

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

JOSÉ PEDRO DO NASCIMENTO NETO

**USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA: EFEITOS SOBRE O
ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM ÁREAS
SOB DIFERENTES USOS NO CERRADO**

**Uberlândia – MG
Julho – 2019**

JOSÉ PEDRO DO NASCIMENTO NETO

**USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA: EFEITOS SOBRE O
ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM ÁREAS
SOB DIFERENTES USOS NO CERRADO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia,
da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Profa. Dra. Tatiane Melo
de Lima

**Uberlândia – MG
Julho - 2019**

JOSÉ PEDRO DO NASCIMENTO NETO

**USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA: EFEITOS SOBRE O
ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM ÁREAS
SOB DIFERENTES USOS NO CERRADO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia,
da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 12 de julho de 2019

Profa. Dra. Tatiane Melo de Lima
Orientadora

Profa. Dra. Adriane de Andrade Silva
Membro da Banca

Msc. Raphael Passaglia Azevedo
Membro da Banca

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pelas bênçãos e glórias a mim concedidas durante toda minha vida, por cada oportunidade que se abriu em meu caminho, pela família abençoada que tenho e por todas as pessoas que colocou em minha vida e que me ajudaram a chegar até aqui.

Agradeço a minha mãe, Cleide, pela criação, por todo seu amor e toda sua luta dedicada aos filhos, sendo pai, mãe, amiga, tanto nos momentos de alegria como, principalmente, nos momentos de dificuldade. As minhas irmãs Bárbara e Carolina, que estiveram ao meu lado em todo o período da minha graduação, especialmente nos momentos em que eu mais precisei, sempre com palavras de incentivo e apoio incondicional, fazendo de tudo pra que eu, hoje, pudesse estar encerrando essa importante etapa em minha vida. Devo tudo em minha vida a essas três mulheres inigualáveis que Deus me deu o privilégio de ter como família. Ao meu cunhado, Giovani, por ser um grande exemplo de ser humano para mim.

Agradeço a minha namorada, Jamyle, que chegou em minha vida e representou uma grande mudança, sendo essencial para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje. A todos aqueles que fizeram parte da minha caminhada acadêmica, pelos momentos de estudos, de lazer, tornando a caminhada até aqui mais prazerosa.

A todos os professores, desde o ensino fundamental até a graduação, que se dedicam tanto a profissão e que me ajudaram a me formar não só como profissional, mas também como pessoa.

Agradeço a professora Regina Maria Quintão Lana pelas oportunidades que me deu durante a minha graduação, sendo muito importante em minha formação.

Agradeço a minha orientadora Profa. Dra. Tatiane Melo de Lima por toda sua atenção e dedicação durante o período em que trabalhamos juntos e principalmente para finalização do trabalho.

Agradeço a todos aqueles que estiveram presentes no período em que estive realizando as análises laboratoriais, em especial ao Diogo César e ao Raphael Passaglia e aos técnicos e demais funcionários do LABAS, LAMAS e LAFER.

A todo vocês que estiveram comigo em minha caminhada até aqui, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

O uso de água residuária de suinocultura (ARS) na agricultura como biofertilizante tem se tornado uma prática cada vez mais comum, por ser uma medida que reduz o impacto ambiental desse resíduo, minimiza os custos com fertilizantes, melhora as características químicas, físicas e biológicas do solo. A aplicação de ARS pode ter efeitos positivos sobre o teor de matéria orgânica do solo e, também, sobre suas frações mais estáveis. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação de água residuária de suinocultura sobre o estoque de carbono do solo e substâncias húmicas em diferentes sistemas de manejo. Pretende-se, ainda, correlacionar esses atributos com a fertilidade do solo de áreas agrícolas da região do Triângulo Mineiro, MG. O estudo foi conduzido no município de Uberlândia, onde foram avaliados os seguintes sistemas de manejo: Pastagem e sistema Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF), ambos irrigados com ARS; Sistema de semeadura direta (SPD), implantado a dez anos sem aplicação de ARS; Cerrado em regeneração natural, área de referência. Foram coletadas amostras de solo deformada e indeformadas nas profundidades de 0,00 -0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 m. Foram analisados os atributos químicos e físicos do solo para determinação do estoque de carbono do solo (ESC), fracionamento de substâncias húmicas (ácido fúlvico, húmico e humina) e atributos químicos do solo relacionados (pH, Al, K, P, Ca, Mg, CTC efetiva e potencial, B, Zn, Cu, Mn e Fe). Foi possível concluir que os sistemas sob manejo agrícola apresentaram maior estoque de carbono na camada de 0,0 – 0,30 m, quando comparados à área de Cerrado. Os maiores ECS foram obtidos nas áreas irrigadas com água residuária de suinocultura. O conteúdo de carbono associado às substâncias húmicas foi afetado pelo sistema de uso do solo e variou entre as camadas do perfil. As áreas irrigadas com ARS apresentaram aumento significativo do carbono orgânico associado às frações de ácidos fúlvicos, húmicos e humina. O manejo empregado na área de pastagem promoveu os maiores incrementos no ECS e os maiores teores de carbono associados a fração ácidos fúlvicos, húmicos e humina. Neste sistema a camada de 0,0 -0,05m não se diferenciou da camada 0,05 -0,10m. A fração ácido fúlvico apresentou maior correlação com os atributos químicos do solo. Apresentou alta correlação negativa com o teor de Al no solo e alta correlação positiva com a CTC potencial, teor de P, K e Mg.

Palavras-chave: bioma Cerrado, matéria orgânica do solo, qualidade do solo.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	6
REVISÃO DE LITERATURA	8
MATERIAL E MÉTODOS	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
CONCLUSÕES.....	24
REFERÊNCIAS.....	26

INTRODUÇÃO

A região do Triângulo Mineiro, Minas Gerais, apresenta uma elevada e diversificada produção agropecuária, nessa mesorregião o município de Uberlândia destaca-se por apresentar o 3º maior rebanho de suínos do Brasil com aproximadamente 657 mil cabeças (IBGE, 2017). Estima-se que no município são gerados diariamente 4600 m³ de água residuária de suinocultura (ARS), com elevado potencial poluidor que podem provocar a contaminação de corpos d'água, emitir gases voláteis como amônia e dióxido de carbono, além de causar sérios riscos à saúde dos homens e animais domésticos (ITO *et al.*, 2017).

A destinação adequada da ARS é de fundamental importância para a preservação do solo e dos recursos hídricos que sustentam a produção agropecuária e garantem a produção de alimentos na região. Nesse sentido, o uso da ARS como fertilizante é uma alternativa mitigadora dos possíveis impactos negativos do resíduo nos agroecossistemas. A ARS pode promover a melhoria da qualidade do solo, uma vez que a aplicação de dejetos ao solo pode alterar os atributos químicos, afetar a sua acidez, modificar o ambiente para o crescimento e desenvolvimento das culturas (PASSARIN *et al.*, 2016). Em longo prazo a água residuária da suinocultura pode proporcionar benefícios ao sistema solo-planta (PEREIRA *et al.*, 2016).

O uso de água residuária de suinocultura (ARS) na agricultura como biofertilizante tem se tornado uma prática cada vez mais comum, especialmente, por ser uma medida que reduz o impacto ambiental desse resíduo (MAGGI *et al.*, 2011), minimiza os custos com fertilizantes (PASSARIN *et al.*, 2016), melhora as características químicas (CAOVILLA *et al.*, 2010; ROS *et al.*, 2017), físicas (BORGES *et al.*, 2015) e biológicas do solo (TESSARO *et al.*, 2013; BROOKS *et al.*, 2014). Estudos também mostram que a aplicação de ARS pode ter efeitos positivos sobre o teor de matéria orgânica do solo (BOSCO *et al.*, 2008; LOURENZI *et al.*, 2011). Entretanto, resíduos em forma líquidos exigem estudos mais aprofundados sobre o seu comportamento no solo, pois podem causar poluição difusa (PASSARIN *et al.*, 2016).

Diversos estudos revelam que sistemas irrigados com ARS tiveram incrementos no conteúdo de carbono do solo, principalmente, em áreas irrigadas por um longo período (COMIN *et al.*, 2013; MAFRA *et al.*, 2014). Estudos sobre o uso de água residuária em áreas sob sistema plantio direto e integração lavoura - pecuária Floresta

(ILPF) ainda são incipientes (PASSARIN *et al.*, 2016, GMACH *et al.* 2018; ROSSINO, 2018), entretanto diversos trabalhos apresentam incremento significativo do estoque de carbono no solo (ECS) em áreas de pastagem irrigadas com ARS (CERETTA *et al.*, 2003; CABRAL *et al.*, 2011; BORGES *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Nesse contexto, é importante ressaltar que a avaliação do acúmulo de carbono no solo, bem como, da estabilidade da matéria orgânica do solo (MOS) podem contribuir com o monitoramento dos impactos da aplicação de ARS sobre a sustentabilidade produtiva, econômica e ambiental dos agroecossistemas da região do Triângulo Mineiro - MG.

Estima-se que 70 – 80% da MOS é formada por substâncias húmicas (STEVENSON, 1994), tal compartimento representa o material recalcitrante da MOS, pois apresenta baixa taxa de transformação e degradação. As substâncias húmicas exercem um papel importante na acumulação de carbono, retenção e disponibilização de nutrientes para as plantas (BALDOTTO; BALDOTTO, 2014). Segundo Stevenson (1994) o fracionamento das substâncias húmicas do solo resulta em três principais frações químicas, denominadas ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (H).

Loss *et al.* (2010) afirma que o fracionamento químico da MOS é uma importante ferramenta para identificar os efeitos dos sistemas de uso do solo sobre a qualidade do solo, que é fortemente influenciada pela dinâmica de transformação do carbono orgânico no solo. A análise de substâncias húmicas (humina fração, ácido húmico e ácido fúlvico) é importante porque essas substâncias são mais estáveis, assim, representam o pool de carbono no solo (LOSS *et al.*, 2010; ROSA *et al.*, 2017).

Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação de água residuária de suinocultura sobre o estoque de carbono do solo e substâncias húmicas em diferentes sistemas de manejo. Pretende-se, ainda, correlacionar esses atributos com a fertilidade do solo de áreas agrícolas da região do Triângulo Mineiro, MG.

REVISÃO DE LITERATURA

A constituição da ARS se dá pela mistura do total de dejetos produzidos pelos animais (fezes e urina) juntamente com toda a água utilizada durante o processo de produção (higienização das instalações, água restante dos bebedouros etc.) e também outros materiais orgânicos como restos de ração (GOMES, 2017; REZENDE, 2013).

Segundo Rezende (2013) o baixo aproveitamento dos nutrientes presentes nas rações justifica a quantidade significativa deles na ARS. O aproveitamento dos nutrientes das rações pelos suínos se dá da seguinte maneira: de 40-60% do nitrogênio, 20-50% do cálcio e do fósforo e 5-30% do K, Na, Cu, Mg, Zn, Fe e Mn (PERDOMO; CAZZARÉ, 2001). Em função disso, são encontrados diversos macro e micronutrientes nos dejetos de suínos, tais como o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, zinco, cobre e manganês. Assim, o uso de ARS na agricultura contribui no aumento da fertilidade do solo ao mesmo tempo em que se diminui a necessidade da aplicação de fertilizantes minerais (CABRAL *et al.* 2011).

Dentre os benefícios do uso de tal resíduo na agricultura, além da presença de nutrientes e matéria orgânica, tem-se a melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo (QUEIROZ *et al.*, 2004; AGUIAR *et al.*, 2006), maiores valores de CTC efetiva e $CTC_{(pH\ 7,0)}$ em decorrência do incremento na soma de cátions básicos no perfil do solo (COMIN *et al.*, 2013), aumento de pH e diminuição da saturação por Al^{3+} (CERRETA *et al.*, 2003; LOURENZI *et al.*, 2011) e, com isso, resultando em aumento de produtividade das culturas aliado a redução de custos (SCHERER *et al.*, 2007).

Diversas pesquisas apresentam resultados satisfatórios com relação ao aumento no carbono orgânico total (COT) no solo em áreas irrigadas com dejetos de suínos por um longo período, principalmente em comparação ao uso de fertilizantes minerais (COMIN *et al.*, 2013; MAFRA *et al.*, 2014). Tal fato, indica que o uso contínuo de resíduos orgânicos de origem animal pode elevar o teor de matéria orgânica do solo (ADELI *et al.*, 2008; MELLEK *et al.*, 2010; LOU *et al.*, 2011; LOURENZI *et al.*, 2011). Tendo em vista a presença de polissacarídeos, lipídios, proteínas e outros compostos aromáticos na composição desses materiais orgânicos, os quais também diferem quanto a sua biodegradabilidade, sendo então necessária avaliação não só quantitativa, mas também qualitativa dos resíduos orgânicos que são adicionados ao

solo tendo em vista a importância de ambos os aspectos no balanço final de MOS (LOURENZI, 2014).

A utilização do dejetos líquido de suíno nem sempre reflete no aumento direto no teor de matéria orgânica do solo (SCHERER, *et al.*, 2010) porém, a sua utilização em conjunto com sistemas conservacionistas do solo, tais como o plantio direto e sistemas agroflorestais, resulta no aumento de biomassa o que, a médio e longo prazo, irá promover o aumento na quantidade de matéria orgânica do solo.

Scherer *et al.* 2010 não observaram aumento nos teores de MOS após a aplicação de ARS, assim como Caovilla *et al.* (2010). Cunha (2009) destaca que o teor de matéria orgânica da ARS não irá resultar diretamente no incremento de MOS, o que se resultará da maior deposição de parte aérea, raízes e massa seca dos cultivos manejados com tal resíduo. Rezende (2013) também não observou aumento nos teores de matéria orgânica nas camadas de 0-20cm e 20-40cm em virtude da aplicação de ARS. A qualidade do composto orgânico também influencia no maior ou menor acúmulo de matéria orgânica no solo, devendo então ser considerado também as características intrínsecas do material orgânico que está sendo utilizado (ASMANN *et al.*, 2006).

Os resíduos orgânicos adicionados ao solo serão inicialmente decompostos pela macro e mesofauna do solo das quais fazem parte minhocas, térmitas, dentre outros organismos (LIMA *et al.*, 2010). Enzimas de microrganismos irão causar transformações a partir dos compostos orgânicos prontamente decomponíveis, entre eles os carboidratos, proteínas, aminoácidos, celulose, resinas, que serão utilizados como forma de obtenção de energia, do carbono e outros nutrientes que são utilizados na síntese de novas células (VENTURA, 2017). No processo de obtenção de energia através da oxidação dos compostos orgânicos tem como principal produto final o CO₂ que será liberado para a atmosfera, restando no solo os compostos fenólicos solúveis e também compostos lignificados parcialmente transformados e que serão estabilizados através de processos físicos, biológicos e químicos que ocorrem nas condições pedoclimáticas, formando-se então as substâncias húmicas.

Diversos autores destacam em seus trabalhos (ADELI *et al.*, 2008; LOU *et al.*, 2011; LOURENZI *et al.*, 2011; MELLEK *et al.*, 2010) o incremento no teor de COT do solo como uma das consequências do uso de ARS ao longo do tempo. Lourenzi

(2014) observou que além de aumentar os estoques de COT do solo, a aplicação de dejetos líquidos de suínos teve efeito também na distribuição das frações químicas da MOS, sendo que tal alteração foi dependente do tipo de solo. No estudo em questão foi observado que para o Argissolo os incrementos no estoque de C ocorreram para todas as frações químicas da MOS e já para o Latossolo houve incremento nos estoques de C na camada de 0–4 cm para ácidos húmicos e nas camadas 0-4 cm e 4-8 cm da fração humina.

O estudo da matéria orgânica em seus diferentes compartimentos, e das substâncias húmicas e a sua relação com o manejo, visa desenvolver estratégias para a utilização sustentável dos solos com vistas a reduzir o impacto das atividades agrícolas sobre o ambiente. A quantificação do estoque de carbono no solo e a avaliação de seu grau de estabilidade são, portanto, medidas importantes no processo de identificação das práticas agrícolas mais adequadas (GIÁCOMO, PEREIRA; BALIEIRO, 2008).

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Douradinho (SBHRD), estado de Minas Gerais, região do Triângulo Mineiro, município de Uberlândia, Minas Gerais. Entre as seguintes coordenadas geográficas 19°06'16"S e 19°05'04"S; e 48°22'43"W e 48°20'49"W, com altitude média de 820 metros.

A área de estudo está inserida no bioma Cerrado na região de contato entre a chapada Uberlândia-Uberaba numa altitude de 900 a 620 metros, apresentando relevo levemente dissecado. Quanto à litologia, predomina o grupo Bauru formação Marília. A principal classe de solo são os Latossolos, que naturalmente apresentam baixa fertilidade natural, baixa teor de nutrientes, baixa CTC e alta saturação por alumínio, no entanto apresentam características físicas que favorecem o desenvolvimento da agricultura. O clima típico da região apresenta duas estações bem definidas com verão chuvoso e inverno seco.

Seleção das áreas e amostragem de solo

Na área de estudo foram selecionados quatro tipos de uso e ocupação do solo distintos, sendo uma área de Pastagem e outra sob Sistema Integração Lavoura Pecuária (ILPF); outra área sob Sistema Plantio Direto (SPD); e uma área com vegetação de Cerrado em regeneração natural (área de referência) (Figura 1). Os quatro tipos de uso e ocupação do solo estão descritos a seguir:

1. Área Pastagem de *Urochloa* sp. Irrigada com água residuária de suinocultura: Esta área recebeu nos últimos cinco anos água residuária de suinocultura na dose de $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.
2. Área de ILPF não pastejada: Esse sistema foi implantado há cinco anos, no qual foi realizada correção da acidez do solo e adubação de semeadura, após o estabelecimento do Eucalipto (*Corymba citriodora*) e *Urochloa* sp. (Braquiária) tem sido utilizada água residuária de suinocultura. O arranjo é constituído por eucaliptos plantados em linhas dupla, com espaçamento de 20 m entrelinhas, com *Urochloa* sp plantada entre as fileiras de eucalipto.
3. Área Sistema Plantio Direto: Implantado há 10 anos, este sistema recebe adubação mineral anualmente, com aplicação de corretivos sempre que a análise de solo acusa necessidade. Passa por rotação com culturas anuais (soja/milho/sorgo e milheto).
4. Área de Cerrado: Área de reserva da propriedade (APP), em que não é realizado nenhum tipo de manejo ou utilização agrícola e encontra-se em regeneração natural e será adotada como área de referência (vegetação nativa).



Figura 1. Localização dos sistemas de manejo selecionados para amostragem de solo.

Em cada tipo de uso e ocupação do solo foi adotado o seguinte esquema de coleta: foram delimitadas quatro parcelas de 100m x 50m, nas quais foram retiradas amostras de solo deformadas e indeformadas. Em cada parcela foi retirada uma amostra composta deformada (formada por 10 sub-amostras) para cada profundidade de solo 0,00- 0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; e 0,20-0,30 m. Foi utilizado um trado de inox tipo sonda na coleta de amostras deformadas. Também, foram retiradas quatro amostras de solo indeformada por parcela, nas quatro camadas do perfil. Portanto, em cada sistema de manejo foram coletadas 16 amostras deformadas e 64 indeformadas. A Figura 2 apresenta o esquema de coleta de amostras. Além disso, em cada parcela foi coletada uma amostra composta, na profundidade de 0 a 20 cm, formada por cinco sub-amostras, para a determinação da Textura.

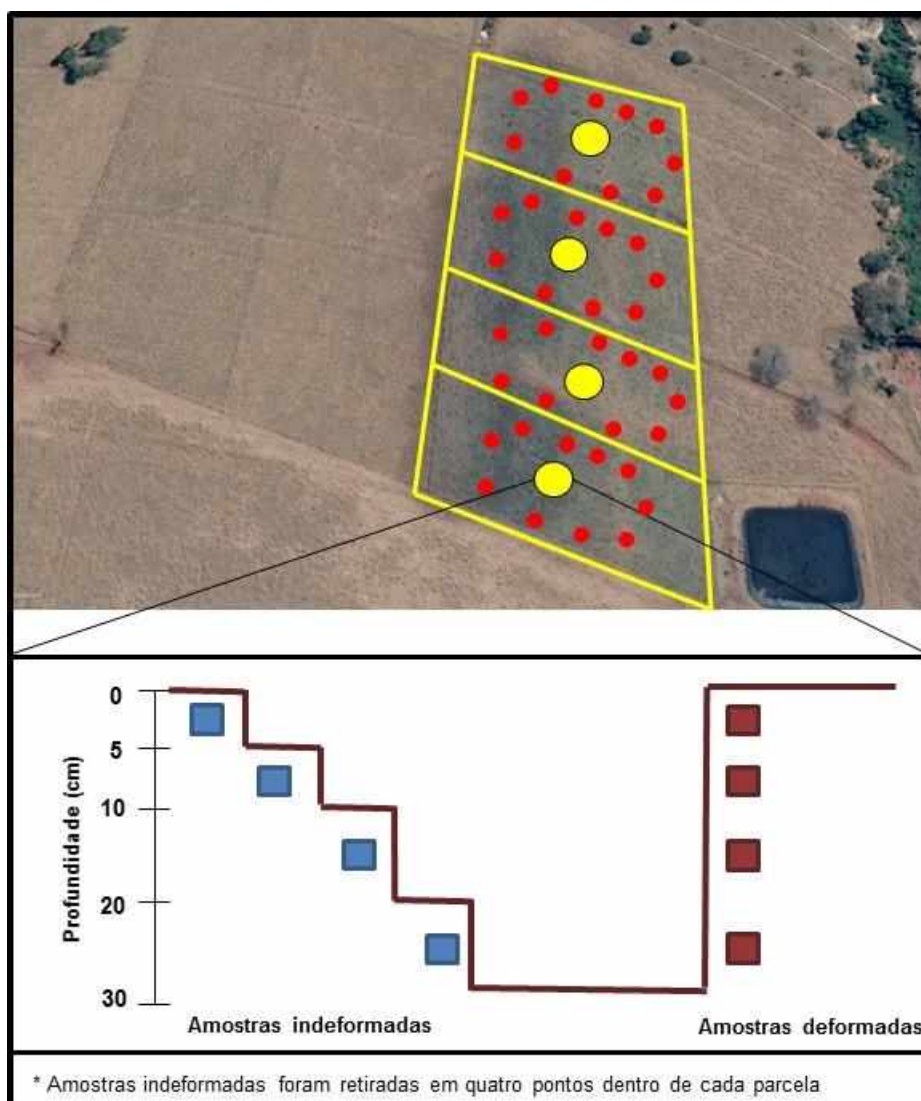


Figura 2. Esquema de coleta de amostras deformadas e indeformadas. Os pontos vermelhos representam as sub-amostras e amarelos as amostras compostas.

As coletas em área de vegetação nativa foram realizadas obedecendo uma bordadura de aproximadamente 20m, para evitar efeito dos manejos utilizados em áreas adjacentes sobre os atributos químicos do solo.

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Solos da Universidade Federal de Uberlândia - LABAS, onde foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de dois mm de malha, obtendo-se a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), onde procedeu-se com as análises descritas a seguir.

Determinação do carbono orgânico total e das substâncias húmicas

O carbono orgânico total do solo foi determinado para cada sistema de manejo e camada do perfil. Foram retirados 20 g de cada amostra de solo deformada, essa porção foi triturada em almofariz de porcelana para obtenção de material menor que 0,5 mm. A partir desse material moído foi determinado o teor de COT e carbono das substâncias húmicas. A determinação do COT foi realizada em triplicata, utilizou-se o método da digestão com dicromato de potássio em meio ácido e titulação com sulfato ferroso amoniacal fazendo-se uso de indicador ferroin (YEOMANS E BREMNER, 1988).

Para a determinação dos teores de carbono nas substâncias húmicas foi utilizada a técnica de solubilidade diferencial (SWIFT, 1996) adaptada por Benites *et al.* (2003). A extração e fracionamento químico das frações ácidos fúlvicos (CAF), ácidos húmicos (CAH) e humina (CHUM) foi realizada via solubilização em meio ácido/básico, através da oxidação por dicromato em meio ácido. Em seguida for realizada a determinação do carbono orgânico de cada umas das frações por titulação com sulfato ferroso amoniacal.

O carbono orgânico das frações CAF e CAH foi quantificado em triplicata utilizando-se uma alíquota de 5 mL do extrato, 1 mL de dicromato de potássio 0,042 mol L⁻¹ e 5 mL de H₂SO₄ concentrado e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,0125 mol L⁻¹. Para quantificação da fração humina utilizou-se 5 mL de dicromato de potássio 0,1667 mol L⁻¹ e 10 mL de H₂SO₄ concentrado em bloco digestor a 150°C por 30 min, seguida de titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,25 mol L⁻¹ com indicador ferroin (BENITES *et al.*, 2003).

Estoque de Carbono no solo

O estoque de C no solo (ECS) foi calculado para cada sistema de manejo e camadas para as seguintes camadas: 0,00- 0,10 m; 0,10 – 0,20m e 0,20 – 0,30m. O ECS de cada camada correspondeu ao produto do teor de COT do solo (COT, g kg⁻¹) pela densidade do solo (DS, g cm⁻³) e pela profundidade da camada, através da seguinte equação:

$$ECS = \frac{COT \times DS \times p}{10}$$

Onde:

ECS = estoque de carbono do solo ($t\ ha^{-1}$);

COT = teor de carbono orgânico do solo ($g\ kg^{-1}$);

DS = densidade do solo ($g\ cm^{-3}$); e

p = profundidade da camada do solo (cm).

Também foi determinado o ECS total de cada sistema de manejo, para isso foi considerada a camada de 0,00 m – 0,30 m. Esse parâmetro foi obtido pela soma dos estoques das camadas de solo.

Determinação dos atributos físicos

As amostras indeformadas foram utilizadas para a determinação da densidade do solo, para isso foi utilizado o método do anel volumétrico com base na relação massa/volume (Embrapa, 2013).

Determinação dos atributos químicos

Foram determinados os seguintes atributos do solo: acidez ativa pH em água; acidez potencial pH SMP; Ca, Mg, K, Al; P, Zn, Cu, Fe, B e Mn disponíveis; Capacidade de troca de cátions; e matéria orgânica do solo. As análises do solo foram realizadas em duplicata. A determinação do pH do solo foi realizada com uma suspensão de solo / água na relação de 1: 2,5 (v / v), que foi deixado em repouso por 1 hora antes da leitura.

A acidez potencial (Al + H) foi determinada através do pH SMP. Os cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+}) foram extraídos com $1,0\ mol\ L^{-1}$ de KCl, a relação solo: solução extratora foi 1:10 (v/v). Utilizando erlenmeyer de 250 mL, a suspensão do solo foi agitada durante 15 min e deixada a equilibrar durante a noite (16 h). No sobrenadante filtrado, Ca^{2+} e Mg^{2+} foram quantificados por espectrometria de absorção atômica com chama e Al^{3+} por titulação com NaOH $0,025\ mol\ L^{-1}$. Utilizando o mesmo procedimento de extração, o K^+ trocável e o P, Cu, Zn, Mn e Fe disponível foram extraídos com a solução de Mehlich-1. O K^+ foi quantificado por fotômetro de chama e o P pelo método colorimétrico. Os micronutrientes foram determinados por espectrometria de absorção atômica com chama. A partir da determinação de Ca, Mg,

K, Al e H +Al foram calculadas a soma de bases (SB) e a capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva e potencial.

O teor de matéria orgânica do solo (MOS) foi determinado pelo método colorimétrico (NELSON E SOMMERS, 1996), após a digestão do solo com dicromato acidificado (H_2SO_4 concentrado) ($0,167 \text{ mol L}^{-1} \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).

Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas através do software R (R Studio Team, 2016). Os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e representados graficamente com barras de erro. Comparações entre sistemas de manejo e camadas (0,00 -0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 m) foram feitas com base nas barras de erro padrão. Adicionalmente, foram estabelecidas correlações de Pearson entre ESC, COT, C-substâncias húmicas e as propriedades químicas do solo (pH, MO, Ca, Mg, K, Al; P, Zn, Cu, Fe, B e Mn), as interpretações foram pautadas apenas sobre as correlações superiores a $\pm 0,6$ (alta correlação). As análises multivariadas de agrupamento hierárquico e análise de componentes principais (PCA) foram realizadas a partir dos valores de ECS, COT, C-substâncias húmicas e as propriedades químicas do solo das substâncias húmicas e propriedades do solo para identificação dos grupos homogêneos (sistemas de manejo e camada do solo).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As áreas estudadas apresentaram diferenças quanto ao ECS total, com variação no acúmulo médio de carbono de 2,8 a 5,7 t ha^{-1} , na camada de 0,00 – 0,30 m. Verificase que as áreas sob pastagem e ILPF, irrigadas com ARS, apresentaram maiores estoques de carbono no solo. Considerando o ECS da área de Cerrado como referência, verificou-se um incremento médio de 100, 85 e 38% no acúmulo médio de carbono nas áreas de pastagem, ILPF e SPD, respectivamente (Figura 3). Ressalta-se, ainda, que o ECS médio das áreas irrigadas com ARS foram superiores à média de acúmulo de carbono do SPD, indicando que a aplicação de ARS em áreas agrícolas apresenta efeitos positivos na incorporação de carbono ao solo.

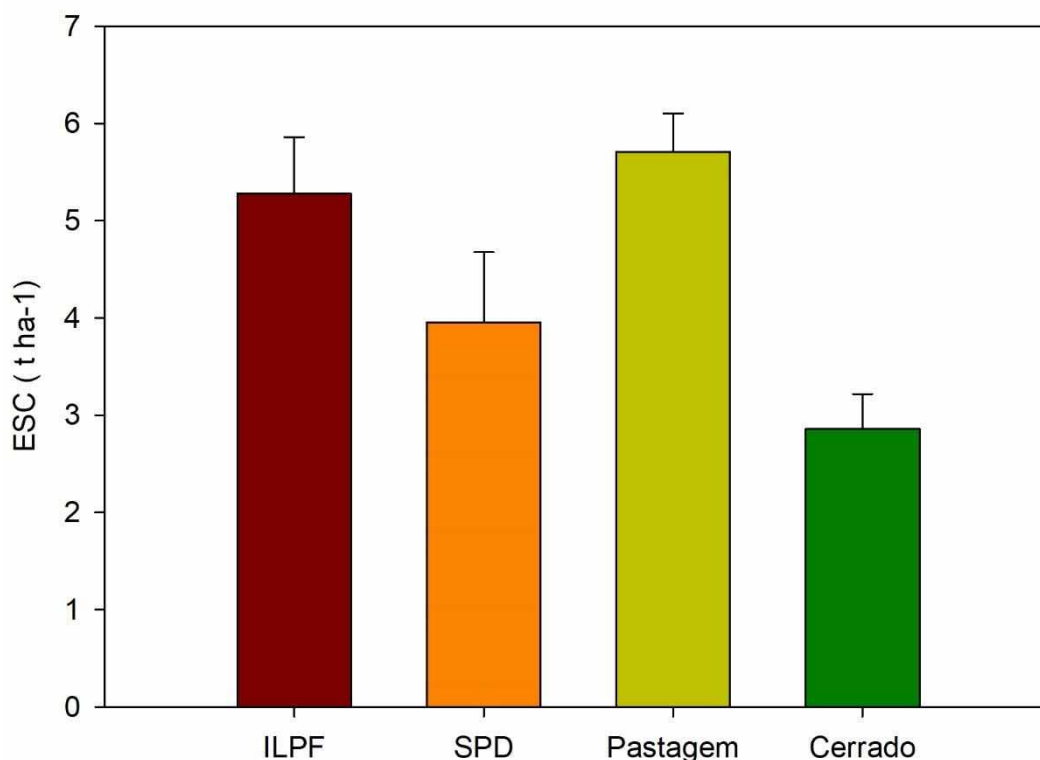


Figura 3. Estoque de carbono no solo na camada de 0,00 – 0,30 m nos diferentes sistemas de manejo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Gmach *et al.*, (2018), que avaliaram o ECS de áreas da região do cerrado convertidas em áreas agrícolas. Esses autores concluíram que pastagens apresentaram maior potencial de manutenção e incrementos do ECS. Áreas sob plantio direto são fortemente influenciadas pelo tempo de implantação do sistema, isto por sua vez, afeta a capacidade de incorporação de carbono ao solo por esse sistema. Contudo, os autores concluíram que povoamentos florestais de eucaliptos não foram eficientes em aumentar os níveis de carbono do solo, não sob as práticas de manejo e condições edafoclimáticas no Cerrado. Sendo assim, pode-se inferir que os incrementos no ECS obtidos neste estudo, na área de ILPF, podem estar associados ao uso da ARS em consórcio com gramíneas.

Verifica-se que na área de Cerrado o ECS é distribuído uniformemente entre as camadas, uma vez que o acúmulo de cada camada representa, aproximadamente, 33%

do ECS total. Já as áreas sob manejo agrícola apresentam 40% do acúmulo total de carbono na camada superficial de 0,00 – 0,10 m (Figura 4^a).

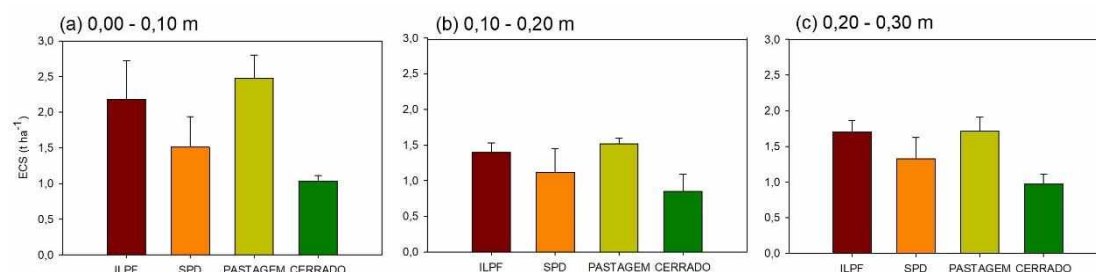


Figura 4. Estoque de carbono no solo nas áreas de pastagem, ILPF, SPD e Cerrado

De modo geral, as áreas sob manejo agrícola apresentaram maior ECS quando comparadas à área sob Cerrado, em todas as camadas. Na camada de 0,00 – 0,10 m observa-se maior acúmulo de carbono, sendo que nesta camada as áreas de pastagem e ILPF apresentaram ECS de 2,5 e 2,2 t ha⁻¹, respectivamente. Esses valores representam um incremento de 138 e 110% em relação a área referência (ECS cerrado = 1,0 t ha⁻¹).

Com relação as SH's, as áreas de Pastagem e ILPF apresentaram maiores teores de humina, ácido fúlvico e ácido húmico, comparativamente às áreas de SPD e Cerrado, na camada superficial (0,00 – 0,05 m).

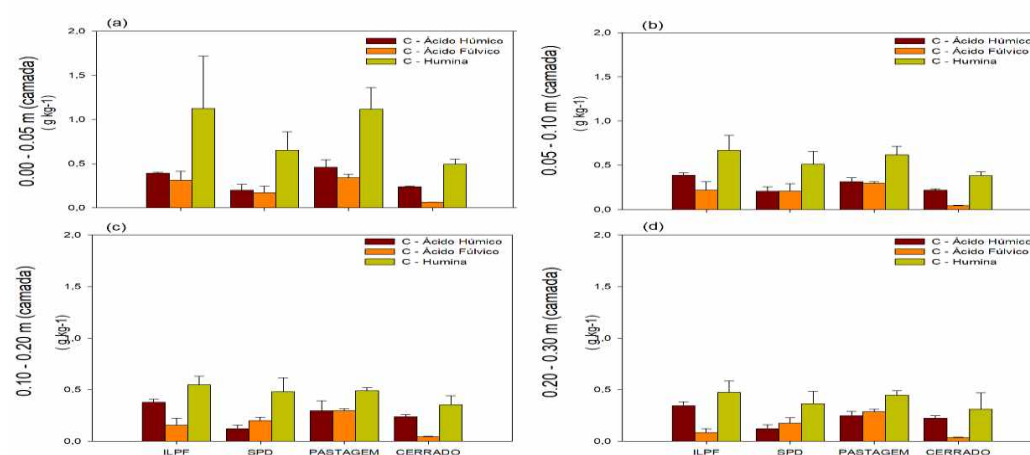


Figura 5. Teor de carbono nas frações de ácido húmico, fúlvico e humina em sistemas agrícolas irrigados e não irrigados com água residuária de suinocultura.

Em todos os sistemas de manejo e camadas a fração da MOS predominante foi a humina (Figura 5a, 5b, 5c e 5d), corroborando com os resultados obtidos por Borges *et al.* (2015), que avaliaram o conteúdo de carbono das substâncias húmicas e sua correlação com a agregação do solo em áreas irrigadas com ARS em áreas de Latossolo submetidas ao manejo agrícola na região do Cerrado. A permanência da humina pode ser explicada pelo fato dessa fração apresentar elevada insolubilidade e resistência à biodegradação, ocasionada pela formação de complexos metálicos estáveis ou complexos argilo-húmicos (LONGO; SPÍNDOLA, 2000).

Ressalta-se, ainda, que na camada superficial (0,00 – 0,05 m) verificou-se um maior teor de substâncias húmicas (CHUM, CAF, CAH) (Figura 5), com significativa redução do conteúdo de carbono dessas frações da MOS nas camadas subsuperficiais.

Dentre as frações mais reativas da MOS (CAF e CAH) verificou-se que as áreas sob manejo agrícola apresentaram maior teor de ácidos fúlvicos em comparação com a área sob Cerrado. A predominância de CAH na área de Cerrado deve estar relacionada a maior evolução do processo de humificação da MOS na área sob vegetação nativa (MADARI *et al.*, 2009). Entretanto, o teor de ácido húmico obtido nas áreas irrigadas com água residuária de suinocultura foram superiores à área de Cerrado e SPD. Tal fato indica que esses sistemas também têm incorporado frações mais recalcitrantes da MOS, uma vez que os ácidos húmicos apresentam maior massa molar e presença de estruturas aromáticas, o que confere a esta fração maior estabilidade e persistência no solo (MADARI *et al.*, 2009).

Em geral, na área de pastagem foram obtidos os maiores teores de ácidos fúlvicos em todas as camadas estudadas. Tal fato pode ser atribuído a adição recente de MOS nesse sistema, uma vez que o processo de estabilização da MOS começa com a formação de ácidos fúlvicos e segue em direção a ácidos húmicos e depois humina. Mudanças iniciais são esperadas na fração ácidos fúlvicos já que reflete o primeiro estágio em direção à estabilização da matéria orgânica, comparativamente aos demais sistemas de manejo.

Verifica-se, ainda, que não houve diferença no conteúdo de carbono associado a fração ácido fúlvico entre as camadas na área de pastagem, uma vez que foram observados valores de 0,34; 0,29; 0,30 e 0,29 g kg⁻¹, com desvio padrão de 0,07, nas

camadas de 0,00 – 0,05 m (figura 5a), 0,05 – 0,10 m (Figura 5b), 0,10 – 0,20 m (Figura 5c) e 0,20 m – 0,30 m (Figura 5d), respectivamente.

A distribuição uniforme dos ácidos fúlvicos na área de pastagem pode estar associada a aplicação de ARS, pois esse resíduo rico em matéria orgânica, macro e micronutrientes promove a melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo. Isto favorece o desenvolvimento radicular e da parte aérea da planta, aumentando a produção de biomassa da pastagem que resulta, conseqüentemente, no maior aporte de material orgânico depositado no solo (CERETTA *et al.*, 2003; LORENZI *et al.* 2011; MAGGI *et al.*, 2011). Neste caso, o sistema radicular das gramíneas promove a incorporação de carbono no perfil do solo e o deslocamento dos nutrientes e substâncias húmicas para as camadas subsuperficiais (CERETTA *et al.*, 2003). Ademais, os ácidos fúlvicos apresentam elevada mobilidade dentro do sistema solo, em função da menor massa molar e maior solubilidade dessas moléculas em diferentes faixas de pH (MADARI *et al.*, 2009).

Ressalta-se, ainda, que o maior teor de ácidos fúlvicos nos sistemas sob manejo agrícola está relacionado, principalmente, a adição recente de matéria orgânica ao solo (PORTUGAL *et al.*, 2008). Tal fato pode contribuir com a melhoria da fertilidade do solo desses sistemas, pois os ácidos fúlvicos possuem mais grupos funcionais quimicamente reativos (grupos carboxílicos e fenólicos) (MADARI *et al.*, 2009; ROSA *et al.*, 2017).

Na área de pastagem, verifica-se uma relação CAH/CAF próximo de 1 (um), ou seja, nesse sistema o teor de CAH é equivalente ao teor de CAF. A relação entre essas frações indica o grau de humificação da MOS, de modo que quanto maior o teor de CAH mais evoluído está o processo de humificação. A relação CAH/CAF próxima e/ou igual a 1 (um), indica equilíbrio entre essas frações (BORGES *et al.*, 2015).

Correlação das Substâncias Húmicas com atributos químicos do solo

Na Figura 6 estão apresentadas as correlações entre ECS, COT, C-SHs (CAH, CAF, CHUM), MOS, pH, Al, CTC potencial (T), CTC efetiva (t), Soma de bases (SB), saturação por bases (V), macronutrientes (P, Ca, Mg, K) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Zn e Mn). A fração CAF apresentou alta correlação positiva (>0,6) com os teores de P, K, Mg e CTC potencial do solo, além disso o teor de Al do solo apresentou alta

correlação negativa com essa fração. A fração CAH apresentou alta correlação positiva com o teor de P e Mn. Já a fração CHUM correlacionou-se positivamente apenas com teor de Mg no solo. Esse resultado demonstra que as frações mais reativas da matéria orgânica afetam, efetivamente, a disponibilidade de nutrientes e a fertilidade do solo. Rosolem & Pavinato (2008) afirmam que os ácidos orgânicos interagem com a fase sólida do solo e ocupam os sítios de adsorção, aumentando sua disponibilidade de nutrientes no solo.

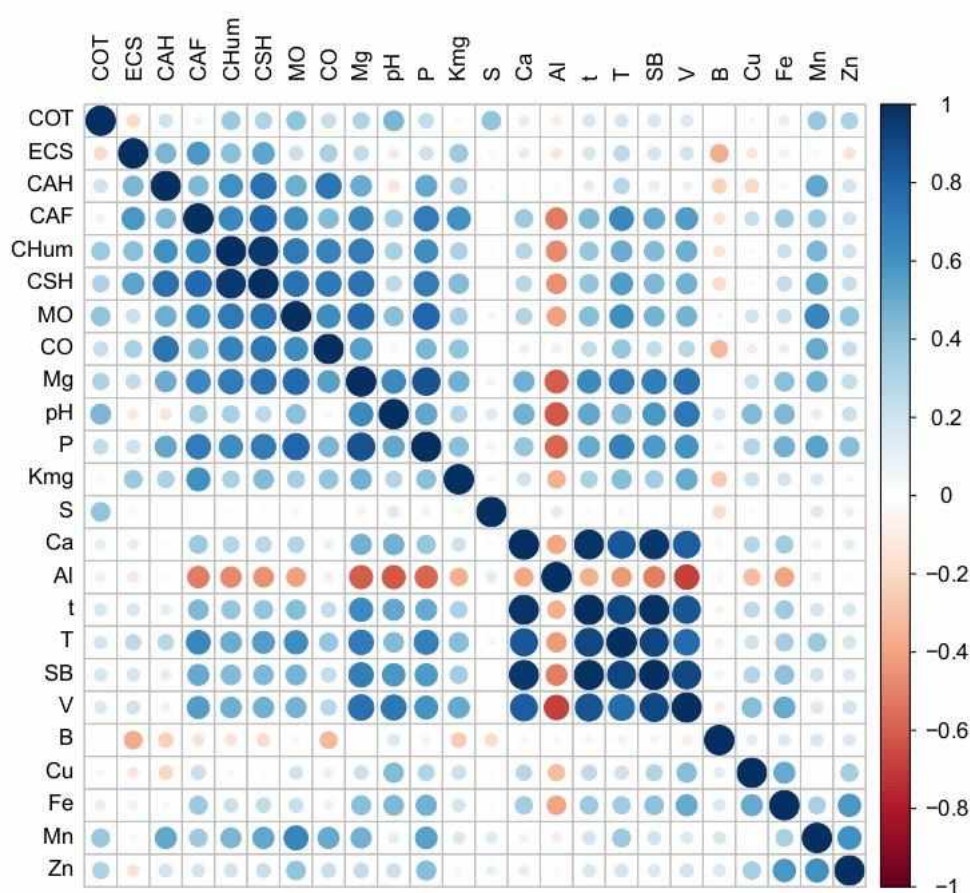


Figura 6. Correlação entre COT, ESC, C-SHs e atributos químicos do solo.

Análise de componentes principais e agrupamento hierárquico

Com base nos dados do conteúdo de carbono no solo (COT, ECS), MOS e suas frações (CAF, CAH, CHUM), bem como atributos químicos do solo (pH, Al, P, Ca, Mg, K, B, Cu, Fe, Zn, Mn) a análise de componentes principais (PCA) e agrupamento hierárquico permitiram identificar uma clara separação entre os sistemas de manejo

(Figura 7) e camadas do solo (Figura 8). Nas Figuras 7a, 7b, 7c e 7d estão apresentados os agrupamentos dos sistemas nas camadas de 0,00 – 0,05m e 0,05 -0,10 m, respectivamente. Nota-se que nessas camadas as áreas sob SPD e ILPF formam um grupo, pastagem e Cerrado formam grupos isolados. Tal fato mostra a diferenciação dos sistemas de manejo, com evidente distanciamento entre os três grupos formados. A análise de PCA indicou que essa diferenciação foi influenciada, principalmente, pelo teor de P, K e saturação por bases nos sistemas de manejo nas respectivas camadas, de modo que a pastagem e Cerrado apresentam valores discrepantes para esses atributos.

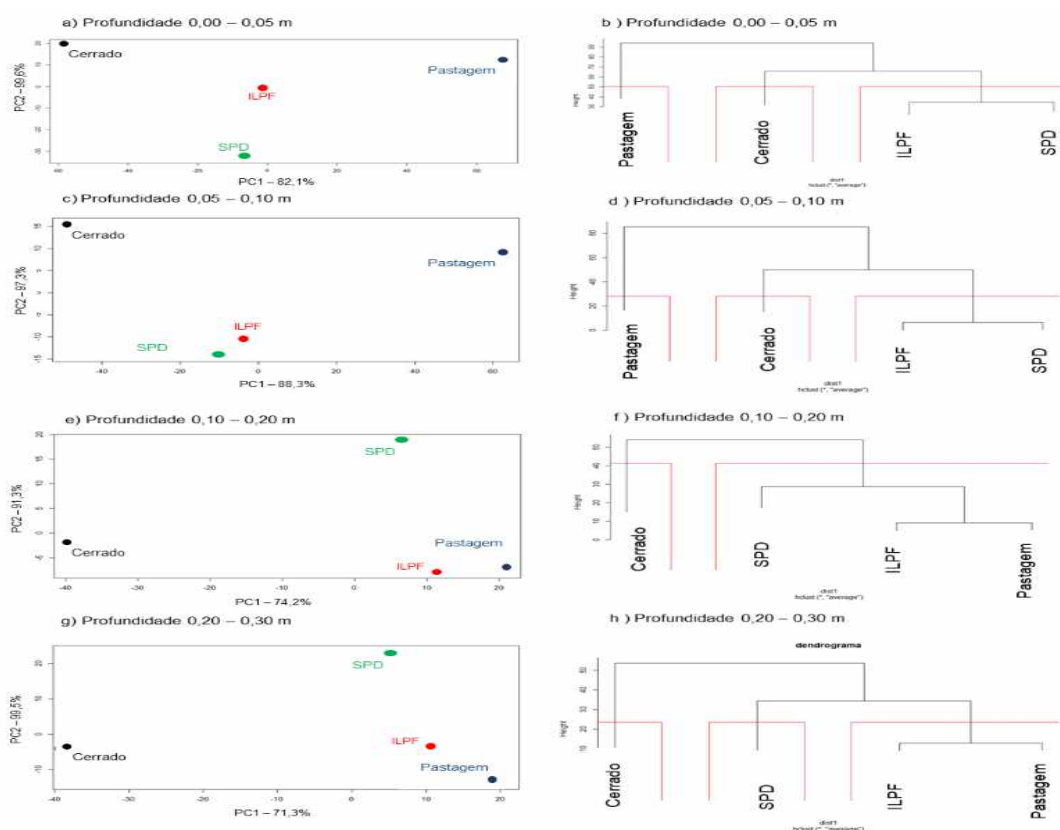


Figura 7. Análise de componentes principais e agrupamento hierárquico comparando os sistemas dentro de cada profundidade.

Ressalta-se, ainda, que na camada 0,10 – 0,20 m (Figura 7e e 7f) os sistemas de manejo (SPD, ILPF e pastagem) formaram um único grupo e se diferenciaram da área de Cerrado. Já na camada 0,20 – 0,30 m (Figura 7g e 7h) as áreas sob pastagem e ILPF foram homogêneas e se diferenciaram das demais (Cerrado e SPD), que formaram

grupos isolados. A análise de componentes principais revelou que essas diferenças foram, principalmente, influenciadas pelo teor de K no solo e saturação por bases.

Nas áreas sob Cerrado (Figura 8a e 8b), ILPF (Figura 8c e 8d) e SPD (Figura 8g e 8h) a camada superficial 0,00 – 0,05 se diferenciou das camadas subsuperficiais. Essa diferença pode ser explicada pelo fato de que em áreas onde não há o revolvimento do solo ocorre o acúmulo de matéria orgânica se dá na camada superficial, isto por sua vez resulta no aumento na disponibilidade de nutrientes nessa camada (PAVINATO; ROSOLEN, 2008). Assim, na maioria dos sistemas agrícolas a camada superficial apresenta maior fertilidade e se diferencia das camadas subjacentes.

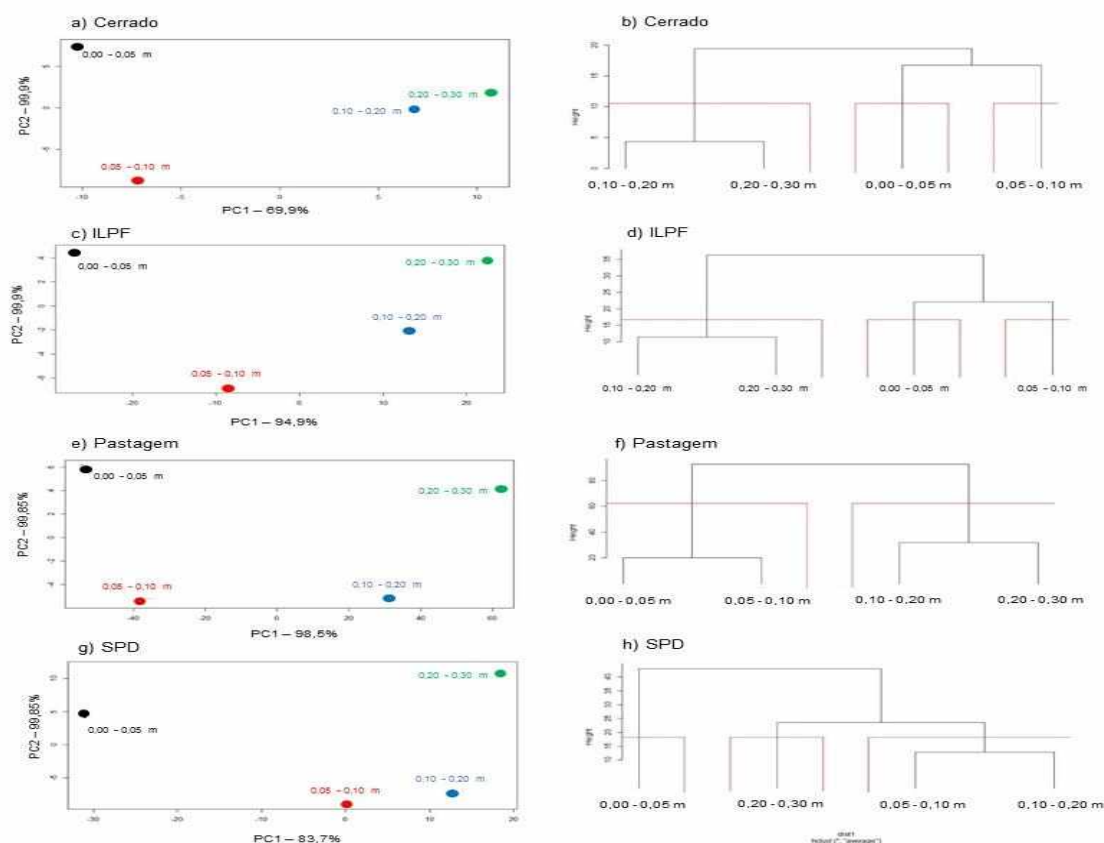


Figura 8. Análise de componentes principais e agrupamento hierárquico comparando os as profundidades dentro de cada sistema.

Na área sob pastagem as camadas 0,00 – 0, e 0,05 – 0,10 m não se diferenciaram (Figura 8e e 8f), sendo que a análise de PCA indicou que a saturação por base, teor de P e K foram os principais componentes responsáveis por esse resultado. Tal fato pode ser

explicado pelo o manejo empregado nesse sistema, a aplicação de ARS associada ao elevado aporte de matéria orgânica parecem ter provocado aumento do conteúdo de carbono em suas diferentes frações, isto por sua vez, pode ter afetado a disponibilidade de nutrientes da na camada de 0,5 – 0,10 m.

A aplicação continuada de elevadas doses de ARS provocam o deslocamento dos nutrientes em profundidade (CERETTA *et al.*, 2003; STEINER *et al.*, 2011). Neste caso, o Mg e K são cátions facilmente lixiviados para camadas subsuperficiais por apresentam menor energia de adsorção aos coloides da fração mineral (ROS *et al.*, 2017). Além disso, os sítios de adsorção de P também são ocupados, o que aumenta sua disponibilidade no solo. Ainda, a correlação negativa dos ácidos fúlvicos com o teor de alumínio no solo pode ser atribuída ao fato desses ácidos orgânicos formarem complexos com cátions polivalentes, como o Al^{3+} , reduzindo sua disponibilidade e seu efeito no pH do solo (PAVINATO; ROSOLEN, 2008), o que permite o melhor desenvolvimento radicular e maior incorporação do carbono nas camadas subsuperficiais.

Com base nos resultados aqui obtidos, verifica-se que os sistemas de manejos submetidos à aplicação de ARS apresentaram incrementos significativos no conteúdo de carbono do solo e das substâncias húmicas. Tal fato tem grande relevância para solos agrícolas da região do Cerrado, pois as substâncias húmicas têm um importante papel no ciclo e dinâmica do carbono no solo, bem como sobre a fertilidade do solo, pois atua como um reservatório de nutrientes. As frações humificadas da MOS são, especialmente, importantes em solos tropicais, altamente intemperizados e que possuem uma fase mineral de baixa reatividade química e baixa capacidade de troca catiônica (CTC) (MANDARI *et al.*, 2009).

CONCLUSÕES

- a) Os sistemas sob manejo agrícola apresentaram maior estoque de carbono na camada de 0,0 – 0,30 m, quando comparados à área de Cerrado. Os maiores ECS foram obtidos nas áreas irrigadas com água residuária de suinocultura.
- b) O conteúdo de carbono associado às substâncias húmicas foi afetado pelo sistema de uso do solo e variou entre as camadas do perfil. As áreas irrigadas com ARS

apresentaram aumento significativo do carbono orgânico associado às frações de ácidos fúlvicos, húmicos e humina.

c) O manejo empregado na área de pastagem promoveu os maiores incrementos no ECS e os maiores teores de carbono associados a fração ácidos fúlvicos, húmicos e humina. Neste sistema a camada de 0,0 -0,05m não se diferenciou da camada 0,05 -0,10m.

d) A fração ácido fúlvico apresentou maior correlação com os atributos químicos do solo. Apresentou alta correlação negativa com o teor de Al no solo e alta correlação positiva com a CTC potencial, teor de P, K e Mg.

REFERÊNCIAS

ADELI, A. *et al.* Effect of long-term swine effluent application on selected soil properties. **Soil Science**, v. 173, p. 223-235, 2008.

AGUIAR, M.I.; LOURENÇO, I.P.; OLIVEIRA, T.S. DE; LACERDA, N.B. Perda de nutrientes por lixiviação em um Argissolo Acinzentado cultivado com meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.4, p.811- 819, 2006.

ANDRADE, R.G.; BOLFE, E.L.; VICTORIA, D.C.; NOGUEIRA, S.F. Geotecnologia - Recuperação de pastagens no Cerrado. **Agroanalysis (FGV)**, v.36, p.30-33, 2016.

ASSMANN, A.P.; SANTOS, I. dos; ASSMANN, J.M.; BRAIDA, J.A.; MALAGI, G. Efeito de doses crescentes de esterco líquido de suínos na intensidade de antracnose e produtividade de soja. **Synergismus scyentifica**, Pato Branco, v.1, n.1-4, p.1- 778, 2006.

ASSMANN, A.P.; SANTOS, I. dos; ASSMANN, J.M.; BRAIDA, J.A.; MALAGI, G. Efeito de doses crescentes de esterco líquido de suínos na intensidade de antracnose e produtividade de soja. **Synergismus scyentifica**, Pato Branco, v.1, n.1-4, p.1- 778, 2006.

BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, supl., p. 856-881, 2014.

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, 2003a. 7p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 16).

BORGES, C. B.; RIBEIRO, B. T.; WENDLING, B.; CABRAL, D. A. Agregação do solo, carbono orgânico e emissão de CO₂ em áreas sob diferentes usos no Cerrado, região do Triângulo Mineiro, **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 10, n. 3, p. 660-675, 2015.

BOSCO, T. C. DAL; SAMPAIO, S. C.; OPAZO, M. A. U.; GOMES, S. G.; NÓBREGA, L. H. P. Aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja: cobre e zinco no material escoado e no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.28, p.699-709, 2008.

BROOKS, J. P.; ADELI, A.; MCLAUGHLIN, M. R. Microbial ecology, bacterial pathogens, and antibiotic resistant genes in swine manure wastewater as influenced by three wine management systems. **Water Research**, v.57, p.96- 03, 2014.

CABRAL, J. R.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; MUNIZ, A. S.; BERTONHA, A. Impacts of pig farming wastewater on elephant grass production and on soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.823–831, 2011.

CAOVILLA, F. A.; SAMPAIO, S. C.; SMANHOTTO, A.; NÓBREGA, L. H. P.; QUEIROZ, M. M. F.; GOMES, B. M. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.7, p.692-697, 2010.

CERETTA, C. A. *et al.* Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 6, p. 593-602, 2010.

CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, L.A.R.; VIEIRA, F.C.B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 729-735, 2003.

COMIN, J. J.; BRUNETO, G.; SCHMITT, D. E.; LOVATO, P.E.; COUTO, R. R.; MORAES, M. P. Efeito da aplicação continuada de dejetos de suínos líquidos e cama sobreposta sobre atributos relacionados à acidez de um argissolo. **Anais... Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 34, Florianópolis, SC, 2013.

CUNHA, J. L. **Impacto ambiental em sistema de pastagem sob aplicações de esterco líquido de suínos**. 2009. 91 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2009.

DIAS, B. O.; SILVA, C. A.; SOARES, E. M. B.; BETTIOL, W. Estoque de carbono e quantificação de substâncias húmicas em Latossolo submetido a aplicação contínua de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n.4, p.701-711, 2007.

GMACH, M.R.; DIAS, B. O.; SILVA, C. A.; NÓBREGA, J. C. A.; LUSTOSA FILHO, J. F.; SIQUEIRA NETO, M. Soil organic matter dynamics and land-use change on Oxisols in the Cerrado, Brazil. **Geoderma Regional**, v. 14, 2018.

GOMES, A. M. **Aproveitamento de água residuária de suinocultura na nutrição de Corymbia Citriodora**. 2017. 28 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Agronomia, Uberlândia, MG, 2017.

ITO, M.; GUIMARÃES, D.; AMARAL, G. **Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades**. Agroindústria BNDES, setorial 44, p. 125-156, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Levantamento Sistemático da **Produção Agrícola** - agosto 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa>
Acesso em: 01/10/2017.

LONGO R. M.; SPÍNDOLA, C. R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria* sp.) em áreas de Cerrado e Floresta Amazônica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 723-729, 2000.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. Quantification of carbon from humic substances in different use systems soil and evaluation periods. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 913-922, 2010.

LOU, Y. *et al.* Soil organic carbon fractions and management index after 20 yr of manure and fertilizer application for greenhouse Vegetables. **Soil Use and Management**, v. 27, p. 163- 169, 2011.

LOURENZI, C. R. **Dejetos de suínos: Produção de culturas, efeitos na matéria orgânica e na transferência de formas de fósforo**. 2014. 127 p. Tese (Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2014.

LOURENZI, C.R.; CERETTA, C.A.; SILVA, L.S. da; TRENTIN, G.; GIROTTO, E.; LORENSINI, F.; TIECHER, T.L.; BRUNETTO, G. Soil chemical properties related to acidity under successive pig slurry applications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1827-1836, 2011.

MADARI, B. E.; CUNHA, T. J. F.; NOVOTNY, E.H.; MILORI, D.M.B.P.; MARTIN NETO, L.; BENITES, V.M.; COELHO, M.R.; SANTOS, G.A. Matéria Orgânica dos Solos Antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. In: TEIXEIRA, W.G.; KERN, D.C.; MADARI, B.E.; LIMA, H.N.; WOODS, W. (Ed.). **As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: 2009. Cap. 13, p.172-188.

MAFRA, M. S. H; CASSOL, P. C; ALBUQUERQUE, J. A; CORREA, J. C; GROHSKOPF, M. A; PANISSON, J. Acúmulo de carbono em Latossolo adubado com dejetos líquidos de suínos e cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.8, p.630-638, 2014.

MAGGI, C. F.; FREITAS, C. L. F.; SAMPAIO, S. C.; DIETER, J. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.170-177, 2011.

MELLEK, J. E. *et al.* Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambisol of Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 110, p. 69- 76, 2010.

OLIVEIRA, D. M. S.; LIMA, R. P.; BARRETO, M. S. C. VERBURG, E. E. J.; MAYRINK, G. C. V. Soil organic matter and nutrient accumulation in areas under intensive management and swine manure application, **Journal Soils Sediments**, v. 17, p. 1 – 10, 2017.

PASSARIN, O. M., SAMPAIO, S. C., ROSA, D. M., REIS, R. R.; CORREA, M. M. Soybean nutritional status and seed physiological quality with swine wastewater. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 1, p. 16-21, 2016.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

PEREIRA, P. A. M.; SAMPAIO, S. C.; REIS, R. R.; ROSA, D.M.; CORREA, M. M. Swine farm wastewater and mineral fertilization in corn cultivation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 1, p. 49-54, 2016.

PERDOMO, C. C; CAZARRÉ, M. Sistema **Dalquim de tratamento de resíduos animais**. Embrapa Suínos e Aves, 2001.

PORTUGAL, A. F.; JUCKSCH, I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; WENDLING, B. Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 2091-2100, 2008.

QUEIROZ, F.M.; MATOS, A.T.; PEREIRA O.G.; OLIVEIRA, R.A. Perda de nutrientes por lixiviação em um Argissolo Acinzentado cultivado com meloeiro. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1487-1492, 2004.

REZENDE, V. O. **Efeito da fertirrigação com água residuária de suinocultura nos atributos químicos do solo e na produção dos capins tifton 85 e xaraés**. 2013. 60 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa. Faculdade de Agronomia, Rio Paranaíba, MG, 2013.

ROS, C. O.; SILVA, V. R.; SILVESTRIN, T. B.; SILVA, R. F.; PESSOTTO, P. P. Disponibilidade de nutrientes e acidez do solo após aplicações sucessivas de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 35-44, 2017.

ROSA, D.M.; PEREIRA, N.L.H.; MAULI, M.M.; LIMA, G.P.; PACHECO, F.P. Humic substances in soil cultivated with cover crops rotated with maize and soybean. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 2, p. 221–230, 2017.

ROSSINO, A. B. **Alterações nos atributos químicos do solo após duas aplicações sucessivas de água residuária de suinocultura**. 2018. 101 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.760>.

SAMPAIO, S. C.; FIORI, M. G. S.; OPАЗO, M. A. U.; NÓBREGA, L. H. P. Comportamento das formas de nitrogênio em solo cultivado com milho irrigado com água residuária da suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v.30, p.138-149, 2010.

SANTOS, A.B.D; PETRONZIO, J.A.C. **Mapeamento de uso e ocupação do solo do município de Uberlândia-MG utilizando técnicas de Geoprocessamento**. SBSR, Curitiba: INPE p.6185- 6185, 2011.

SCHERER, E.E.; NESI, C.N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.1375-1383, 2010.

STEINER, F. *et al.* Atributos químicos do solo em diferentes sistemas de culturas e fontes de adubação. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 4, n. 1, p. 16-28, 2011.

STEVENSON F. J. **Humus chemistry**: genesis, composition, reactions, 2. ed., New York: Wiley. 1994, 496p.

SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D. L.; PAGE, A. L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C. T.; SUMNER, M. E. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Madison: Soil Science Society of America/ American Society of Agronomy, p.1011-1020, 1996. (Soil Science Society of America Book Series, 5).

TESSARO, D.; SAMPAIO, S. C.; ALVES, L. F. A.; DIETER, J.; CORDOVIL, C. S. C. M. S.; VARENNES, A.; PANSERA, W. A. Macrofauna of soil treated with swine wastewater combined with chemical fertilization. **African Journal of Agricultural Research**, v.8, p.86-92, 2013.

VENTURA, B. S. **Aplicações sucessivas de dejetos de suínos alteram a dinâmica do carbono nitrogênio e frações da matéria orgânica dos agregados do solo**. 2017. 68 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2017.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method of routine determination of carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.