (Zn)	mg/L	6,33	kg ha ⁻¹	0,13	0,25	0,38	0,51

Fonte: Laboratório Fertlab/modificado pelo autor.

Os tratamentos com aplicação do biofertilizante consistiram-se por 5 doses: 0, 200, 400, 600 e 800 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, sendo as aplicações parceladas em três aplicações, nos meses de junho, julho e agosto de 2015 (**Figura 05**).

Figura 06. Aplicação do biofertilizante no experimento da Pastagem “solteira”.



Fonte: Acervo do projeto.

Optou-se por dividir o trabalho em 3 experimentos detalhados a seguir:

3.1 1º Experimento: Pastagem de *Brachiaria brizantha* “solteira”.

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados com 4 repetições. As parcelas foram de 4 metros de comprimento por 4 metros de largura, com uma área de 16 m², onde foram aplicados os tratamentos (**Figura 06**).

Figura 06. Pastagem de *Brachiaria brizantha* “solteira”.



Fonte: Acervo do projeto.

3.2 2º Experimento: Sistema Silvipastoril (Eucalipto em linha simples + *Brachiaria brizantha*).

O plantio do eucalipto foi realizado em linhas simples, com espaçamento de 2 metros entre plantas e 15 metros entre as linhas de eucalipto. Na entrelinha do eucalipto manteve-se a pastagem de *Brachiaria brizantha* (**Figura 07**).

Figura 07. Sistema Silvipastoril (Eucalipto em linha simples + *Brachiaria brizantha*).



Fonte: Acervo do projeto.

O delineamento estatístico utilizado foi de blocos casualizados com 5 repetições. As parcelas foram de 10 metros de comprimento (5 plantas) por 3 metros de largura, com uma área de 30 m², onde foram aplicados os tratamentos.

3.3 3º Experimento: Sistema Silvipastoril (Eucalipto em linha dupla + *Brachiaria brizantha*).

O plantio do eucalipto foi realizado em linhas dupla, com espaçamento de 2 metros entre plantas na linha + 3 metros entre linhas e 15 metros entre as linhas duplas de eucalipto. Na entrelinha do eucalipto manteve-se a pastagem de *Brachiaria brizantha* (Figura 08).

Figura 08. Sistema Silvipastoril (Eucalipto em linha dupla + *Brachiaria brizantha*).



Fonte: Acervo do projeto.

O delineamento estatístico utilizado foi de blocos casualizados com 5 repetições. As parcelas foram de 10 metros de comprimento (5 plantas em cada linha simples) por 6 metros de largura (totalizando 10 plantas por parcela), com uma área de 60 m², onde foram aplicados os tratamentos.

Os tratamentos consistiram na aplicação de biofertilizante em 5 doses): 0, 200, 400, 600 e 800 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, sendo as aplicações parceladas em três aplicações, nos meses de junho, julho e agosto de 2015.

3.4 Medidas de campo

3.4.1 Medida de CO₂/Respiração basal do solo

Foram tomadas duas medidas da emissão de CO₂ do solo (em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), em cada parcela utilizou-se um sistema portátil IRGA (Infrared Gas Analyzer – 8100A). Esta quantificação do CO₂ emitido pelo solo representa a respiração basal do solo (C-CO₂). Foram tomadas por meio do aparelho IRGA as medidas de temperatura do solo para cada medida de CO₂, e também a temperatura ambiente com base na estação A507 de Uberlândia do Instituto Nacional de Meteorologia, INMET (**Tabela 03**).

Tabela 03. Temperatura ambiente (Fonte: INMET base A507, Uberlândia) e do solo (dados medidos em campo) em graus centígrados nos dias de coleta de CO₂ do solo.

Dias após a aplicação	Data	Temp. ambiente			Temp. do solo		
		Mín	Máx	Diferença	Mín	Máx	Diferença
1	27/ago	21,0	24,0	3,0	18,8	20,9	2,02
2	28/ago	18,0	24,0	6,0	18,8	20,9	2,13
3	29/ago	19,0	26,0	7,0	19,0	21,2	2,20
4	30/ago	20,0	27,0	7,0	19,0	21,3	2,29
5	31/ago	20,0	27,0	7,0	19,0	21,1	2,05
6	01/set	20,0	28,0	8,0	19,0	21,3	2,28
7	02/set	20,0	28,0	8,0	19,1	21,2	2,12
14	09/set	18,0	23,0	5,0	19,0	21,2	2,19
21	16/set	21,0	28,0	7,0	19,2	21,3	2,09
28	23/set	21,0	29,0	8,0	19,1	21,2	2,18

Fonte: Elaborada pelo autor.

As medições de CO₂ de cada experimento foram realizadas sempre no mesmo horário nos diferentes dias (1º experimento das 08:00 às 10:00, 2º experimento das 10:00 às 12:00, 3º experimento das 12:00 às 14:00), com o intuito de padronizar sempre a mesma faixa de temperatura do solo de cada experimento.

As medidas de CO₂ foram tomadas nesta sequência 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21 e 28 dias após a última aplicação do biofertilizante. O que corresponderam aos dias 27, 28, 29, 30 e 31 de agosto; 1, 2, 9, 16, e 23 de setembro de 2015. Especificamente, essas medidas caracterizaram um experimento em delineamento em blocos casualizados em fatorial (5 doses por 10 dias de avaliações, 5x10) com parcela subdivida no tempo.

No 1º Experimento (pastagem de *Brachiaria brizantha* “solteira”) a medida do fluxo de CO₂ do solo foi feita em dois pontos de cada parcela escolhidos ao acaso. No

2º e 3º Experimento (linha simples e linha dupla de eucalipto + *Brachiaria brizantha*) a medida foi feita em dois pontos dentro de cada parcela, sendo um na linha de plantio e outro na projeção da copa do eucalipto (**Figura 09**). Em cada parcela foi calculado a média das medidas tomadas.

Figura 09. Medição da respiração basal do solo/emissão de CO₂ com aparelho Irga.



Fonte: Fonseca, L. J. acervo do projeto.

3.4.2 Coleta de solo

Após o 28º dia de coleta de CO₂ foi realizada amostragem do solo, na camada de 0 - 20 cm, sendo 1 amostra de cada parcela (composta por 8 sub-amostras) e levadas para o Laboratório de Análise de Solos da UFU.

3.5 Análises de laboratório

Em laboratório, o solo foi seco ao ar, peneirado (<2 mm) para obtenção da TFSA (Terra Fina Seca ao Ar). As análises químicas para a determinação da Capacidade de Troca Catiônica, CTC potencial (T) foram realizadas de acordo com a metodologia da Embrapa (2011b).

3.5.1 Determinação do teor de Carbono Orgânico Total

Para as análises do Carbono Orgânico (COT), foi utilizado o método descrito em Yeomans e Bremner (1988), de modo que 5 mL de K₂Cr₂O₇ 0,167 mol L⁻¹ e 10 mL de H₂SO₄ concentrado foram adicionados em tubo de vidro contendo 0,3 g de solo seco

ao ar. Essa mistura foi, então, digerida em bloco digestor, previamente aquecida a 170 °C, sendo a digestão realizada durante 30 min. Posteriormente, o dicromato remanescente no extrato digerido foi titulado com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,4 mol L⁻¹

3.5.2 Teor de carbono nas frações ácido fúlvico e ácido húmico

Para determinação do teor de carbono nessas frações, uma alíquota de 5 mL foi retirada de cada fração (ácido húmico e ácido fúlvico), à qual foi adicionado 1 mL de K₂Cr₂O₇ 0,042 mol L⁻¹ e 5 mL de H₂SO₄ concentrado; essa mistura foi, então, digerida em bloco digestor por 30 minutos, a 150 °C. Posteriormente, as amostras foram tituladas com sulfato ferroso amoniacal 0,0125 mol L⁻¹. O volume gasto na titulação de cada amostra foi anotado e o teor de C nas frações de ácido húmico e ácido fúlvico foi estimado de acordo com Benites e outros. (2003).

3.5.3 Determinação do teor de carbono na fração humina

Após a secagem das amostras obtidas no primeiro fracionamento, 0,3 gramas do precipitado foi colocado em contato com 5 mL de K₂Cr₂O₇ 0,167 mol L⁻¹ e 10 mL de H₂SO₄ concentrado. Essa mistura foi digerida a 150°C por 30 minutos e, em seguida, o extrato de digestão foi titulado com sulfato ferroso amoniacal 0,25 mol L⁻¹ (BENITES et al., 2003).

3.6 Análises dos dados

O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para testar se há relação entre o aumento de temperatura e o aumento da atividade microbológica do solo através da emissão de CO₂. Utilizou-se o programa IBM SPSS *Statistics* para executar essa análise.

Antes da análise de variância, foram testadas as pressuposições do modelo de análise de variância (os testes de aditividade, normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias).

Para as medidas de CO₂ que caracterizaram um experimento em delineamento em blocos casualizados - DBC em fatorial (5 doses por 10 dias de avaliações, 5x10) com parcela subdivida no tempo foi feita análise de variância pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade em função das doses do biofertilizante. Foi feita análise de regressão a 0,05 de probabilidade, em função dos dias a partir da última aplicação do biofertilizante. Ambas as análises foram feitas no programa estatístico SISVAR[®] (FERREIRA, 2007) e os gráficos foram confeccionados no programa SigmaPlot (versão 12.0).

Para os dados de Carbono Orgânico Total (COT), Carbono da Fração Humina, Carbono da Fração Ácido Húmico e Carbono da Fração Ácido Fúlvico e CTC potencial foi feita análise de regressão a 0,05 de probabilidade, em função das doses do biofertilizante versus os teores desses parâmetros, utilizando-se os programas estatísticos SISVAR[®] (FERREIRA, 2007) e SigmaPlot (versão 12.0). Sendo que, as curvas de regressão foram feitas no programa SigmaPlot (versão 12.0).

4 Resultados e Discussão

4.1 Influência da temperatura na atividade microbiológica do solo/Emissão de CO₂

O Coeficiente de Correlação de Pearson para os dados de temperatura do solo em relação à emissão de CO₂, ficaram próximos a 0 variando entre - 0,151 a + 0,155 o que indica que a correlação entre o aumento da temperatura do solo e maior emissão de CO₂/atividade respiratória do solo não foi significativa (**Tabela 04**).

Tabela 04. Coeficiente de Correlação de Pearson em função da temperatura do solo versus emissão de CO₂ para cada dia de medição.

Coeficiente de Correlação de Pearson									
Dias após a aplicação da última dose do biofertilizante									
1	2	3	4	5	6	7	14	21	28
-0,068	0,134	0,070	0,155	0,135	0,059	0,046	0,120	-0,151	-0,085

Fonte: Elaborada pelo autor.

Observa-se, portanto que, para ocorrer à influência da temperatura do solo ao longo do dia na maior atividade dos microorganismos, consequentemente na emissão de CO₂ no solo, a variação de temperatura deve ser maior do que a encontrada neste trabalho.

Situação similar a encontrada por Moitinho e outros. (2012) em trabalho que verifica as variações diurnas da emissão de CO₂, com relação à temperatura e umidade do solo sobre diferentes manejos pós-colheita da cana-de-açúcar, mostrou que, num mesmo local, a emissão de CO₂, na parte da manhã com uma temperatura de 25,58°C, foi de 2,58 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e na parte da tarde a temperatura do solo chegou a 27,86 °C, sendo a emissão de CO₂ de 3,61 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Uma variação de 2,28 °C gerou uma variação de CO₂ de 1,03 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, concluindo que essa variação de temperatura não proporcionou uma diferença significativa nos resultados obtidos.

4.2 Respiração basal do solo/Emissão de CO₂

Nos três experimentos realizados: 1º experimento – Pastagem “solteira”; 2º experimento - Sistema silvipastoril (Eucalipto em linha simples + *Brachiaria brizantha*); e, 3º experimento - Sistema Silvipastoril (Eucalipto em linha dupla + *Brachiaria brizantha*), houve maior emissão de CO₂/respiração basal do solo nos primeiros dias analisados e nas maiores doses de aplicação do biofertilizante (**Tabelas 05, 06 e 07**).

Tabela 05. Emissão de CO₂ em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em diferentes dias após a última aplicação do biofertilizante no 1º experimento, Pastagem “solteira”.

Dose	1	2	3	4	5	6	7	14	21	28
0	2,42 d	2,46 c	2,01 c	2,00 b	2,12 b	1,99 a	2,03 a	2,02 a	2,10 a	2,01 a
200	15,43 c	8,00 b	6,76 b	5,15 ab	4,02 ab	2,86 a	2,43 a	2,16 a	1,92 a	1,83 a
400	23,85 b	12,68 a	7,31 ab	6,43 a	5,77 a	3,64 a	2,90 a	3,04 a	2,28 a	1,87 a
600	28,44 a	14,34 a	9,72 ab	7,44 a	5,82 a	3,84 a	3,86 a	3,73 a	3,41 a	1,90 a
800	26,76 ab	15,27 a	10,27 a	6,57 a	6,45 a	3,93 a	3,88 a	4,26 a	3,56 a	2,13 a
Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).										
CV%	41,95									
DMS	3,37									

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 06. Emissão de CO₂ em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em diferentes dias após a última aplicação do biofertilizante no 2º experimento, Eucalipto em linha simples.

Dose	1	2	3	4	5	6	7	14	21	28
0	3,29 e	3,35 d	3,19 b	2,99 c	2,76 a	2,79 a	3,04 a	2,88 a	3,01 a	2,98 a
200	12,45 d	10,64 c	7,90 ab	5,25 ab	4,22 a	3,23 a	4,29 a	3,29 a	3,30 a	2,97 a
400	22,50 c	13,22 bc	7,46 ab	6,09 a	5,21 a	4,10 a	4,57 a	3,63 a	3,47 a	3,24 a
600	31,64 b	15,30 b	6,37 ab	6,21 a	5,04 a	4,42 a	4,24 a	3,95 a	3,55 a	2,79 a
800	37,73 a	20,62 a	10,51 a	6,72 a	4,63 a	4,71 a	4,96 a	4,58 a	3,88 a	2,81 a
Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).										
CV%	39,20									
DMS	4,33									

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 07. Emissão de CO₂ em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em diferentes dias após a última aplicação do biofertilizante no 3º experimento, Eucalipto em linha dupla.

Dose	1	2	3	4	5	6	7	14	21	28
0	3,18 e	3,05 d	2,95 c	2,99 b	3,04 a	2,89 a	2,83 a	2,89 a	2,92 a	2,87 a
200	15,36 d	7,96 d	6,92 bc	4,95 ab	4,06 a	3,23 a	3,41 a	3,29 a	3,15 a	2,52 a
400	22,36 c	15,33 c	9,78 b	6,56 ab	3,94 a	3,71 a	3,91 a	3,63 a	3,06 a	2,80 a
600	27,05 b	21,94 b	15,18 a	7,81 a	4,50 a	4,85 a	4,04 a	3,95 a	3,26 a	2,62 a
800	33,35 a	27,20 a	15,99 a	9,14 a	4,76 a	4,41 a	4,54 a	4,58 a	3,80 a	2,32 a

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

CV% 42,97

DMS 4,41

Fonte: Elaborada pelo autor.

A maior atividade microbiana nos primeiros dias, observada por meio da maior emissão de CO₂ nos três (3) experimentos, deve-se ao aporte de matéria orgânica presente no biofertilizante, que além de ser um material prontamente disponível para degradação, possui uma baixa relação C/N, passou por processo de digestão, liberando o carbono na forma de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) concentrando o teor de nitrogênio e demais nutrientes no biofertilizante, pelo fato do biofertilizante possuir estado líquido, pode ter proporcionado uma hidratação ao solo na época seca na qual foi aplicado. Essas características provavelmente desencadearam uma elevada taxa de respiração por parte dos microorganismos, o que gerou um maior efluxo de CO₂ nos primeiros dias. Essa “corrida” por parte dos microorganismos pelos nutrientes mais a hidratação do solo apresenta uma estabilização a partir do quinto dia de avaliação em todos os experimentos realizados. É importante relatar que na época do estudo não houve registro de pluviosidade na região.

Situação similar à encontrada por Oliveira (2012a) que avaliou a respiração basal do solo, por meio da emissão de CO₂, com aplicação de diferentes doses de um composto organomineral, tendo sido observado que houve uma maior atividade nos primeiros dias de incubação do solo, nas maiores doses aplicadas do composto.

Oliveira (2012b), avaliando manejo de palhada de cana-de-açúcar (cana queimada e cana crua) em Guariba/SP encontrou valores de emissão de CO₂ que variaram de 1,97 a 4,80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, sendo os maiores valores referentes ao manejo de cana queimada. Panosso e outros (2011), avaliando o mesmo sistema de manejo também em SP encontraram valores de 2,06 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para cana crua e de 2,87 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para cana queimada. Brito e outros (2009), estudando emissão de CO₂ do solo sob cultivo de cana-de-açúcar em função da topografia, encontraram valores que

variavam de 0,38g de CO₂ m⁻² h⁻¹, o que equivale a 2,39 μmol m⁻² s⁻¹, até 0,47g de CO₂ m⁻² h⁻¹ equivalente a 2,96 μmol m⁻² s⁻¹.

Pinto-Júnior e outros (2009) estudando o efluxo de CO₂ do solo em floresta de transição Amazônia/Cerrado e em área de pastagem, em diferentes épocas do ano observaram que os menores valores médios (pastagem = 2,16 μmol m⁻² s⁻¹ e floresta de transição = 3,62 μmol m⁻² s⁻¹) ambos foram encontrados na estação seca, já os maiores valores foram encontrados para pastagem na estação de transição seca/úmida (6,55 μmol m⁻² s⁻¹) e para floresta de transição na estação úmida (6,45 μmol m⁻² s⁻¹). D'Andrea e outros (2011) avaliando a variabilidade espacial do fluxo de CO₂ do solo em um povoamento de Eucalipto com 42 anos de idade, em Lavras – MG, encontraram uma média de emissão de CO₂ de 0,95g m⁻² h⁻¹, o que equivale a 5,99 μmol m⁻² s⁻¹.

Esses dados demonstram que existe uma grande variação na emissão de CO₂ entre as culturas e formas de manejo do solo, entretanto, há uma tendência desse parâmetro em estabilizar por volta de 2,0 e 4,0 μmol m⁻² s⁻¹ na época seca.

A emissão de CO₂ nos primeiros dias pode ter sido neutralizada pelos sistemas implantados, tanto pelo incremento da biomassa da pastagem, quanto pelo eucalipto. Entretanto, recomenda-se mais estudos para melhor esclarecer esse aspecto do uso agrícola do biofertilizante.

No 1º e 3º experimento, apenas nas parcelas em que não houve aplicação do biofertilizante (controle) não foi possível construir um modelo de regressão, no 2º experimento isto ocorreu tanto para o controle, quanto na dose 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Para as demais doses do biofertilizante os modelos foram significativos e o modelo exponencial negativo foi o que melhor se ajustou aos dados coletados (**Tabelas 08, 09 e 10**).

Tabela 08. Modelos de Regressão de emissão de CO₂ (μmol m⁻² s⁻¹) ajustados para tempo decorrido após a última aplicação, em relação à dose aplicada do biofertilizante para o 1º experimento, Pastagem “solteira”.

Dose	Emissão de CO ₂	R ² (%)
	Modelo	
0	ns	-
200	y = 20,04 ^(-0,35x)	95,45
400	y = 34,73 ^(-0,44x)	96,37
600	y = 41,89 ^(-0,45x)	95,35
800	y = 38,44 ^(-0,41x)	92,95

ns = não significativo para o teste de Tukey a P<0,05

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 09. Modelos de Regressão de emissão de CO₂ (μmol m⁻² s⁻¹) ajustados para tempo decorrido após a última aplicação, em relação à dose aplicada do biofertilizante para o 2º experimento, Eucalipto em linha simples.

Dose	Emissão de CO ₂	R ² (%)
	Modelo	
0	ns	-
200	ns	-
400	y = 31,31 ^(-0,39x)	91,02
600	y = 55,09 ^(-0,59x)	94,33
800	y = 64,12 ^(-0,55x)	96,89

ns = não significativo para o teste de Tukey a P<0,05

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 10. Modelos de Regressão de emissão de CO₂ (μmol m⁻² s⁻¹) ajustados para tempo decorrido após a última aplicação, em relação à dose aplicada do biofertilizante para o 3º experimento, Eucalipto em linha dupla.

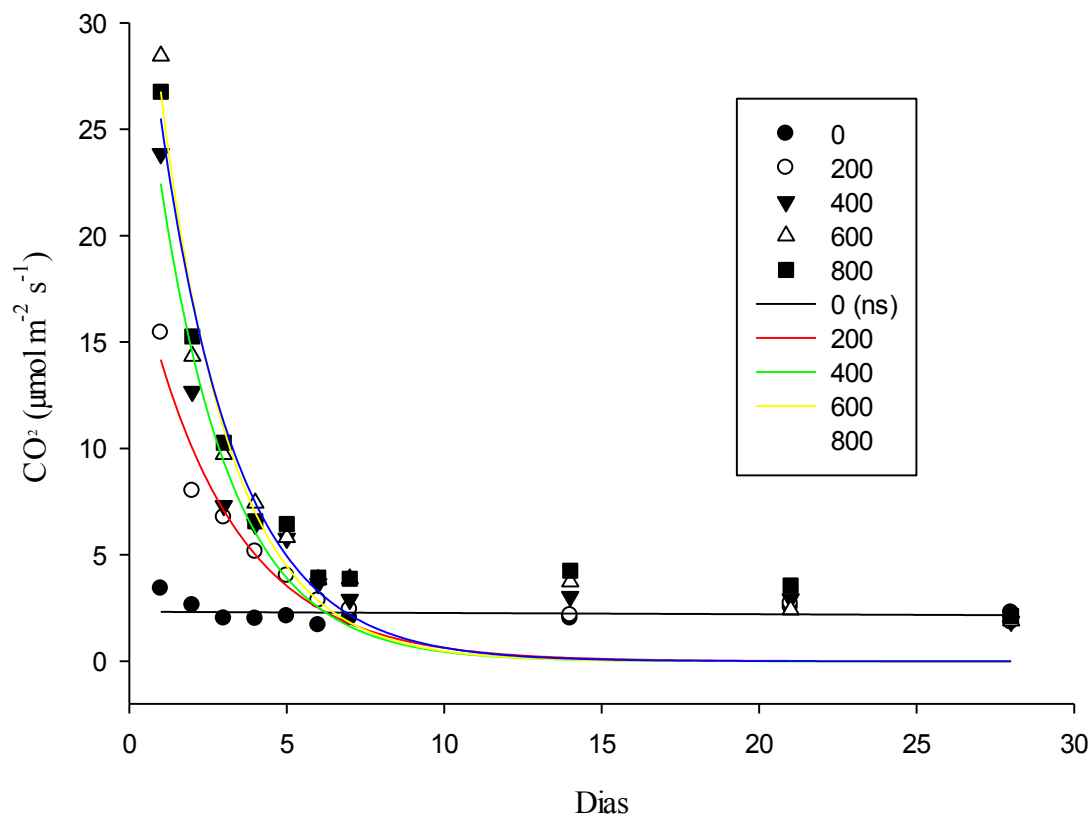
Dose	Emissão de CO ₂	R ² (%)
	Modelo	
0	ns	-
200	y = 18,85 ^(-0,31x)	85,74
400	y = 32,35 ^(-0,38x)	94,07
600	y = 40,39 ^(-0,36x)	96,12
800	y = 52,01 ^(-0,40x)	97,02

ns = não significativo para o teste de Tukey a P<0,05

Fonte: Elaborada pelo autor.

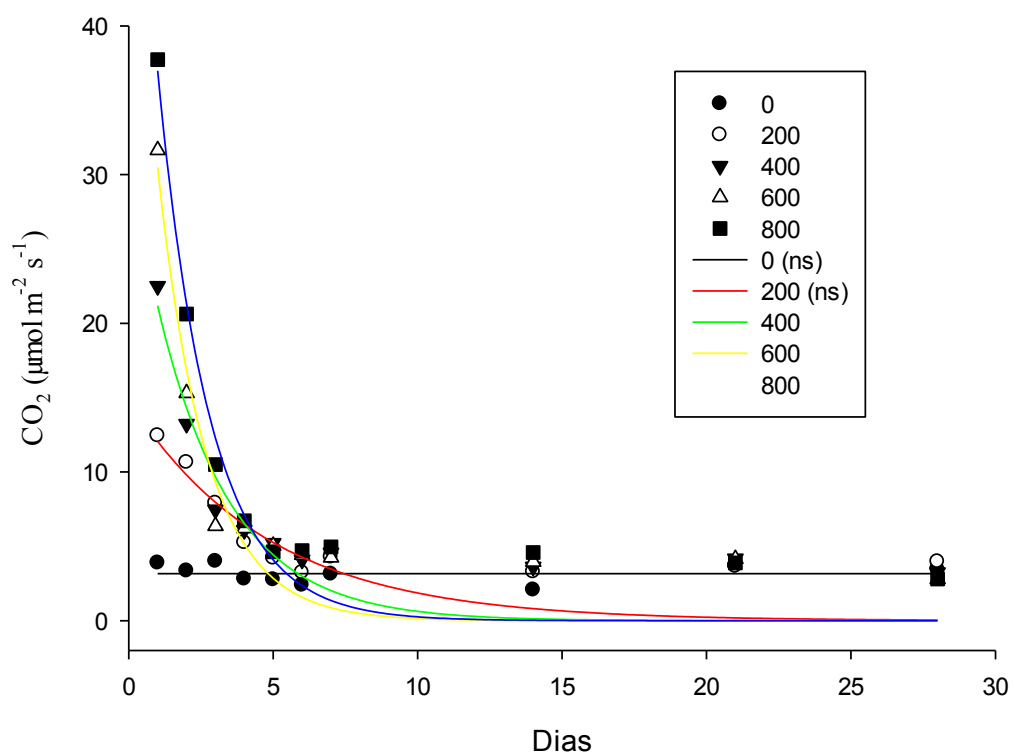
Nos três experimentos realizados observou-se estabilização da emissão de CO₂ a partir do quinto dia após a última aplicação do biofertilizante (**Figuras 10, 11 e 12**).

Figura 10 Curvas de Regressão ajustados para emissão de CO_2 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em relação ao tempo decorrido após a última aplicação, para cada dose aplicada do biofertilizante, referente ao 1º experimento, Pastagem “solteira”.



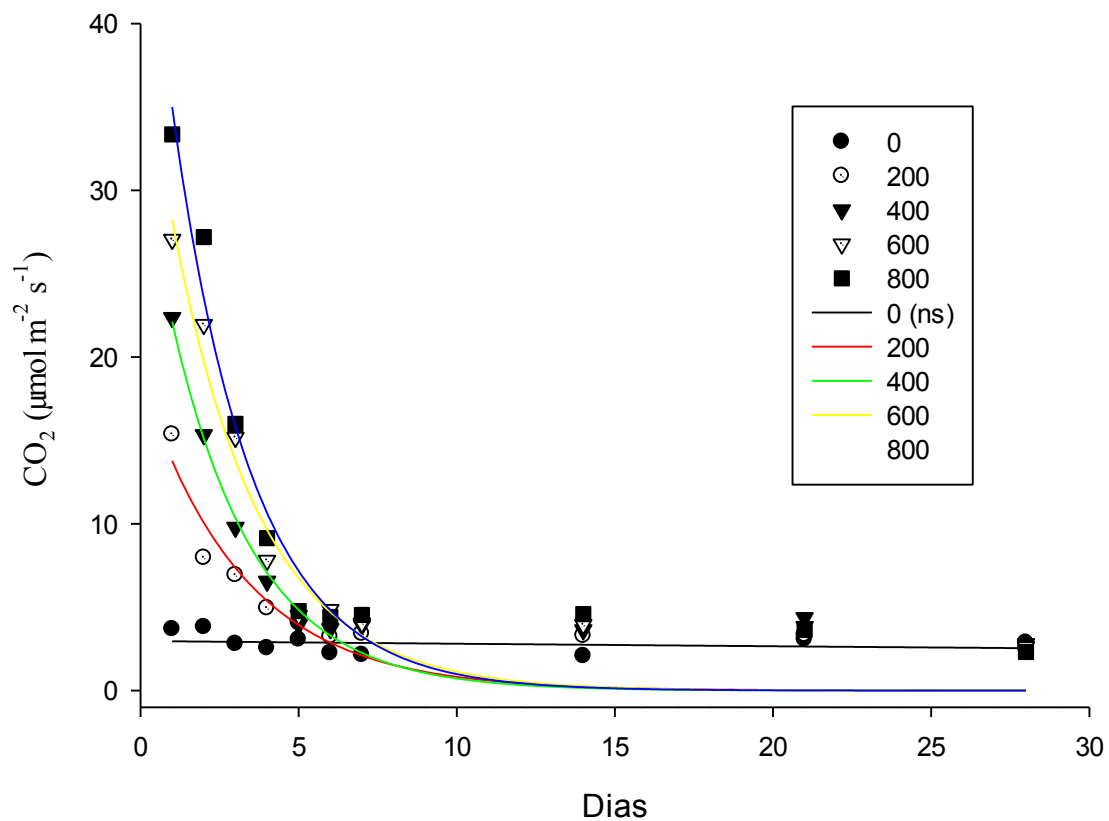
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 11. Curvas de Regressão ajustados para emissão de CO₂ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em relação ao tempo decorrido após a última aplicação, para cada dose aplicada do biofertilizante, referente ao 2º experimento, Eucalipto em linha simples.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 12. Curvas de Regressão ajustados para emissão de CO_2 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em relação ao tempo decorrido após a última aplicação, para cada dose aplicada do biofertilizante, referente ao 3º experimento, Eucalipto em linha dupla.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.3 Carbono Orgânico Total (COT), Carbono das Frações Humina, Ácido Húmico, Ácido Fúlvico e Capacidade de Troca Catiônica (CTC potencial)

Os tratamentos geraram incremento nos teores de Carbono Orgânico Total (COT), Carbono da Fração Humina, Carbono da Fração Ácido Húmico, Carbono da Fração Ácido Fúlvico e CTC potencial (CTC – T) com o aumento das doses do biofertilizante. Apenas no 1º experimento os valores de CTC não apresentaram diferença significativa para o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 11. Carbono Orgânico Total (COT), Carbono da Fração Humina, Carbono da Fração Ácido Húmico, Carbono da Fração Ácido Fúlvico em g kg⁻¹, porcentagens destes em relação ao COT e a CTC potencial em cmol_c dm⁻³, nas diferentes doses do biofertilizante, referente ao 1º experimento, Pastagem “solteira”.

DOSE	COT	HUMINA		ÁC. HÚMICO		ÁC. FÚLVICO		CTC - T
m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	%	g kg ⁻¹	%	g kg ⁻¹	%	cmol _c dm ⁻³
0	6,44	3,83	59,41	0,39	6,01	0,58	8,94	2,99
200	7,26	4,59	63,24	0,44	6,06	0,65	8,98	3,05
400	7,56	5,18	68,45	0,58	7,68	0,73	9,65	3,20
600	8,10	5,69	70,21	0,66	8,21	0,77	9,56	3,33
800	9,62	6,38	66,30	0,72	7,44	0,85	8,82	3,35

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 13. Carbono Orgânico Total (COT), Carbono da Fração Humina, Carbono da Fração Ácido Húmico, Carbono da Fração Ácido Fúlvico em g kg⁻¹, porcentagens destes em relação ao COT e a CTC potencial em cmol_c dm⁻³, nas diferentes doses do biofertilizante, referente ao 2º experimento, Eucalipto em linha simples.

DOSE	COT	HUMINA		ÁC. HÚMICO		ÁC. FÚLVICO		CTC - T
m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	%	g kg ⁻¹	%	g kg ⁻¹	%	cmol _c dm ⁻³
0	7,71	3,77	48,86	0,37	4,75	0,66	8,54	3,05
200	8,54	4,95	57,94	0,46	5,39	0,76	8,88	3,76
400	9,50	5,42	57,05	0,58	6,05	0,83	8,76	4,04
600	10,51	5,98	56,93	0,66	6,28	0,89	8,47	4,31
800	11,57	6,93	59,90	0,78	6,76	0,97	8,41	4,45

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 14. Carbono Orgânico Total (COT), Carbono da Fração Humina, Carbono da Fração Ácido Húmico, Carbono da Fração Ácido Fúlvico em g kg⁻¹, porcentagens destes em relação ao COT e a CTC potencial em cmol_c dm⁻³, nas diferentes doses do biofertilizante, referente ao 3º experimento, Eucalipto em linha dupla.

DOSE	COT	HUMINA		ÁC. HÚMICO		ÁC. FÚLVICO		CTC - T
m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	%	g kg ⁻¹	%	g kg ⁻¹	%	cmol _c dm ⁻³
0	7,84	4,31	54,92	0,38	4,90	0,66	8,39	3,92
200	8,45	4,66	55,15	0,49	5,75	0,69	8,12	4,47
400	9,19	5,19	56,50	0,59	6,46	0,75	8,14	4,79
600	10,18	5,80	56,96	0,65	6,39	0,89	8,78	4,94
800	11,27	6,14	54,46	0,73	6,44	1,00	8,87	5,30

Fonte: Elaborada pelo autor.

Parte do Carbono Orgânico Total que foi adicionado ao solo nos diferentes experimentos deu origem à fração humina. Um aumento de 2,55 g kg⁻¹, na dose 800 em relação à dose controle no experimento da pastagem, de 3,16 g kg⁻¹ no experimento silvipastoril com eucalipto plantado em linha simples e 1,83 g kg⁻¹, no experimento silvipastoril com eucalipto plantado em linha dupla.

De acordo com Canellas et. al. (2000) a humina é a fração do carbono que está mais intimamente associada aos colóides minerais do solo e a predominância da fração humina deve-se às suas características de alta massa molecular e à forte interação com a fração mineral do solo conferindo resistência à degradação microbiana, situação também relatada por (ORLOV, 1992; STEVENSON, 1994).

Observa-se também que o aumento da dose do biofertilizante proporcionou um aumento dos teores de carbono da fração ácido húmico, um aumento de 0,33 g kg⁻¹ na dose 800 em relação à dose controle no experimento da pastagem, de 0,41 g kg⁻¹ no experimento silvipastoril com eucalipto plantado em linha simples e 0,35 g kg⁻¹, no experimento silvipastoril com eucalipto plantado em linha dupla. Em relação ao carbono da fração ácido fúlvico o aumento foi de 0,27 g kg⁻¹ e no experimento da pastagem, de 0,31 g kg⁻¹ no experimento silvipastoril com eucalipto plantado em linha simples e 0,34 g kg⁻¹, no experimento silvipastoril com eucalipto plantado em linha dupla.

Fontana, e outros. (2001), avaliando as frações da matéria orgânica em áreas de floresta secundária e pastagem sob solos de Tabuleiros, no norte fluminense, para os solos classificados como LA, Latossolo Amarelo (na profundidade de 0 - 20cm), encontraram valores de Carbono Orgânico Total (COT) na pastagem de 9,2 g kg⁻¹ e de

13,4 g kg⁻¹ na floresta secundária; de Carbono da Fração Humina de 3,09 g kg⁻¹ na pastagem e de 4,91 g kg⁻¹ na floresta secundária; de Carbono da Fração Ácido Húmico de 0,95 g.kg⁻¹ na pastagem e de 1,17 g kg⁻¹ na floresta secundária; de Carbono da Fração Ácido Fúlvico de 0,22 g kg⁻¹ na pastagem e de 0,31 g kg⁻¹ na floresta secundária.

Ebeling, e outros. (2011), estudando as substâncias húmicas e sua relação com fatores edáficos em diferentes perfis de solo em diferentes regiões encontraram valores de Carbono da Fração Humina, mínimo de 1,0 g kg⁻¹, média de 14,0 g kg⁻¹ e máximo de 49,0 g kg⁻¹, o que mostra que existe uma grande variação desse parâmetro nos solos brasileiros. Podemos observar que há uma variação entre os tipos de solos dos usos e a localização dos mesmos.

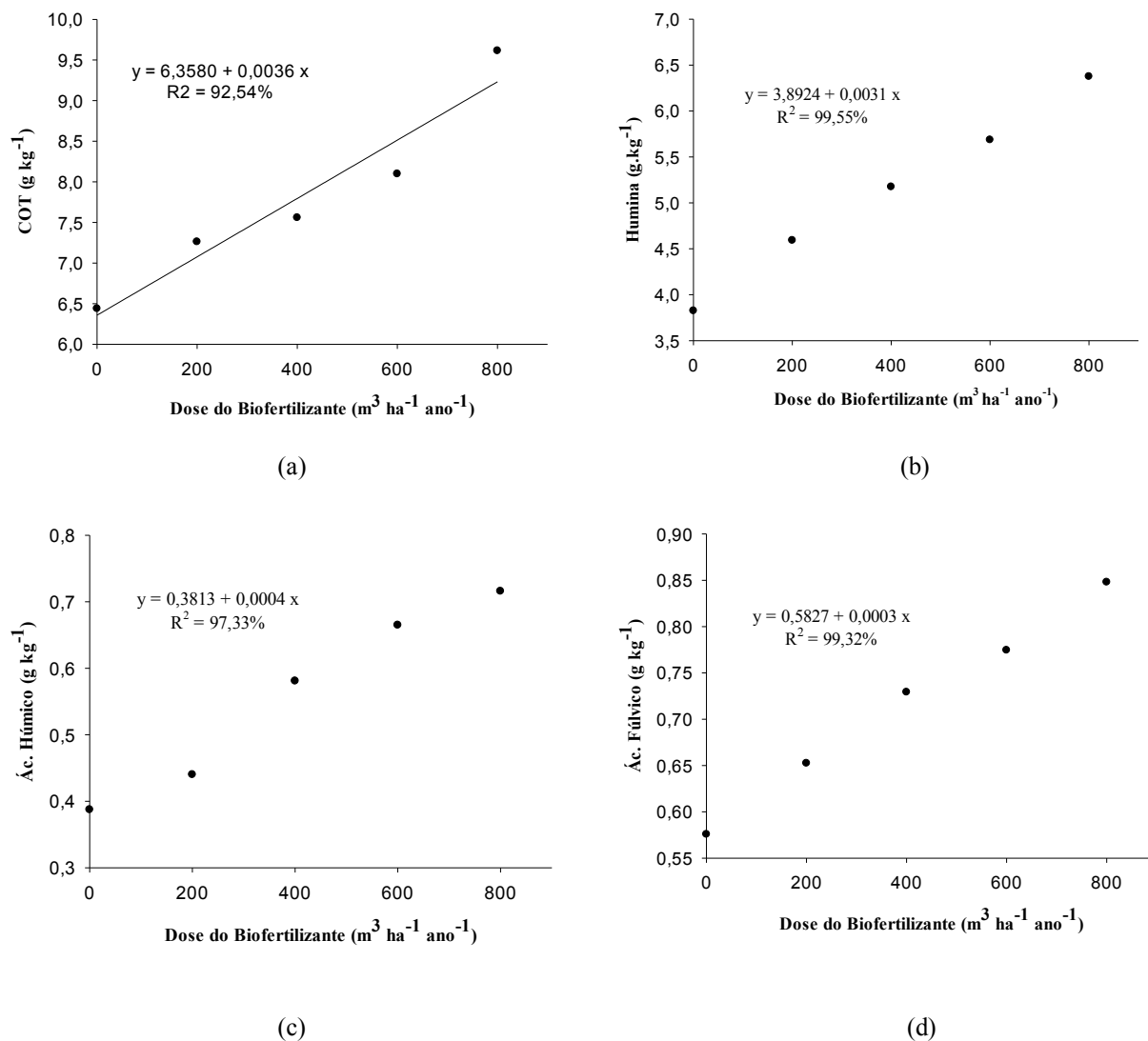
Ainda de acordo com Ebeling e outros. (2011) o Carbono da Fração Humina, no conjunto dos horizontes avaliados, proporcionou a melhor correlação com o Carbono Orgânico Total, representando em média 59% deste. Silva e outros. (2012), avaliando frações de carbono em topossequências de solos sob eucalipto em diferentes históricos de usos, encontraram valores de carbono da fração ácidos fúlvicos que representavam de 4,5 a 26,5 % do COT, o carbono da fração ácidos húmicos de 11,9 a 42,1 % do COT e o carbono da fração humina de 51,1 a 79,5 % do COT.

No presente estudo foram encontrados valores de carbono da fração ácidos fúlvicos que representavam de 8,12 a 9,65 % do Carbono Orgânico Total (COT), o carbono da fração ácidos húmicos de 4,75 a 8,21 % do COT e o carbono da fração humina de 48,76 a 70,21 % do COT. O que evidencia a variação dessas variáveis com ou sem aplicação de algum composto orgânico.

As curvas de regressão e os modelos de regressão para as diferentes doses do biofertilizante, em relação aos seguintes parâmetros: Carbono Orgânico Total (COT), Carbono da Fração Humina, Carbono da Fração Ácido Húmico, Carbono da Fração Ácido Fúlvico e CTC potencial (CTC – T), são apresentadas nas **Figuras 13, 14 e 15**, para os três (3) experimentos realizados.

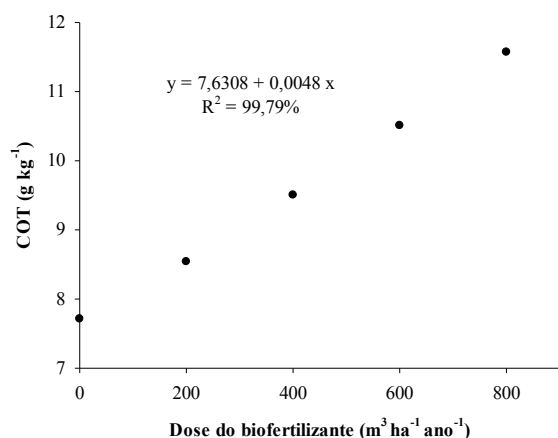
Para todas as variáveis analisadas o modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados coletados foi o modelo linear positivo, ou seja, com o aumento da dose do biofertilizante há um aumento do Carbono Orgânico Total (COT), Carbono da Fração Humina, Carbono da Fração Ácido Húmico, Carbono da Fração Ácido Fúlvico e CTC potencial. Exceto a variável CTC potencial da Pastagem “solteira” em que não foi possível ajustar um modelo de regressão já que não apresentaram diferença significativa para o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 13. Curvas de regressão e os modelos de regressão para os dados de Carbono Orgânico Total, COT (a), Carbono da Fração Humina (b), Carbono da Fração Ácido Húmico (c), Carbono da Fração Ácido Fúlvico (d) em relação às diferentes doses do biofertilizante, referente ao 1º experimento, Pastagem “solteira”.

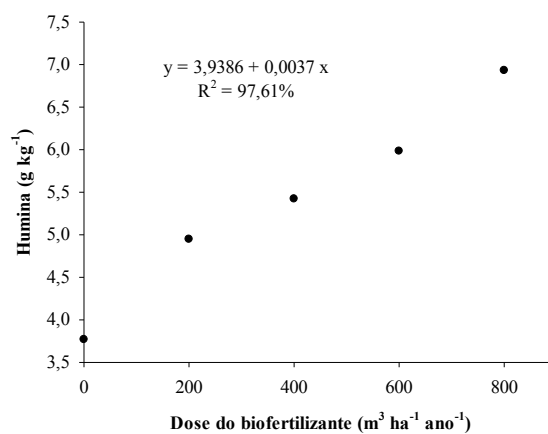


Fonte: Elaborada pelo autor.

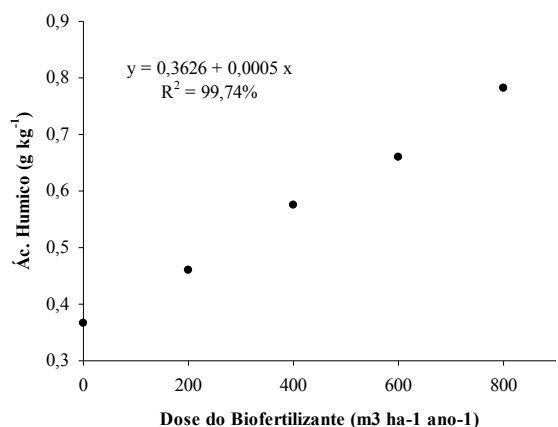
Figura 14. Curvas de regressão e os modelos de regressão para os dados de Carbono Orgânico Total, COT (a), Carbono da Fração Humina (b), Carbono da Fração Ácido Húmico (c), Carbono da Fração Ácido Fúlvico (d) e CTC potencial (e) em relação às diferentes doses do biofertilizante, referente ao 2º experimento, Eucalipto em linha simples.



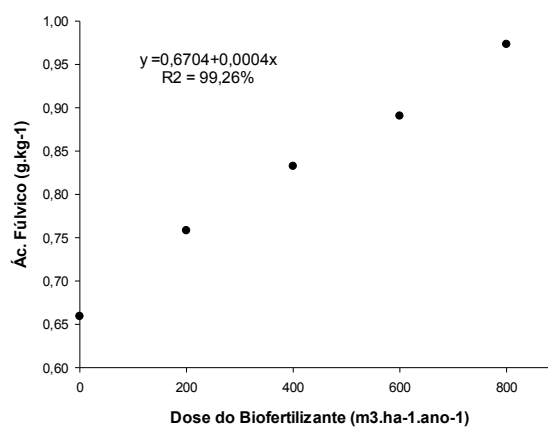
(a)



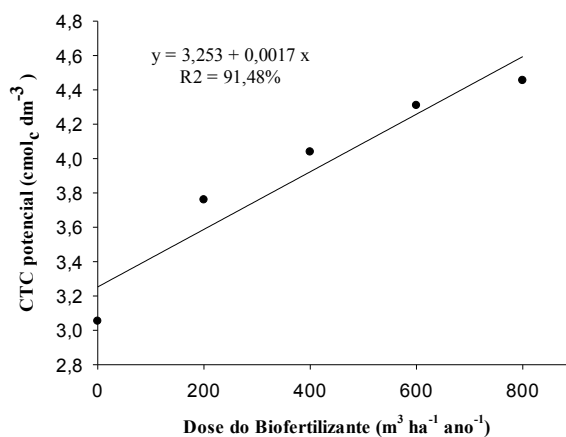
(b)



(c)



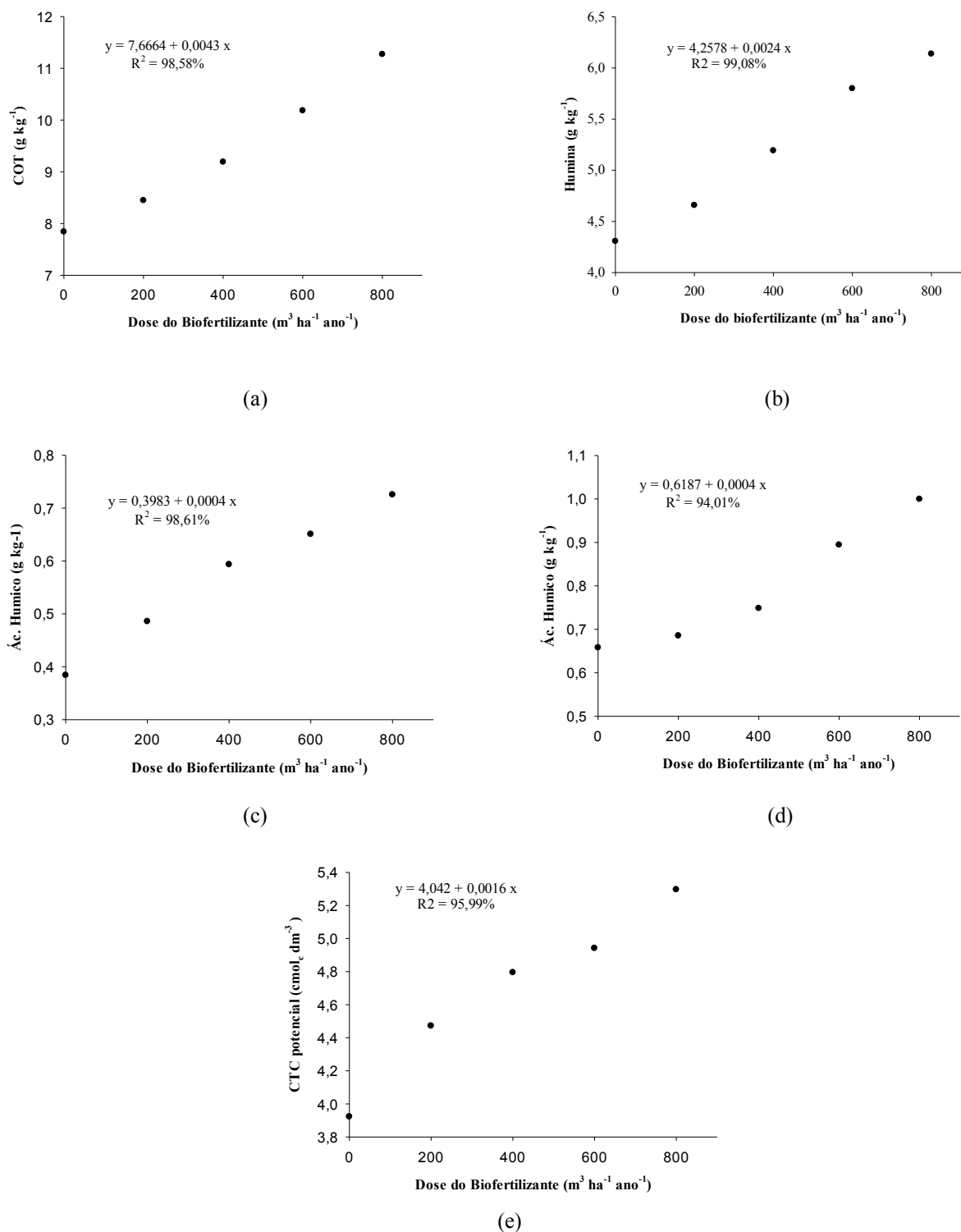
(d)



(e)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 15. Curvas de regressão e os modelos de regressão para os dados de Carbono Orgânico Total, COT (a), Carbono da Fração Humina (b), Carbono da Fração Ácido Húmico (c), Carbono da Fração Ácido Fúlvico (d) e CTC potencial (e) em relação às diferentes doses do biofertilizante, referente ao 3º experimento, Eucalipto em linha dupla.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O aumento linear positivo dos teores das variáveis analisadas com o aumento da dose do biofertilizante tem relação com a característica do mesmo, possuir alto teor de carbono orgânico. Por sua vez, nos Sistemas Silvopastoris observa-se uma contribuição dos ácidos húmicos e fúlvicos para o aumento da CTC do solo, um importante indicador da fertilidade dos solos.

É relatado na literatura que o aumento da matéria orgânica do solo e suas frações podem contribuir para melhoria nos parâmetros de fertilidade do solo, principalmente no aumento da sua CTC (CIOTTA, et. al., 2003; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; BENITES, et. al., 2003).

Santos (2014), avaliando o efeito das substâncias húmicas e seu efeito nos atributos químicos e biológicos do solo e na produção vegetal, através da aplicação de diferentes doses de um condicionador orgânico líquido, contendo substâncias húmicas, obtido pelo fracionamento químico de turfa, mostrou que com o aumento das doses há um aumento da CTC do solo, passando de $5,002 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (sem aplicação) para $6,448 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose de 3.000 L ha^{-1} .

Essas pesquisas corroboram com os resultados apresentados nesta dissertação.

5 Conclusões

A aplicação do biofertilizante aumenta a atividade respiratória do solo, com consequente aumento da emissão do CO₂ desse solo nas maiores doses.

A aplicação do biofertilizante causa uma imediata explosão microbiana, medida através da emissão do CO₂ do solo, até o sexto dia após a aplicação do mesmo.

O aumento das doses do biofertilizante proporciona aumento linear dos teores de Carbono Orgânico Total, COT e do carbono das frações humina, ácido húmico e ácido fúlvico e na Capacidade de Troca Catiônica do solo nos Sistemas Silvopastoris.

Referências

ARAÚJO, A.S.F; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23. n.3, p.66-75, jul./set., 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA **Estatística do mercado interno, externo e mundial da carne suína**. 2015 Disponível em: < <http://www.abipecs.org.br>> - Acesso em: 25 jan. 2015.

ALEF, K.; NANNIPIERI, P., eds. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995.

ANDRADE, A. G. de; FIGUEIREDO, F. O resgate de terras degradadas. **Revista a Granja**, Ed. 790, p 34 a 36, outubro de 2014.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A de O.; STONE, L. F. **Marco referencial: Integração Lavoura Pecuária Floresta**. Brasília, DF; Embrapa informações tecnológicas, 2011. 130p.

BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O.A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo**: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2003. (EMBRAPA Solos. Comunicado Técnico 16.

BLUM, W. E. H.; SANTELISES, A. A. A concept of sustainability and resilience based in soil functions. In: GREENLAND, D. J.; SZABOLCS, I. (Org.). **Soil resilience and sustainable land use**. Wallingford: CAB, 1994. p. 535-542.

BOLZANI, H. R.; OLIVEIRA, D. L. DO AMARAL; LAUTENSCHLAGER, S. R. Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura no solo e na qualidade dos seus lixiviados. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v.17 n.4, p. 385 – 392, out./dez. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo do Cerrado**: Projeto TerraClass Cerrado 2013. Brasília, DF, 2015. 67 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Suinocultura de baixa emissão de carbono**: tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de suínos / Ministério da Agricultura, Pecuária e

Abastecimento. Secretaria de Mobilidade Social, do Produtor Rural e do Cooperativismo. Brasília, DF, 2016. 100 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto 8.384 de 2014:** Altera o Anexo ao Decreto no 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. 2014. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/decreto/d8384.htm. Acesso em 10 de set. 2015.

BRITO, L. F.; JÚNIOR, J. M.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M.; JÚNIOR, N. L. S. Soil CO₂ Emission of Sugarcane Fields as Affected by Topography. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v.66, n.1, p.77-83, jan./fev. 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000100011>

CANELLAS, L.P.; BERNER, P.G.; SILVA, S.G.; SILVA, M.B.; SANTOS, G.A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma toposequência no estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.35, p.133-143, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000100016>

CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CAMARGO E CASTRO, P. R. de. **Condicionadores do solo:** ácidos húmicos e fúlvicos. Piracicaba: ESALQ, 2015. 46 p. (Série Produtor Rural, 58).

CIOTTA, M. M.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33 p. 1161-1164, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000600026>

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F.; CURI, N.; SILVA, C. A. Variabilidade espacial do fluxo de CO₂ do solo em povoamento de eucalipto. **Revista Floresta**. Curitiba, V. 41, n. 2, p. 407-422, abr./jun. 2011. <https://doi.org/10.5380/rf.v41i2.21895>

EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C. dos; PEREIRA, M. G.; PINHEIRO, E. F. M.; VALLADARES, G. S. Substâncias húmicas e relação com atributos edáficos.

Bragantia. Campinas, v. 70, n. 1, p.157-165, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000100022>

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de solos. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. rev. e ampl. Brasília, DF; 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de solos. **Manual de métodos de análise de solos**. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Escassez e degradação dos solo e da água ameaçam segurança alimentar**. 2011. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/edsaasa.asp>>. Acesso em: 10 de set. 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. Intergovernmental Technical Panel on Soils. **Status of the World's Soil Resources**. Rome, Italy, 2015. Disponível em:< <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>>. Acesso em: set. 2016.

FONTANA, A. F. PEREIRA, M. G.; NASCIMENTO, G. B. do ANJOS, L. H. C. dos; EBELING, A. G. Matéria orgânica em solos de tabuleiros na Região Norte Fluminense, RJ. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 8, n.1, p.114 - 119, jan./dez. 2001.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE (SC). **Suinocultura**. Florianópolis, 2014. (Instrução Normativa, 11). Disponível em:

<http://www.sideropolis.sc.gov.br/uploads/273/arquivos/654746_in_11_Suinocultura.pdf>. Acesso em: 28 out. 2016.

FERREIRA, D.F. **Programa Sisvar.exe. Sistema de análises de variância**. Versão 5.3. Lavras, UFLA, 2007.

HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA NETO, O. B.; CONDÉ, M. S.; SILVA, M. D.; FERREIRA, I. M. Efeito do uso prolongado de água residuária da suinocultura sobre as propriedades químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Científica**, Jaboticabal, v.42, n.3, p.299–309, 2014.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. IAP autua agricultores que despejaram rejeitos de suínos em córrego. Curitiba, 2012. Disponível em:

<<http://www.iap.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=116>>. Acesso em: 4 nov. 2016.

MOITINHO, M. R.; PADOVAN, M. P.; PANOSSO, A. R.; SALOMÃO, G. de B.; LA SCALA JR, N. Variações diurnas da emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo sobre diferentes manejos pós-colheita da cana-de-açúcar. **Cadernos de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 01 - 06, dez. 2012.

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

NOLASCO, M. A. et al. Implicações ambientais e qualidade da água da produção animal intensiva. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v.3, n.2, p.19-26, 2005. <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v3i2.9081>

OLIVEIRA, S. M. de. **Atividade microbiana e propriedades bioquímicas do solo sob a adição de composto orgânico e palha de café**. 2012, 51 f. Dissertação de Mestrado, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012a.

OLIVEIRA, R. S. **Incerteza espacial da emissão de CO₂ do solo em dois sistemas de manejo da palhada da cana-de-açúcar**. 2012, 61 f. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal. 2012b.

ORLOV, D.S. **Humic substances of soils and general theory of humification**. Moscow: University Press, 323p. 1992

PANOSSO, A. R.; MARUQUES, J.; MILORI, D. M. B. P.; FERRAUDO, A. S.; BARBIERI, D. M.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA, N. Soil CO₂ emission and its relation to soil properties in sugarcane areas under slash-and-burn and green harvest. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 111, n. 2, p. 190–196, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.10.002>

PARKIN, T. B.; DORAN, J. W. ; FRANCO-VIZCAÍNO, E. **Field and laboratory tests of soil respiration**. In: DORAN, J. W. ; JONES, A. J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 231-245. (SSSA Special Publication, 49).

PINTO JUNIOR, O. B. et al. Efluxo de CO₂ do solo em floresta de transição Amazônia Cerrado e em área de pastagem. **Acta Amazônica**. Manaus, vol. 39, n. 4, p. 813– 822, 2009.

SILVA, V. P.; MAZUCHOWSKI, J.Z. **Sistemas silvipastoris**: paradigma dos pecuaristas para agregação de renda e qualidade. Curitiba: EMATER-Paraná, 1999. 52 p. (Série Informação Técnica, 50).

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, 1999.

SANTOS, C. A. dos. **Substância húmica e seu efeito em atributos químicos e biológicos do solo e na produção vegetal**. 2014, 92 f. Tese (doutorado) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2014.

SCHREINER, H.G. **Pesquisa em agrossilvicultura no sul do Brasil**: resultados, perspectivas e problemas. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1. 1994. Porto Velho. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. v.1. p. 171-191.

SENAR. **Reforma de pastagem degradada custa até R\$ 2 mil por ha em MS**. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mato-grosso/agrodebate/noticia/2014/11/reforma-de-pastagem-degradada-custa-ate-r-2-mil-por-ha-em-ms.html>>. Acesso em: 22 dez. 2016.

SERAFIM, R. S.; **Produção e composição química da *Brachiaria brizantha* cv. Marandú adubada com água residuária de suinocultura**. 2010, 96 f. Tese (doutorado) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

SILVA, E. A.; SILVA, C. A.; SILVA, I. R. João José G. S. M. MARQUES, J. J. G. S. M.; ARAUJO, E. F.; CARVALHO, S. M. de; SILVA, S. H. G.; CURI, N. Frações de carbono em toposequências de solos sob eucalipto com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, vol. 36, p. 1167-1178. 2012.

SOUSA, F. A.; CAMPOS, A. T.; SILVA, E. B.; GANDINI, A. M. M.; CORRÊA, J. M. Redução do potencial poluidor de dejetos suínos em lagoas de estabilização em série. **Biosciency Journal**. Uberlândia, v. 30, n1 p. 65-73, Jan./Feb. 2014

STEVENSON, F.J. **Humus Chemistry**. Genesis, Composition, Reaction. 2.ed. New York, John Wiley, 1994.

TURCO, R. F.; KENNEDY, A. C. ;JAWSON, M. D. Microbial indicators of soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.;STEWART, B. A.(Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.73-90. (SSSA Special Publication, 35).

VIANA, M. C. M.; ALBERNAZ, W. M.; ALVARENGA, R. C.; QUEIROZ, D. S.; SILVA, E. A.; PINTO JÚNIOR, E. S.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; LOURENÇO, J. C. C. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Propriedades Rurais**. Cartilha. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, 2012.

VILELA, D. Apresentação. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO,J. C. [Ed.]. **Sistemas agroflorestais pecuários**: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. p. 03-04.

YEOMANS, J.; J.M. BREMNER. A rapid and precise method four routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.19, p. 1467–1476, 1988.
<https://doi.org/10.1080/00103628809368027>