

INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS –  
AGRONOMIA

USO DE CAMA DE PERU NA ADUBAÇÃO E EFEITO NAS  
PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DE UM  
LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO

Autor: Diego Oliveira Ribeiro

Orientador. Prof. Dr. Gustavo Castoldi

Rio Verde – GO

Abril – 2021

INSTITUTO FEDERAL GOIANO CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS –  
AGRONOMIA

USO DE CAMA DE PERU NA ADUBAÇÃO E EFEITO NAS  
PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DE UM  
LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO

Autor: Diego Oliveira Ribeiro

Orientador. Prof. Dr. Gustavo Castoldi

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências Agrárias – Agronomia no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde. Área de concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

Rio Verde – GO

Abril – 2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

Ru           Ribeiro, Diego Oliveira  
              USO DE CAMA DE PERU NA ADUBAÇÃO E EFEITO NAS  
              PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DE UM LATOSSOLO  
              VERMELHO DISTROFÉRRICO / Diego Oliveira Ribeiro;  
              orientador Gustavo Castoldi; co-orientador Carlos  
              Ribeiro Rodrigues. -- Rio Verde, 2021.  
              86 p.

              Tese (Doutorado em PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
              CIÊNCIAS AGRÁRIAS-AGRONOMIA) -- Instituto Federal  
              Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

              1. resíduo orgânico. 2. agregação do solo. 3.  
              carbono. 4. milho. 5. Urochloa decumbens. I.  
              Castoldi, Gustavo , orient. II. Ribeiro Rodrigues,  
              Carlos , co-orient. III. Título.



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Tese               | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                   | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia - Especialização   | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação               | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional | Tipo:   |

Nome Completo do Autor: Diego Oliveira Ribeiro

Matrícula: 2018102320140047

Título do Trabalho: USO DE CAMA DE PERU NA ADUBAÇÃO E EFEITO NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO-DISTROFÉRICO

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 28/05/2021

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 28/05/2021.

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 30/2021 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

### **ATA Nº/77 BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE TESE**

Aos oito dias do mês de abril do ano de dois mil e vinte e um, às 08:00h (oito horas), reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Prof. Dr. Gustavo Castoldi (Orientador), Prof. Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues (Avaliador interno), Prof. Dr. João Paulo Gonsiorkiewicz Rigon (Avaliador externo), Dra. Mellissa Ananias Soler da Silva (Avaliadora externa), e Prof. Dr. João de Andrade Bonetti (Avaliador externo), sob a presidência do primeiro, em sessão pública realizada por vídeo conferência do IF Goiano - Campus Rio Verde, para procederem a avaliação da defesa de Tese, em nível de Doutorado, de autoria de **DIEGO OLIVEIRA RIBEIRO**, discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Gustavo Castoldi, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da Tese para, em 40 min., proceder a apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, e procedidas às correções recomendadas, a Tese foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **DOUTOR EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS-AGRONOMIA**, na área de concentração Produção Vegetal Sustentável no Cerrado, pelo Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGCA-AGRO da versão definitiva da Tese, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Tese em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Tese de Doutorado, e para constar, eu, Vanilda Maria Campos, secretária do PPGCA-AGRO, lavrei a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora em três vias de igual teor.

Prof. Dr. Gustavo Castoldi (Presidente)

Prof. Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues (Avaliador interno)

Prof. Dr. João Paulo Gonsiorkiewicz Rigon (Avaliador externo)

Dra. Mellissa Ananias Soler da Silva (Avaliadora externa)

Prof. Dr. João de Andrade Bonetti (Avaliador externo)

Documento assinado eletronicamente por:

- **João de Andrade Bonetti, João de Andrade Bonetti - Professor Avaliador de Banca - Uem (79151312000156)**, em 12/04/2021 19:38:51.
- **Carlos Ribeiro Rodrigues, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 09/04/2021 16:47:39.
- **Mellissa Ananias Soler da Silva, Mellissa Ananias Soler da Silva - Professor Avaliador de Banca - Embrapa Arroz e Feijão (00348003001435)**, em 09/04/2021 11:23:45.
- **João Paulo Gonsiorkiewicz Rigon, João Paulo Gonsiorkiewicz Rigon - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500)**, em 09/04/2021 09:51:40.
- **Gustavo Castoldi, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 09/04/2021 09:42:40.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 05/04/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 255526  
Código de Autenticação: 3b87de33a2



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, cuja fé nele me fortalece e mostra os caminhos seguros.

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, pela ótima oportunidade de realizar o curso de Doutorado.

Ao meu orientador prof. Dr. Gustavo Castoldi, pela oportunidade de ser seu orientado, dedicação, paciência, conselhos e apoio para que esse trabalho fosse realizado.

À minha família: meus pais José Ribeiro e Lourdes Francisca Oliveira Ribeiro; ao meu amado filho Luís Henrique Vilela Ribeiro; aos meus irmãos Gustavo Oliveira Ribeiro e Cássia Oliveira Ribeiro, ao meu sobrinho e afilhado Miguel e ao meu cunhado e cunhada.

A Flaviane Moares de Souza, que esteve comigo durante parte da minha caminhada no Doutorado.

A Edilaine Patrícia Oliveira Stiz, que esteve comigo durante parte da minha caminhada no Doutorado.

A todos os Professores e funcionários do PPGCA – AGRO, pela excelente oportunidade em aprender durante às disciplinas cursadas. Aos professores Gustavo Castoldi, Carlos Ribeiro Rodrigues e Eduardo da Costa Severiano, pela oportunidade de cursar algumas disciplinas como aluno especial, as quais foram imprescindíveis para meu ingresso na Pós-graduação novamente.

A todo o grupo de orientados do Professor Gustavo Castoldi, pela ótima oportunidade de trabalho em grupo.

Ao centro Universitário de Mineiros – GO (UNIFIMES), pela oportunidade de exercer a docência, por me ajudar a concentrar as disciplinas durante o período que estive na pós-graduação e pela concessão de ajuda de custo durante alguns meses.

A todos, obrigado.



## BIOGRAFIA DO AUTOR

Diego Oliveira Ribeiro, Filho de José Ribeiro e Lourdes Francisca Oliveira Ribeiro, nascido no dia 08 de julho de 1985 no município de Mineiros - GO.

Iniciou na graduação no Centro Universitário de Mineiros - GO (UNIFIMES) em fevereiro de 2005, obtendo título de Engenheiro Agrônomo em 2010.

Ingressou no mestrado em agosto de 2010 pelo Programa de Pós-graduação em Agronomia da UFG, obtendo o título de mestre em julho de 2012.

No início do ano de 2016, ingressou no curso de especialização em gestão de sala de aula no ensino superior pelo Centro Universitário de Mineiros (UNIFIMES), terminando ao final do ano de 2016.

Em março de 2018, iniciou no curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

## ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE TABELAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	x
RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	i
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Composição dos resíduos aviários .....	3
2.2 Resposta de culturas à adubação com resíduos aviários .....	3
2.3 Estoque de carbono como atributo indicador de qualidade do solo.....	4
2.4 Efeito da utilização de resíduos aviários nos atributos químicos e físicos do solo	7
2.5 Referências Bibliográficas.....	9
3. OBJETIVOS .....	13
4. CAPÍTULO I .....	14
Adubação orgânica com cama de peru no cultivo de milho em região tropical .....	14
Resumo.....	14
Abstract .....	15
4.1. Introdução.....	15
4.2. Material e Métodos.....	17
4.3. Resultados e Discussão.....	19
4.4. Conclusões.....	23
4.5. Referências Bibliográficas.....	23
5. CAPÍTULO II .....	26
Estoques de carbono, nitrogênio e atributos físicos em uma cronossequência de aplicação de resíduo aviário .....	26

Resumo.....	26
Abstract .....	27
5.1. Introdução.....	27
5.2. Material e métodos .....	29
5.3. Resultados e discussão .....	33
5.3.1 Teores de carbono, nitrogênio e suas frações granulométricas .....	33
5.3.2 Estoques de carbono, nitrogênio e suas frações granulométricas .....	38
5.3.3 Índice de manejo de carbono.....	43
5.3.4 Densidade do solo.....	45
5.3.5. Agregação do solo .....	49
5.3.6. Fracionamento químico do COT.....	54
5.4. Conclusão .....	58
5.5 Agradecimentos .....	59
5.6. Referências bibliográficas .....	59
6. CONCLUSÃO GERAL.....	65

## ÍNDICE DE TABELAS

### CAPÍTULO I - ADUBAÇÃO ORGÂNICA COM CAMA DE PERU NO CULTIVO DE MILHO EM REGIÃO TROPICAL

**Tabela 1.** Análise química e granulométrica do solo, na profundidade de 0-20 cm, antes da implantação dos tratamentos e do plantio da soja, em Mineiros - GO em 2012.....17

**Tabela 2.** Teores de nutrientes na cama de peru utilizada na fertilização do milho.....18

**Tabela 3.** Quantidades de nutrientes (N, P e K) disponibilizados no solo em função de doses de cama de peru e fertilizante químico aplicados.....19

**Tabela 4.** Atributos químicos do solo após duas safras de milho em sistemas de fertilização químico, a e orgânica e organo-mineral em Latossolo Vermelho distroférico na de 0 a 0,1 m de profundidade. ....21

### CAPÍTULO II - ESTOQUES DE CARBONO, NITROGÊNIO E ATRIBUTOS FÍSICOS EM UMA CRONOSSEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DE RESÍDUO AVIÁRIO

**Tabela 1.** Caracterização química da área experimental na camada de 0 a 20 cm.....30

**Tabela 2.** Histórico de aplicação de cama de peru na área experimental, e quantidade total fornecida (acumulada) de N e C, baseando-se na matéria seca do resíduo aviário. ....30

**Tabela 3.** Composição química da cama de peru (média de nove anos) utilizada na adubação da área experimental. ....31

**Tabela 4.** Distribuição de agregados estáveis em água (%) nas camadas do Latossolo Vermelho distroférico manejado sob sistema rotacionado de pastejo, adubado com cama de peru no início da estação chuvosa de 2017 (novembro).....49

**Tabela 5.** Distribuição de agregados estáveis em água (%), nas camadas do Latossolo Vermelho distroférico manejado sob sistema rotacionado de pastejo adubado com cama de peru no, final da estação chuvosa de 2018 (abril). .....50

**Tabela 6.** Frações oxidáveis do carbono em diferentes doses e camadas do Latossolo Vermelho distroférico manejado sob sistema rotacionado de pastejo e adubação de cama de peru no final da estação chuvosa de 2018. ....54

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I - ADUBAÇÃO ORGÂNICA COM CAMA DE PERU NO CULTIVO DE MILHO EM REGIÃO TROPICAL

- Figura 1.** Distribuição da precipitação pluviométrica mensal acumulada (mm) durante o período experimental do Município de Mineiros – GO. ....18
- Figura 2.** Produtividade do milho cultivado em um Latossolo Vermelho distroférico e submetido a substituição total ou parcial da adubação química pela adubação orgânica com cama de peru. Mineiros, GO. ....20

### CAPÍTULO II - ESTOQUES DE CARBONO, NITROGÊNIO E ATRIBUTOS FÍSICOS EM UMA CRONOSSEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DE RESÍDUO AVIÁRIO

- Figura 1.** Teores de carbono orgânico total (A), carbono orgânico particulado (B), nitrogênio total (C) e nitrogênio na matéria orgânica particulada (D), em um Latossolo distroférico manejado sob sistema rotacionado de pastejo em função de doses acumuladas de cama de peru, aplicadas de 2008 a 2017. ....36
- Figura 2.** Estoques de carbono orgânico total (A), carbono orgânico particulado na matéria orgânica particulada (B), em um Latossolo distroférico manejado sob sistema rotacionado de pastejo em função de doses acumuladas de cama de peru, aplicadas de 2008 a 2017. ....40
- Figura 3.** Estoques de nitrogênio total (A), nitrogênio na matéria orgânica particulada (B), em um Latossolo distroférico manejado sob sistema rotacionado de pastejo em função de doses acumuladas de cama de peru, aplicadas de 2008 a 2017. ....43

- Figura 4.** Índice de manejo de carbono (IMC) em um Latossolo distroférico manejado sob sistema rotacionado de pastejo em função de doses acumuladas de 2008 a 2017....44
- Figura 5.** Densidade do solo no início da estação chuvosa (época 1; a) e fim da estação chuvosa (época 2; b) e macroporosidade do solo no início da estação chuvosa (época 1; c) e fim da estação chuvosa (época 2; d) em diferentes doses de cama de peru em longo prazo. ....48
- Figura 6.** Diâmetro médio ponderado de agregados (DMP) em diferentes profundidades, em Latossolo Vermelho distroférico manejado sob sistema rotacionado de pastejo em função de doses acumuladas de cama de peru coletados no início (a) e final (b) da estação chuvosa de 2017/2018 (novembro/abril). ....53
- Figura 7.** Análise de variáveis canônicas entre macroporosidade (MAPOR); estoque de carbono orgânico total (ESTCOT); estoque de nitrogênio total (ESTNT); estoque de carbono na matéria orgânica particulada (ESTCOP); estoque de nitrogênio na matéria orgânica particulada (ESTNMOP); diâmetro médio ponderado de agregados (DMP); macroagregados (MACROA); índice de manejo de carbono (IMC). T0: sem aplicação de cama de peru; T1: dose de 38,29 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T2: dose de 54,79 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T3: dose de 69,24 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru.....57

## LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIACÕES E UNIDADES

AQ	adubação química	kg ha <sup>-1</sup>
C	carbono	-----
Ca	cálcio	-----
COAM	carbono associado aos minerais	-----
COP	carbono na matéria orgânica particulada	-----
COP	carbono na matéria orgânica particulada	g kg <sup>-1</sup> ou Mg ha <sup>-1</sup>
COT	carbono orgânico total	g kg <sup>-1</sup> ou Mg ha <sup>-1</sup>
CP	cama de peú	-----
CTC	capacidade de troca catiônica	-----
DMP	diâmetro médio ponderado de agregados	mm
IEC	índice de estoque de carbono	-----
ILC	índice de labilidade de carbono	-----
IMS	índice de manejo de carbono	%
K	potássio	-----
KCl	cloreto de potássio	kg ha <sup>-1</sup>
Mn	manganês	-----
MOS	matéria orgânica do solo	-----
N	nitrogênio	-----
N-MOP	nitrogênio na matéria orgânica particulada	g kg <sup>-1</sup> ou Mg ha <sup>-1</sup>
NT	nitrogênio total	g kg <sup>-1</sup> ou Mg ha <sup>-1</sup>
P	fósforo	-----
pH	potencial hidrogeniônico	-----
Pres	fósforo resina	mg dm <sup>-3</sup>
SB	soma de bases	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
V%	saturação por bases	%



Zn

zinco

-----

## RESUMO GERAL

RIBEIRO, DIEGO OLIVEIRA. Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, abril de 2021. **Uso de cama de peru na adubação e efeito nas propriedades químicas e físicas de um Latossolo Vermelho distroférico.** Orientador: Dr. Gustavo Castoldi; Coorientadores: Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues, Dr<sup>a</sup> Mariângela Brito Freiburger.

O volume gerado de resíduos da agroindústria avícola, em áreas próximas a criadouros é grande e crescente, e tem aumentado a sua utilização na adubação de culturas agrícolas. É mais comum, no entanto, a utilização de resíduos da criação de frangos, restando algumas lacunas sobre a utilização de resíduos da criação de peru. Nesse contexto, foram conduzidos dois estudos avaliando a utilização de cama de peru na agricultura. Ambos os estudos foram conduzidos em um Latossolo Vermelho distroférico, um avaliando o uso da cama de frango para a produção da cultura do milho e outro avaliando alterações nos atributos químicos e físicos do solo após uma cronosequência de até nove aplicações seguidas de cama de peru, sob pastejo rotacionado. Na cultura do milho, o experimento foi realizado nas safras 2011/12 e 2012/13, e comparou-se adubação mineral utilizando 450 kg ha<sup>-1</sup> de 10-27-10, cama de peru nas doses de 3.800 e 7.600 kg ha<sup>-1</sup>, adubação com 450 kg ha<sup>-1</sup> de 10-27-10 + 1.900 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru, adubação com 450 kg ha<sup>-1</sup> de 10-27-10 + 3.800 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru, além de um tratamento controle, sem adubação. A utilização de cama de peru foi eficiente em substituir total ou parcialmente a adubação mineral a partir do segundo ano de sua utilização, mantendo os níveis de produtividade do milho, tendo aumentado também os teores de fósforo e potássio no solo. Já o ensaio em área sob pastejo rotacionado de *Urochloa decumbens* foi implantado em 2008 e comparou quatro doses acumuladas de cama de peru: controle (0), 35,3, 54,8 e 66,2 Mg ha<sup>-1</sup>, correspondendo, respectivamente, a 0, 6, 8 e 9 anos de aplicações sucessivas. As análises químicas e físicas do solo foram realizadas nas camadas superficiais, aos 0, 6, 8

e 9 anos do início do experimento. Os teores e estoques de carbono e nitrogênio no solo, e carbono e nitrogênio na matéria orgânica particulada foram incrementados quando do uso de cama de peru. Em relação ao tratamento controle, o uso de cama de peru pode incrementar no solo anualmente até  $1,12 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (quando do uso da maior dose). A dose acumulada de  $54,8 \text{ Mg ha}^{-1}$  resultou em maior estoque de nitrogênio total (incremento de 80%), e nitrogênio na matéria orgânica particulada (incremento de 134%). Após 9 anos de uso (dose acumulada de  $69,24 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), a utilização de cama de peru elevou em 156% o índice de manejo de carbono na camada de 0-0,05 m. Outro benefício da utilização da cama de peru foi a redução da densidade do solo e o aumento no diâmetro médio ponderado de agregados do solo, com conseqüente aumento na proporção de macroagregados. Portanto, devido aos efeitos positivos de utilização da cama de peru nos atributos químicos e físicos do solo e na produtividade da cultura do milho, esse resíduo é uma boa opção para os produtores em áreas de grãos e pastagens, podendo ser uma ferramenta para reduzir a dependência de fertilizantes minerais, além de incrementar carbono ao solo e minimizar os impactos da produção de peru em larga escala.

**PALAVRAS-CHAVES:** resíduo orgânico, agregação do solo, carbono, milho, *Urochloa decumbens*.

## GENERAL ABSTRACT

RIBEIRO, DIEGO OLIVEIRA. Federal Institute of Goiás - Campus of Rio Verde - GO, April 2021. **Use of turkey litter in fertilization and effect on chemical and physical properties of a dystroferic Oxisol soil.** Advisor: PhD Gustavo Castoldi; Co-advisors: PhD Carlos Ribeiro Rodrigues, PhD Mariângela Brito Freiberger.

The volume of poultry agroindustry waste generated in areas close to rearing facilities is large and increasing, which has led to an increase in its use in the agricultural crops fertilization. It is more common, however, to use waste from chicken farming, leaving some gaps in the use of turkey farming waste. In this context, two studies evaluating the use of turkey litter in agriculture were conducted. Both experiments were carried out in a Dystroferic Oxisol soil, one evaluating the use of poultry litter for maize production, and the other evaluating changes in soil chemical and physical attributes after a chronosequence of up to nine applications followed by turkey litter, under rotational grazing. In the maize crop, the experiment was carried out in the 2011/12 and 2012/13 crop seasons, comparing: mineral fertilization with 450 kg ha<sup>-1</sup> of 10-27-10, turkey litter at doses of 3,800 and 7,600 kg ha<sup>-1</sup>, fertilization with 450 kg ha<sup>-1</sup> of 10-27-10 + 1,900 kg ha<sup>-1</sup> of turkey litter, fertilization with 450 kg ha<sup>-1</sup> of 10-27-10 + 3,800 kg ha<sup>-1</sup> of turkey litter, in addition to a control treatment, without fertilization. The use of turkey litter was efficient in replacing mineral fertilization completely or in part from the second year of its use, maintaining maize yield levels, and increasing phosphorus and potassium contents in the soil. The experiment in area under rotational grazing of *Urochloa decumbens* was implemented in 2008 and compared four accumulated doses of turkey litter: control (0), 35.3, 54.8 and 66.2 Mg ha<sup>-1</sup>, respectively corresponding to 0, 6, 8 and 9 years of successive applications. Soil chemical and physical were carried out in the

surface layers, at 0, 6, 8 and 9 years after the beginning of the experiment. The contents and stocks of carbon and nitrogen in the soil and carbon and nitrogen in particulate organic matter were increased when turkey litter was used. Compared to the control treatment, the use of turkey litter can add to the soil up to 1.12 Mg C ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> (when using the highest dose). The accumulated dose of 54.8 Mg ha<sup>-1</sup> led to the highest total nitrogen stock (80% increase) and nitrogen in particulate organic matter (134% increase). After 9 years of use (accumulated dose of 69.24 Mg ha<sup>-1</sup>), the use of turkey litter increased the carbon management index in the 0-0.05 m layer by 156%. Another benefit of using turkey litter was the reduction of density and the increase in the mean weight diameter of soil aggregates, with consequent increase in the proportion of macroaggregates. Therefore, due to the positive effects of using turkey litter on chemical and physical attributes of soil and also on maize yield, this waste is a good option for producers in grain and pasture areas and may be a tool to reduce dependence on mineral fertilizers, in addition to adding carbon to the soil and minimizing the impacts of large-scale turkey production.

**KEYWORDS:** organic waste, soil aggregation, carbon, maize, *Urochloa decumbens*.

## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção agrícolas diversificados são capazes melhorar a qualidade do solo, ser mais resilientes, produzir alimentos de forma segura e tornar as fazendas agrícolas mais sustentáveis (CHEN et al., 2018; PACHECO et al., 2018;). Nesse sentido, a produção de grãos, pecuária e aves em uma mesma propriedade é uma realidade em muitos países produtores, como EUA, e no ano de 2011, 48% das propriedades tinham mais que três tipos de atividades agrícolas (MACDONALD et al., 2013). No Brasil essa diversidade vem aumentando, contribuindo para os resultados expressivos do país no setor agropecuário mundial. O cenário do estado de Goiás não é diferente, já que o estado tem expressividade na produção de grãos, bovinos de corte e leite, suínos e aves (IMB, 2020).

A produção de grãos e de animais como bovinos e aves demandam altos investimentos, como os de fertilizantes químicos nas lavouras de grãos e pastagens, alimentação dos bovinos e investimento para destinação correta de resíduos animais, especialmente de aves. Isso porque na cadeia produtiva de animais é gerado resíduos, como o das aves, que podem ser considerado um dos principais problemas deste setor agropecuário (AULLER et al., 2020). Os resíduos de aves têm sido reconhecidos por seu alto potencial como fertilizante agrícola e condicionador do solo em diversos países (ARE et al., 2017; RIBEIRO et al. 2019) e se planejado pode ser inserido tanto nos sistemas de produção de grãos quanto nas pastagens, reduzindo os custos e aumentando qualidade dos solos (PINTO et al., 2012; ALVARENGA et al. 2015). Sendo assim, muitas vezes os resíduos aviários como a cama de peru são destinados como fertilizantes, podendo impactar os atributos do solo (PINTO et al., 2012; SILVA et al., 2018; RIBEIRO et al., 2019).

A utilização de resíduo aviário pode impactar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo (PINTO et al., 2012; RIBEIRO et al., 2019). Entre os benefícios do uso de cama de peru foi relatado que com sua utilização durante dois anos, foi possível manter a produção de pasto de *Urochloa decumbens* quando comparado a adubação mineral convencional junto com corretivos da acidez do solo (SILVA et al., 2018). Também há relatos de sua utilização obtendo efeitos positivos em alguns atributos do solo como, por exemplo, a densidade, porosidade, atributos de agregação e nos estoques de carbono nitrogênio, suas frações físicas granulométricas bem como, suas as frações oxidáveis do carbono (ANDREOLA et al., 2000; COSTA et al., 2008; PINTO et al., 2012; BENBI et al., 2015; RIBEIRO et al., 2016; LAROCA et al., 2019).

Os incrementos de carbono ao solo são importantes, pois o solo é o terceiro compartimento que mais armazena carbono no planeta, apresentando aproximadamente 2.500 petagramas (MACHADO, 2005). Assim, a utilização de cama de peru como fonte de fertilizante pode contribuir para o aumento dos estoques de carbono e nitrogênio ao solo (PINTO et al., 2012; LAROCA et al., 2019). Além dos benéficos dos incrementos de carbono afetarem a qualidade dos solos, do ponto de vista ambiental, esses aumentos nos estoques de carbono ao solo favorecem a mitigação de gases do efeito estufa (RIBEIRO, H. et al., 2019). Nesse sentido, incrementos de carbono, podem contribuir para acordos internacionais como a “Iniciativa 4 por 1000”, a qual visa elevar nos solos agrícolas os estoques de carbono a uma taxa de 0,4 por cento do estoque atual, que é estimado em 860 gigatoneladas de carbono (PEIXOTO, 2019).

Devido a maior quantidade produzida de frango, são mais comuns trabalhos com a utilização de cama de frango, de modo que ainda são escassos os trabalhos com o uso de cama de peru na agricultura, principalmente por longo período. Nesse contexto, informações sobre o uso da cama de peru como alternativa à fertilizantes minerais convencionais é de grande interesse aos produtores rurais e pesquisadores, de modo que, o presente estudo objetivou avaliar os efeitos do uso desse resíduo no desempenho do milho cultivado na safra de verão, bem como no solo quando de sua aplicação, por sucessivos anos, em áreas sob sistema de pastejo rotacionado com *Urochloa decumbens*.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Composição dos resíduos aviários

A composição dos resíduos aviários é bastante variável, podendo ser influenciada por diversos fatores, tais como: quantidade inicial de material adicionado, alimentação fornecida aos animais, número de lotes, tempo de armazenagem e revolvimento entre a saída e entrada de novos lotes de animais (RONDON, 2008). Outro fator que pode influenciar na qualidade da cama de aves é o tipo de material utilizado para alojamento dos frangos. Assim, Carvalho et al. (2011) avaliando a qualidade da cama e do ar em 4 criadouros do estado de São Paulo, observaram que cama de frango constituída de casca de café e arroz apresentaram melhor qualidade em termos de pH e umidade, quando comparada a cama constituída de maravalha.

Em 165 amostras de cama frango à base de casca de arroz ou maravalha coletadas em 30 confinamentos no Rio Grande do Sul, Rogeri et al. (2016) observaram valores de pH variando de 6 a 8,9;  $P_2O_5$  1 a 4,9%;  $K_2O$  0,7 a 4,6%; N 1,1 a 4,4%; C-org 21,3 a 43,3% e matéria seca variando de 34 a 85%. Já em cama de peru à base de maravalha ou casca de arroz, com dois lotes, a seguinte composição foi observada: pH 7,8;  $P_2O_5$  4%;  $K_2O$  4%; N 5%; C-org 23% e matéria seca de 75% (CQFS-RS/SC,2004). Além da presença de macronutrientes, os resíduos aviários podem conter micronutrientes como o zinco (Zn), manganês (Mn) e níquel (Ni) (IRSHAD et al., 2013; JAJA et al. 2013). Portanto, para adequada recomendação quando utilizados como fontes de fertilizantes, os mesmos devem ser analisados previamente.

### 2.2 Resposta de culturas à adubação com resíduos aviários

A utilização de resíduos aviários, particularmente da criação de frangos, como fertilizantes tem mostrado efeitos positivos em diversas culturas (ANDREOLA et al., 2000; GOMIDES:BORGES, 2014; RIBEIRO et al., 2019). Por outro lado, ainda são escassas as informações sobre a utilização da cama de peru para esse fim. Em estudo avaliando a utilização de cama de peru em doses variando de 3 a 12 Mg ha<sup>-1</sup> na cultura da cana-de-açúcar (planta), obteve-se melhor resposta com a dose de 10,39 Mg ha<sup>-1</sup>, que resultou numa produção de 97,21 Mg de colmos ha<sup>-1</sup> (RIBEIRO et al., 2016). Na cultura da soja, a produtividade de grãos não foi afetada pelo uso de 2,54 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de



peru em substituição a aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante formulado 02-20-10. Já na cultura do milho, a utilização de 2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de cama aviária suplementada com 1/3 da adubação mineral foi capaz de sustentar a produtividade de grãos, quando comparado a adubação mineral convencional utilizando 150 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 10-20-20 no plantio e 100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia em cobertura (CONTE et al., 2014).

Em pastagem degradada de *Urochloa decumbens*, a utilização de cama de peru possibilitou produção de matéria seca de 26,5 e 9,6 Mg ha<sup>-1</sup>, com a dose de 12,0 e 11,1 Mg ha<sup>-1</sup> de cama, respectivamente, em dois anos consecutivos de avaliação (SILVA et al., 2019). Comparando-se diferentes formas de recuperação de pastagens, observou-se que o uso da cama de peru contribuiu para a elevação da fertilidade do solo, particularmente por incrementar os teores de P, Ca, Mg e V%, isso em comparação com métodos convencionais, utilizando fertilizantes minerais tradicionais (formulados NPK, Superfosfatos simples e KCl) (SILVA et al., 2018).

Em uma meta análise avaliando mais de 130 trabalhos com utilização de resíduos orgânicos, em estudos com mais de 10 anos de condução, evidenciou-se que a utilização de resíduos orgânicos tem se mostrado responsiva quanto à produtividade das culturas em regiões de clima tropical, principalmente por contribuir para o aumento da retenção de nutrientes no solo pelos aumentos na capacidade de troca catiônica (CTC), e água disponível às plantas (PINTO et al., 2012; LAROCA et al., 2019), além de contribuir para a melhoria de propriedades físicas do solo, especialmente em solos arenosos (CHEN et al., 2018). Esses mesmos autores, ressaltam ainda que o benefício da utilização de resíduos orgânicos pode estar relacionado ao fornecimento de nutrientes que os fertilizantes químicos não fornecem, além de melhor sincronização na liberação de nutrientes quando utilizados fertilizantes orgânicos em conjunto com o uso de fertilizantes químicos, podendo aumentar a resistência dos sistemas agrônômicos, oferecendo efeitos positivos quando as condições são menos favoráveis.

### 2.3 Estoque de carbono como atributo indicador de qualidade do solo

Vários atributos químicos podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo, destacando-se: o pH, teor e estoque de C e N, frações oxidáveis e frações granulométricas do carbono, disponibilidade de nutrientes (P, K, Ca, Mg, K e outros), CTC, saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), presença de metais

pesados e outros (CARDOSO et al., 2009; VEZZANI e MIELNICZUK, 2009; BENBI et al., 2015; SILVA, 2018).

Os estoques de C têm sido avaliados em distintos trabalhos sobre a influência de sistemas de manejo do solo (CONTE et al., 2011; SOUZA et al., 2016) e adubações (PINTO et al., 2012; LAROCA et al., 2019). Isso se dá porque o estoque de carbono no solo tem relação direta com as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (PINTO et al., 2012; VICENTE; ARAÚJO, 2013). O solo é o maior compartimento terrestre que armazena C, contendo quase 4 vezes mais C que a vegetação, e a cerca de 3,3 vezes o C presente na atmosfera (MACHADO, 2005). Ademais, o aumento nos estoques de C no solo por meio de atividades agropecuárias pode compensar de 34 a 98% do total das emissões dos gases do efeito estufa em sistemas integrados de produção (RIBEIRO, et al., 2019).

Em regiões de clima tropical, devido a elevadas temperaturas e altos índices pluviométricos, a atividade microbiana é mais acentuada, proporcionando rápida decomposição dos materiais orgânicos resultantes dos resíduos vegetais e animais. Em função do manejo adotado ao solo, conforme tempo de adoção da atividade agrícola, os estoques de C poderão ser menores, iguais ou mesmo superiores aos estoques de áreas de vegetação nativa, podendo desta forma, o solo ser fonte ou dreno de carbono para a atmosfera (PORTUGAL et al., 2008; SOUZA et al., 2016; CECAGNO et al., 2018).

Em áreas naturais, o teor de C é determinado principalmente pela cobertura nativa do solo, temperatura, umidade e tipo de solo. Em áreas sob cultivo, os estoques de C e nitrogênio são influenciados também pelo manejo adotado (PINTO et al., 2012; SOUZA et al., 2016; CECAGNO et al., 2018). Entretanto, podem não ser sensíveis a variações que ocorrem em curto período, sendo frequente a utilização de frações físicas granulométricas e também frações oxidáveis do C (BENBI et al., 2015; SILVA et al., 2016; SOUZA et al., 2016; LAROCA et al., 2019). Esses fracionamentos oferecem vantagens por apresentarem simplicidade operacional, além de serem amplamente utilizados em diversos trabalhos na literatura (LOSS et al., 2010; PINTO et al., 2012; SOUZA et al., 2016).

O fracionamento físico granulométrico apresenta a vantagem de ser menos agressivo à matéria orgânica do que aqueles que utilizam métodos químicos. Esse método apresenta como princípio a separação da MOS por peneiramento. Após a separação dos compartimentos da MOS, eles são divididos em: carbono orgânico na matéria orgânica

particulada (C-MOP), carbono orgânico total (COT) e carbono orgânico associado aos minerais (COAM), que é dado pela diferença entre COT e COP.

O C-MOP é a fração da MOS separada por dispersão e peneiramento do solo associada a fração areia ( $COP > 53 \mu\text{m}$ ). Esta porção é caracterizada como carbono orgânico particulado (COP), sendo partículas derivadas de resíduos de plantas e hifas com estrutura celulares reconhecíveis, cuja permanência no solo está condicionada a proteção física desempenhada por agregados. Esta fração corresponde de 20 a 50% do C total do solo em regiões frias e/ou semiáridas (CAMBARDELLA & ELLIOTT, 1992), com menor proporção em regiões tropicais variando entre 5 e 20% (SILVA et al., 2016; SOUZA et al., 2016), por causa das condições mais favoráveis a atividade microbiana. O COAM é a fração da MOS associada as frações silte e argila do solo ( $COAM < 53 \mu\text{m}$ ), sendo a porção da MOS que interage com a superfície de partículas minerais, formando os complexos organominerais com os óxidos de Fe e Al, estando protegida por mecanismos de proteção coloidal, sendo assim um processo físico-químico (BRAIDA et al., 2011).

Em áreas com o uso de forrageiras destinada a alimentação animal sob integração lavoura-pecuária, os estoques e teores de carbono e nitrogênio dependem de uma combinação de condições solo-planta-atmosfera, tais como o clima, umidade do solo, quantidade e qualidade dos resíduos adicionados (ASSMAN et al., 2014). Em áreas em que foi aplicada cama de peru também foram observadas a influência de resíduos animais nos estoques de C e nitrogênio no solo (PINTO et al., 2012). Esses autores verificaram aumento nos estoques de C do solo à medida que se aumentou a dose de cama de peru, até a maior dose utilizada que foi de  $30,9 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de peru. Portanto, são vários fatores que afetam os estoques de C e N do solo, sendo necessário o constante monitoramento dos diferentes sistemas de manejos

O fracionamento químico do C também tem sido utilizado em diversos estudos avaliando a qualidade do carbono (CHAN et al., 2001; LOSS et al., 2010; BENBI et al., 2015). As frações oxidáveis do carbono são divididas quanto a concentrações crescentes de ácido sulfúrico em F1, F2, F3 e F4 (CHAN et al., 2001). As frações F1 e F2 são consideradas mais lábeis e mais sensíveis em demonstrar efeito de diferentes manejos, formas e fontes de adubação (LOSS et al., 2010; BENBI et al., 2015). Por outro lado, as frações F3 e F4 são consideradas mais recalcitrantes, representam a proteção física e química do carbono sendo menos sensível ao manejo adotado ao solo (LOSS et al., 2010; BENBI et al., 2015). O uso de resíduos aviários e vegetais em um sistema de cultivo com

arroz e trigo, por exemplo, resultou em maiores estoques de C na fração F1 e menor na fração F4 (BENBI et al., 2015).

Outro atributo indicador utilizado para avaliar a qualidade da MOS é o índice de manejo de carbono (IMC), como utilizado por alguns autores (CONTE et al., 2011; SILVA et al., 2016; SOUZA et al., 2016). Para obtenção desse índice, leva-se em consideração o estoque e a labilidade desse C, e se utiliza um sistema de manejo considerado como referência, para o qual o IMC é definido como 100. O IMC também pode indicar incrementos na labilidade do C, pois apresenta elevada correlação com o estoque de C-MOP (SILVA et al., 2016). O IMC se correlaciona positivamente com diversos atributos do solo, como por exemplo com a capacidade de troca catiônica (CTC), estabilidade de agregados, C da biomassa microbiana e N potencialmente mineralizável, sendo assim uma ferramenta importante para demonstrar o efeito dos sistemas de manejo na qualidade do solo (ZANATTA et al., 2019).

#### 2.4 Efeito da utilização de resíduos aviários nos atributos químicos e físicos do solo

Os resíduos aviários têm sido utilizados com maior frequência em locais próximos às unidades produtoras de animais. Um dos destinos dos resíduos aviários é a sua utilização como fonte de fertilizante nas atividades agropecuárias (PINTO et al., 2012; SILVA et al., 2018; RIBEIRO, D. et al., 2019). Estudos têm sido realizados, que tratam da utilização de cama de peru em Latossolo em pastagem (PINTO et al., 2012); utilização de cama de peru em Neossolo Quartzarênico sob pastagem (SILVA et al., 2018; SILVA et al., 2019); utilização de cama de frango incubada em solos de lixões (AZEER et al., 2019); utilização de cama de frango associada a adubação mineral na sucessão de soja e milho em Latossolo (RIBEIRO, D. et al., 2019), dentre outros. Fato é que o uso desses resíduos aviários pode impactar diversos atributos do solo.

A utilização de cama de peru contribui para a elevação da fertilidade do solo em pastagens (PINTO et al., 2012; SILVA et al., 2018) e em áreas produtoras de cana-de-açúcar e grãos (RIBEIRO et al., 2016; RIBEIRO et al., 2017). A utilização de cama de peru em áreas de pastejo rotacionado pode contribuir para o aumento do pH, fósforo, potássio, saturação por bases, estoques de carbono e nitrogênio no solo e suas frações, além de diminuir a saturação por alumínio (PINTO et al., 2012).

A utilização de resíduos aviários, como a cama de peru, contribui, positivamente também para alterações nos atributos físicos do solo (RIBEIRO et al., 2016). O

comportamento físico do solo está relacionado com as características do espaço poroso, distribuição do tamanho dos poros, continuidade no perfil do solo e estabilidade no tempo (BRAIDA et al., 2011). Alterações nesses atributos podem até comprometer a recarga do lençol freático, além de poder elevar as forças dos processos erosivos (SALES et al., 2010), devido ao aumento das forças de desagregação, transporte e deposição das partículas do solo. Há relatos de que a utilização de resíduos aviários apresenta efeitos positivos em diversos atributos físicos do solo, tais como densidade, porosidade e índices de agregação (ANDREOLA et al., 2000; COSTA et al., 2008; GOMIDES: BORGES, 2012; PINTO et al., 2012; RIBEIRO et al., 2016). A incorporação de cama de frango no fundo do sulco de plantio de cana-de-açúcar, por exemplo, resultou em efeitos positivos na porosidade do solo nas camadas subsuperficiais (GOMIDES: BORGES, 2014). Também nessa mesma cultura, Ribeiro et al. (2016), verificaram elevação da porosidade e redução da densidade do solo em camadas superficiais quando a aplicação da cama de peru ocorreu superficialmente.

Efeitos distintos na agregação do solo também podem ser observados com a utilização de resíduos orgânicos (COSTA et al., 2008; ANDREOLA et al., 2000; PINTO et al., 2012; TROLEIS et al., 2017). Troleis et al. (2017), avaliando diferentes formas de adubação de pastagem com a utilização de resíduo orgânico e mineral, não observaram diferenças na agregação do solo. Por outro lado, Costa et al. (2008), estudando o efeito da cama de peru em pastagens, observaram que a utilização de cama de peru elevou o índice de estabilidade de agregados. Andreola et al. (2000), observaram aumento na estabilidade de agregados quando se utilizou adubação química combinada com esterco de aves.

Apesar de promover melhorias em alguns atributos do solo, aplicações contínuas de dejetos animais podem levar ao desbalanço dos nutrientes. Esse desbalanço é dependente da composição dos resíduos, da quantidade aplicada, tempo de aplicação, habilidade da cultura em absorver e exportar nutrientes e tipo de solo (MENEZES et al., 2017). Portanto, aplicações sucessivas de resíduos aviários devem ser monitoradas a fim de evitar desbalanceamento de nutrientes no solo, e consequente comprometimento da produtividade das culturas.

## 2.5 Referências Bibliográficas

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p.857-865, 2000.

ARE, K. S.; ADELANA, A. O.; FADEMI, I. O.; AINA, O. A. Improving physical properties of degraded soil: Potential of poultry manure and biochar. *Agriculture and Natural Resources*, v. 51, n. 6, p. 454–462, 2017.

ASSMANN, J. M. et al. Soil carbon and nitrogen stocks and fractions in a long-term integrated crop-livestock system under no-tillage in southern Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment (Print)*, v. 190, p. 52-59, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL -ABPA. Relatório Anual: exportações brasileiras de carne de frango e peru séries históricas. São Paulo: ABPA, v.1, 167p. 2019.

AULER, A.C.; ROMANIW, J.; SÁ, J.C.M.; PIRES, L.F.; HARTMAN, D.C.; INAGAKI, T.M.; ROSA, J.A. Improvement on soil structure and water retention after application of industrial organic waste as a crop fertilizer. *J. Soils Sediments*. v. 20, p. 2771–2783, 2020.

AZZEZ, J. O. OLOWOBOKO, T. B. AJENIFUJA, M. D. ILEBOR, N. ADEKOYA, E. speciation of some heavy metals as influenced by poultry manure application in dumpsite soils. *Journal of Applied Sciences*, v. 19, p. 487-494, 2019.

BENBI DK, BRAR K, TOOR, AS & SHARMA S. Sensitivity of Labile Soil Organic Carbon Pools to Long-Term Fertilizer, Straw and Manure Management in Rice-Wheat System. *Pedosphere*, v. 25, p. 534–545, 2015.

BRAIDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. Matéria Orgânica e seu efeito na física do solo. *Tópicos em ciência do solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. (V.II).

Brasil Foods (BRF). Notícias: Cronologia. 2009. São Paulo, Disponível em: <https://imprensa.brf-global.com/pt/noticias/cronologia>. Acesso em: 10 dez. 2020.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Particulate soil organicmatter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal*, v.56, p.777-783, 1992.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagens cultivada e nativa no Pantanal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 06, p. 631-637, 2009.

CARVALHO, T. M. R.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; SOUZA, G. S.; BUENO, L. G. F. Qualidade da cama e do ar em diferentes condições de alojamento de frangos de corte. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 46, p. 351-361, 2011.

CECAGNO, D.; GOMES, M. V.; COSTA, S. E. V. G. A. ; MARTINS, A. P.; DENARDIN, L. G. O. ; BAYER, C. ; ANGHINONI, I. ; CARVALHO, P. C. F. . Soil organic carbon in an integrated crop-livestock system under different grazing intensities. *Revista brasileira de ciências agrárias*, v. 13, p. e5553, 2018.

CHAN, K.Y.; BOWMAN, A.; OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an Oxic Paleustalf under different pasture leys. *Soil Science*, v. 166, p. 61–67, 2001.

CHEN, Y.; ARBESTAIN, M. C.; SHEN, Q.; SINGH, B.; CAYUELA, M. L. The long-term role of organic amendments in building soil nutrient fertility: a meta-analysis and review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 111 p. 103-125, 2018.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO –CQFS RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.

CONTE, O.; WESP, C. de L.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C. de F.; LEVIEN, R.; NABINGER, C. Densidade, agregação e frações de carbono de um Argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.579-587, 2011.

CONTE, A. N. SATO, O.; RANDO, E.M.; ZUCARELLI, C.; SANTOS, K. H. Parâmetros fitométricos e produtividade da cultura do milho com aplicação de cama de aviário em sistema de preparo convencional do solo e plantio direto. *Revista Agrarian*, v.25, p. 401-412, 2014.

COSTA, A. M.; RIBEIRO, B. T.; SILVA, A. A.; BORGES, E. N. Estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho tratado com cama de peru. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, p. 73-79, 2008.

GOMIDES, J. N.; BORGES, E. N. Atributos físicos de Latossolo cultivado com cana-de-açúcar e adubado com dejetos de animais de criação intensiva. *Revista Agrotecnologia*, v. 5, p. 33-49, 2014.

INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS (IMB). Goiás: Síntese dos indicadores socioeconômicos. 2020 Disponível em: [https://www.imb.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=88&Itemid=216](https://www.imb.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=88&Itemid=216). Acesso em: 14 julho de 2020.

IRSHAD, M.; MALIK, A. H.; SHAUKAT, S.; MUSHTAQ, S.; ASHRAF, M. Characterization of Heavy Metals in Livestock Manures. *Polish Journal of Environmental Studies*, v. 22, p. 1257-1262, 2013.

JAJA, N.; MBILA, M.; CODLING, E.E.; REDDY, S.S.; REDDY, C.K. Trace Metal Enrichment and Distribution in a Poultry Litter-amended Soil under different Tillage Practices. *The Open Agriculture Journal*, v. 7, p. 88-95, 2013.

LAROCA, J. V. S.; CAMARGO, T. A.; SILVA, C. M.; SOUZA, J. M.A.; MIGUEL, A. S.D. S.; RIBEIRO, D.O.; CUISSI, R. G.; PACHECO, L. P.; SILVA, F. D.; SOUZA, E.D.

Soil Quality Indicators After Sequential Applications of Poultry Litter. *Journal of Agricultural Science*, v.11, p. 590-604, 2019.

LOSS, A.; MORAES, A. G. L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; ANJOS, L. H. C. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. *Comunicata Science*, v. 1 p. 57-64, 2010.

MACDONALD, J.M.; KORB, P.; HOPPE, R.A. Farm size and the organization of U.S. crop farming. *Farms United States Size, Struct. Forces Chang.* 1–73, 2015.

MACHADO, P.L.O.A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. *Química Nova*, v.28, p. 329-334, 2005.

MENEZES, J. F. S.; SILVA, M. P.; CANTÃO, V. C. G.; CAETANO, J. O.; BENITES, V. M.; CAMPOS, G. W. B.; SANTOS, B. L. R. Long-term application of swine manure on soybean grown in no-till system in Savannah soils. *African Journal of Agricultural Research*, [s.l.], v. 12, p.487-493, 2017.

OLIVEIRA, D. M. da S.; PAUSTIAN, K.; COTRUFO, M. F.; FIALLOS, A. R.; CERQUEIRA, A. G.; CERRI, C. E. P. Assessing labile organic carbon in soils undergoing land use change in Brazil: A comparison of approaches. *Ecological Indicators*, v. 72, p. 411-419, 2017.

PACHECO, J.; OCHOA-MORENO, W.S.; ORDOÑEZ, J.; IZQUIERDO-MONTOYA, L. Agricultural diversification and economic growth in Ecuador. *Sustain.* V.10, 8–10, 2018.

PEIXOTO, Rodrigo. Embrapa participa de encontros da “Iniciativa 4 por 1000”. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/49085721/embrapa-participa-de-encontros-da-iniciativa-4-por-1000>. Acesso em: 19 abr. 2021.

PINTO, F. A.; SANTOS, F. L.; TERRA, F. D.; RIBEIRO, D. O.; SOUSA, R. R. J.; SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A.C.; PAULINO, H. B. Atributos de solo sob pastejo rotacionado em função da aplicação de cama de peru. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 42, p. 254-262, 2012.

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*, v.32, p. 2091-2100, 2008.

RIBEIRO, D. O.; CARBALLAL, M. R.; DA SILVA, A. J.; LEAL, A. J. F.; CAETANO, J. O.; RODRIGUES, A. A.; VITAL, R. G.; PRADO, R. L. F.; DA SILVA, H. D.; MARTINS FILHO, M. B. Organic fertilization in soy farming in a Tropical Region. *Australian Journal Of Basic And Applied Sciences*, p. 18-22, 2017.

RIBEIRO, D. O.; CASTOLDI, G.; SILVA, H. D., CAVALCANTE, T. J.; ALMEIDA JÚNIOR, J. J.; LIMA, L. I. O.; CARBALLAL, M. R. Atributos físicos de um latossolo após o uso de doses de cama de frango acrescidas à adubação mineral. *Colloquium Agrariae*, v. 15, p. 9-17, 2019.



- RIBEIRO, R. H.; IBARR, M. A.; BESEN, M.R.; BAYER, C.; PIVA, J.T. Managing grazing intensity to reduce the global warming potential in integrated crop-livestock systems under no-till agriculture. *European Journal of Soil Science*, v.: 1-12, 2019.
- ROGERI, D. A.; ERNANI, P. R.; MANTOVANI, A. LOURENÇO, K. S. Composition of Poultry Litter in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 40, e0140697, 2016.
- RONDÓN, E. O. O. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frango de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, suplemento especial, p. 239-252, 2008.
- SALES, L. E. O.; CARNEIRO, M. A. C.; SEVERIANO, E. C; OLIVEIRA, G. C.; FERREIRA, M. M. Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 34, p.667-674, 2010.
- SILVA, G. N; BONETTI, J. A.; SOUZA, E. D.; PAULINO, E. B. CARNEIRO, M. A. C. Management systems and soil use on fractions and stocks of organic carbon and nitrogen total in cerrado Latosol. *Bioscience Journal.*, v. 32, p. 1482-1492, 2016.
- SILVA, A. J.; CUNHA, F. F.; ROQUE, C. G.R.; SILVA, M. D. T. CARBALLAL, M. R. Replacement of liming and NPK fertilization with turkey litter in degraded areas grown with *Urochloa decumbens*. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 39, n. 2, p. 467-476, 2018.
- SILVA, A. J.; CUNHA, F. F.; ROQUE, C. G.R.; RIBEIRO, D. O.; CARBALLAL, M. R.; SILVA, M. D. T. Recovery of degraded area of *urochloa decumbens* with turkey litter fertilizer. *Bioscience Journal*, v. 35, n. 5, p. 1369-1377, 2019.
- SOUZA, E. D. CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. RIBEIRO, D. O. Matéria orgânica e agregação do solo após conversão de “campos de murundus” em sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.51, p.1194-1202, 2016.
- TROLEIS, M. J. B. ROQUE, C.G. BORGES, M. C. R. Z. NOGUERIRA, K. B. GOUVEIA, N. A. Estabilidade de agregados e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho sob *Urochloa brizantha* após a aplicação de cama de peru. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 4: 83-87. 2017.
- VALENCIA, V.; WITTMAN, H.; BLESCH, J. Structuring Markets for Resilient Farming Systems. *Agronomy for Sustainable Development* . v. 39, 1–14. 2019.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 743-755, 2009.
- ZANATTA, J. A.; VIEIRA, F. C.B.; BRIEDIS, C.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Carbon indices to assess quality of management systems in a Subtropical Acrisol. *Scientia Agricola*, v.76, p.501-508, 2019.

### 3. OBJETIVOS

#### Geral

Avaliar o efeito da aplicação de cama de peru em complementação à adubação mineral na cultura do milho, e o efeito de até nove aplicações acumuladas sobre os atributos químicos e físicos de um Latossolo Vermelho distroférico cultivado com *Urochloa decumbens*, sob pastejo rotacionado.

#### Específicos

1. Avaliar a influência da utilização de cama de peru, em complementação à adubação mineral, na produtividade de grãos do milho cultivado em duas safras de verão, bem como nos atributos químicos do solo;
2. Avaliar a influência de sucessivas aplicações de cama de peru (até 9 anos) em área de pastejo, rotacionado nas características físicas do solo, nos estoques de carbono e nitrogênio, e nas frações particuladas e oxidáveis da matéria orgânica.

## 4. CAPÍTULO I

(Normas de acordo com a Australian Journal of Crop Science)

### **Adubação orgânica com cama de peru no cultivo de milho em região tropical**

**RESUMO:** Resíduos oriundos da atividade agroindustrial têm sido usualmente utilizados como fonte de fertilizantes na adubação de culturas anuais. Por vezes, esses resíduos podem substituir total ou parcialmente os fertilizantes minerais, e seus efeitos podem se estender aos atributos do solo. Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da substituição da adubação mineral convencional pela adubação orgânica com cama de peru na produtividade de grãos de milho e nos atributos químicos de um Latossolo. O experimento foi realizado nas safras 2011/12 e 2012/13. Os tratamentos foram os seguintes: AQ450 - adubação química com (450 kg ha<sup>-1</sup> de 10-27-10, 45 kg ha<sup>-1</sup> N, 121,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 45 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O); CP3.800 – aplicação de 3.800 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; CP7.600 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; AQ225+CP1.900- 50% da adubação mineral (225 kg ha<sup>-1</sup>) + 50% da adubação orgânica (1.900 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru); AQ225+CP3.800- 50% da adubação mineral + 100% da adubação orgânica (3.800 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru), além de um tratamento controle. O tratamento controle apresentou a menor produtividade de grãos nas duas safras avaliadas. Após a segunda safra de substituição da adubação com cama de peru pela adubação mineral os tratamentos não diferenciaram quanto à produtividade, o que confirma o potencial de uso da cama de peru em substituição total ou parcial da adubação convencional para o cultivo de milho. O tratamento CP7.600 resultou também em aumento dos teores de P e K no solo, chegando a atingir 24 mg dm<sup>-3</sup> e 3,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** resíduo orgânico; Latossolo; fertilidade do solo; *Zea mays*.

## Organic fertilization with turkey litter for maize cultivation in tropical region

**ABSTRACT:** Residues from agroindustrial activity have been commonly used as a source of fertilizer in the fertilization of annual crops. Sometimes these residues can replace total or partially the mineral fertilizers and their effects can extend to soil attributes. Thus, the objective of this study was to evaluate the effects of replacing conventional mineral fertilization with organic fertilization using Turkey litter bedding in corn grain productivity and in chemical attributes from one Latosol. The experiment was carried out in the 2011/12 and 2012/13 harvests. The treatments were as follows: AQ450-mineral fertilization with 450 kg ha<sup>-1</sup> from 10-27-10 (45 Kg ha<sup>-1</sup> of N, 121.5 Kg ha<sup>-1</sup> from P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 45 Kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O); CP 3,800 – Application of 3,800 kg ha<sup>-1</sup> of Turkey litter; CP 7.600 – Application of 7.600 Kg ha<sup>-1</sup> of Turkey litter; AQ225 + CP 1.900-50% of the mineral fertilization (225 kg ha<sup>-1</sup>) + 50% of organic fertilization (1.900 kg ha<sup>-1</sup> of Turkey litter); AQ225 + CP 3.800-50% of the mineral fertilization + 100% of organic fertilization (3,800 kg ha<sup>-1</sup> Turkey litter), and in addition, a control treatment. The control treatment showed the lowest grain productivity in the two evaluated harvests. After the second crop of chemical fertilization replacement by turkey litter application, the treatments did not differentiate in terms of productivity, which confirms the potential use of the turkey litter in total or partially substitution of the conventional fertilization in corn cultivation. The CP 7.600 also presented an increase of P and K contents in the soil, reaching 24 mg dm<sup>-3</sup> and 3.1 cm<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> respectively.

**Key words:** Organic residue; Latosol; Soil fertility; *Zea Mays*.

### 4.1. Introdução

O sudoeste goiano é caracterizado pela grande produção de grãos, tendo como destaque as culturas de soja e milho (CONAB, 2019). Essa grande quantidade de grãos disponíveis na região é fator-chave à existência de sistemas intensivos de produção de aves, em especial de frango e peru. Tais atividades, por sua vez geram grandes quantidades de resíduos aviários, os quais podem ser utilizados como fonte de fertilizantes nas atividades agropecuárias (PINTO et al., 2012; RIBEIRO et al., 2017; SILVA et al., 2018).

Resíduos provenientes da atividade avícola têm sido empregados como fertilizante para algumas culturas. Em pastagem, como única fonte de fertilizante em solo argiloso observa-se efeitos positivos sobre atributos químicos e biológicos do solo (PINTO et al., 2012). Em pastagens, substituindo fertilizantes químicos em solo arenoso, mostrou-se efeitos positivos na produtividade de *Urochloa decumbens*, acarretando elevação no teor de alguns nutrientes quando comparados a fertilizantes minerais e corretivos da acidez do solo (SILVA et al., 2018). Na cultura da soja a utilização de cama de peru associada a fertilizantes minerais ou mesmo isolada, também substitui fertilizantes químicos sem acarretar perdas em produtividade (RIBEIRO et al., 2017).

A utilização desses resíduos também pode resultar em efeitos positivos nos atributos do solo, tanto químicos e biológicos (PINTO et al., 2012; SILVA et al., 2018), quanto físicos (GOMIDES & BORGES, 2014). Em elevadas doses (doses a partir de 16,5 t ha<sup>-1</sup>) o uso desses resíduos como única fonte de fertilizante pode elevar o pH do solo e reduzir o alumínio tóxico, conforme ocorrido em um Latossolo argiloso (PINTO et al., 2012). No entanto, tal efeito no pH do solo pode não existir quando utilizado em menores quantidades ou em conjunto com fertilizantes minerais (RIBEIRO et al., 2017; SILVA et al., 2018). O efeito no pH do solo pode estar relacionado com a adição de cal como substância utilizada para a desinfecção da cama e redução da carga de patógenos, fazendo com que o pH de algumas camas de aviário seja próximo a 8 (RONDÓN, 2008). A redução do alumínio tóxico com a utilização de resíduos orgânicos pode estar relacionada com a adição de cal, e com a presença de compostos orgânicos de baixo peso molecular oriundos da decomposição dos resíduos, os quais reduzem a atividade do alumínio (PINTO et al., 2012).

Esses resíduos podem reduzir o teor de alumínio no solo e elevar a saturação por bases, a capacidade de troca catiônica (CTC), os teores de P e K disponível (SILVA et al., 2018). Além disso, podem contribuir para elevar os estoques de carbono e nitrogênio do solo (PINTO et al., 2012). Nos solos das regiões tropicais, característicos da região Centro-Oeste brasileira que apresentam argila de baixa atividade, o teor de carbono orgânico é de extrema importância para a CTC, sendo responsável por até 90% da mesma (MEURER, 2012). Portanto, medidas que contribuem para a sua elevação, tais como o uso de cama de peru na adubação de pastagens podem contribuir para a elevação da CTC (PINTO et al., 2012; LAROCA et al., 2019).

Embora resultados pontuais tenham mostrado o potencial de uso de resíduos aviários nas atividades agropecuárias, maior conhecimento é necessário, ainda são

escassos os resultados para algumas culturas anuais, como o milho. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o efeito da substituição total e parcial da adubação química pela adubação com cama de peru na produtividade da cultura do milho, e nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho distroférico e na produtividade de milho.

#### 4.2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no município de Mineiros, no estado de Goiás, em área de pesquisa pertencente a Associação dos Produtores de Grãos de Mineiros, localizado entre as coordenadas 17° 30' 081" S e 52° 44' 299" W. A região apresenta temperatura média anual de 24,2°C e precipitação pluviométrica média de 1.700 mm. O clima predominante é quente, semiúmido e notadamente sazonal, com verão chuvoso e inverno seco, sendo classificado como "Aw", conforme a classificação de Köppen.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico, de textura argilosa (SANTOS et al., 2018), cujas características químicas e granulométricas estão apresentadas na Tabela 1. Anteriormente a implantação do experimento, a área experimental vinha sendo cultivada, há mais de 20 anos, com a cultura da soja no verão, e a alternância de milho, milheto e sorgo no inverno em sistema de plantio direto.

**Tabela 1.** Análise química e granulométrica do solo, na profundidade de 0-20 cm, antes da implantação dos tratamentos e do plantio da soja, em Mineiros - GO em 2012.

MO	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	argila	silte	areia
g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>	-----	-----	-----	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	dm <sup>-3</sup>	-----	-----	%	-----	g dm <sup>-3</sup>	-----
36	4,8	12	2,1	36	14	1	38	52	90	57	500	200	300

MOS: matéria orgânica; Pres: fósforo resina; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases.

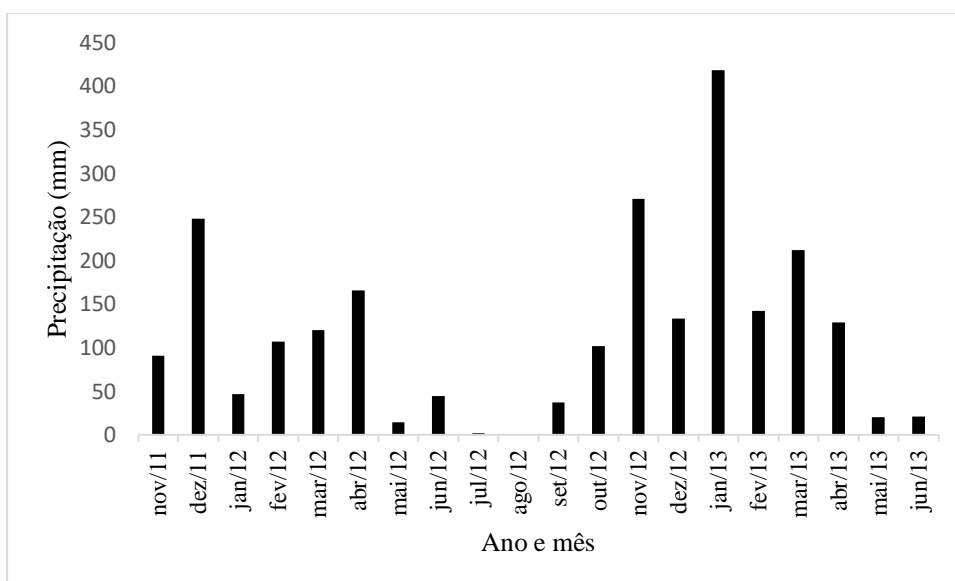
O experimento foi conduzido nas safras 2011/12 e 2012/13 em delineamento experimental de blocos, com seis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em diferentes proporções de substituição da adubação química pela adubação orgânica com cama de peru, baseados nos teores de P presente no resíduo de peru (Tabela 2): AQ450 - adubação química com 450 kg ha<sup>-1</sup> de 10-27-10, 45 kg ha<sup>-1</sup> de N, 121,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 45 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O ; CP3.800 – aplicação de 3.800 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; CP7.600 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; AQ225+CP1.900- 50% da adubação química (225 kg ha<sup>-1</sup>) + 50% da adubação orgânica (1.900 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru); AQ225+CP3.800-

50% da adubação química + 100% da adubação orgânica (3.800 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru); além de um tratamento controle, constando apenas de adubação de cobertura com ureia.

**Tabela 2.** Teores de nutrientes na cama de peru utilizada na fertilização do milho.

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	Umidade
-----%-----						
4	4,6	3,5	3,2	0,46	0,2	29

Os fertilizantes foram aplicados a lanço nas duas safras de avaliação, anteriormente à semeadura do milho, que ocorreu em 06/11/2011 (safra 2011/12) e 05/11/2012 (safra 2012/13). As doses de fósforo e potássio foram baseadas em doses recomendadas para região Central do Brasil (SOUSA & LOBATO, 2004). Todas as parcelas receberam ainda adubação nitrogenada de cobertura, com a aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, divididos em duas aplicações: estágio V4 e estágio V8.



**Figura 1.** Distribuição da precipitação pluviométrica mensal acumulada (mm) durante o período experimental do Município de Mineiros – GO.

As quantidades de nutrientes disponibilizadas em cada tratamento estão apresentadas na Tabela 3. Utilizou-se o híbrido de milho P3862H Pioneer na safra de 2011/12, e o híbrido 2B707 PW na safra de 2012/13, semeados com o estande de 67.000 e 73.333 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. As parcelas experimentais apresentaram

dimensões de 4,5 m de largura por 8 m de comprimento, com espaçamento de 0,45 m entre linhas, totalizando 36 m<sup>2</sup>.

**Tabela 3.** Quantidades de nutrientes (N, P e K) disponibilizados no solo em função de doses de cama de peru e fertilizante químico aplicados.

Tratamentos	Adubação Kg ha <sup>-1</sup>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		-----kg ha <sup>-1</sup> -----		
Controle	---	180	00	00
AQ450	450 (10-27-10)	45+180	121,5	45
CP3.800	3.800 de Cama de Peru (CP)	107,9+180	124,1	94,4
CP7.600	7.600 de Cama de Peru	215,8+180	248,2	188,8
AQ225+CP1.900	225(10-27-10) + 1.900 CP	76,46+180	122,8	69,7
AQ225+CP3.800	225(10-27-10) + 3.800 CP	130,4+180	184,9	116,9

A determinação da produtividade do milho foi realizada por ocasião da colheita, aproximadamente aos 150 dias após a semeadura, quando foram colhidas manualmente 4 linhas centrais de cada parcela, com 4 m de comprimento cada. As espigas foram trilhadas, e determinou a umidade dos grãos, ajustando-se a umidade a 13% para cálculo da produtividade por área.

A amostragem de solo para as avaliações dos atributos químicos do solo foi realizada após a colheita do milho safra 2012/13. As amostras foram coletadas com auxílio de trado holandês, na camada superficial do solo (0,0-0,1 m) de profundidade, sendo coletadas 4 amostras simples na entrelinha e uma na linha de plantio. Essas amostras foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm, sendo então analisadas quanto aos teores de matéria orgânica, pH, P, K, Ca e Mg (RAIJ et al., 2001).

Os dados foram submetidos a análise de variância, e quando detectado efeito significativo dos tratamentos pelo teste F, aplicou-se o teste de Tukey a 5% para comparação das médias, com o auxílio do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2008).

#### 4.3. Resultados e Discussão

A produtividade de grãos do milho foi influenciada pelas diferentes formas de adubação, em ambas as safras avaliadas (Figura 2). A produtividade média de grãos entre os tratamentos variou de 8012 a 12115 kg ha<sup>-1</sup> no ano safra 2011/12, e 6587 a 8738 kg ha<sup>-1</sup> no ano safra 2012/13. Nas duas safras estudadas, a menor produtividade foi observada no tratamento controle. A maior produtividade do milho na safra 2011/12 ocorreu no tratamento com AQ 450, sendo superior a testemunha em 50%. Os demais tratamentos



ficaram intermediários entre a testemunha e o tratamento AQ 450 na primeira safra. Já na safra 2012/13 a testemunha também apresentou menor produtividade, sendo menor em 33%, do que o tratamento AQ225+3800CP. No entanto, os demais tratamentos independentemente da forma de adubação, e mesmo as suas diferentes combinações foram semelhantes.

**Figura 2.** Produtividade do milho cultivado em um Latossolo Vermelho distroférico e submetido a substituição total ou parcial da adubação química pela adubação orgânica com cama de peru. Mineiros, GO.

\*Tratamentos seguidos de mesma letra em cada ano, não diferem estatisticamente pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade. Controle; AQ 450, adubação química com 450 kg ha<sup>-1</sup> de 10-27-10; CP 3800, aplicação de 3.800 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; CP7600, aplicação de CP7.600 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; AQ225+CP1.900, aplicação de 225 kg ha<sup>-1</sup> de 10-27-10 + 1.900 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; AQ225+CP3.800 , aplicação de 225 kg ha<sup>-1</sup> de 10-27-10 + 3.800 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru.

A menor produtividade da safra 2012/13 em relação à safra 2011/12 pode ter sido ocasionada pelo estresse hídrico ocorrido na safra de 2011/12. Durante o desenvolvimento vegetativo da cultura, entre 5 e 58 dias após a emergência, a precipitação acumulada foi de 185,3 mm, sendo que desse total 75 mm ocorreram em apenas dois dias (Figura 1). Nos estádios iniciais de desenvolvimento com até nove folhas estendidas, todas as folhas e espigas que a planta eventualmente irá produzir, estão sendo formadas, bem como o número de fileiras de grãos é definido (Magalhães et al., 2002). Portanto, o estresse hídrico nesse período pode ter levado a redução na produtividade dessa cultura na safra de 2012/13.

A liberação de nutrientes dos resíduos aviários é lenta, podendo permanecer nesses resíduos até 85% do N após 270 dias de avaliação, e pode limitar a produtividade de culturas de ciclo curto (SILVA et al. 2014). Também avaliando diferentes fontes de fertilizantes e doses de cama aviária nessa mesma cultura, Conte et al. (2014), observaram maior produtividade do milho adubado com cama aviária quando comparado a adubação mineral em plantio direto sob Latossolo Vermelho eutroférico. Sendo, portanto, distinto, dos resultados encontrados nesse estudo.

Mesmo fornecendo maior quantidade de nutrientes, o tratamento CP 7.600 (Tabela 3), não foi suficiente para incrementar a produtividade do milho nas duas safras avaliadas em relação aos demais tratamentos em que foram utilizados algum tipo de fertilizante mineral. A similaridade na produtividade do milho em relação aos tratamentos em que foram utilizados fertilizantes, tanto químico quanto orgânico ou a mistura de

ambos, deve-se ao elevado teor de nutrientes na área que foi instalado o experimento, exceto o elemento fósforo que apresentou teor médio (Sousa e Lobato, 2004). O P pode ter limitado a produtividade da testemunha, demonstrando a necessidade de utilização de fertilizantes sem levar prejuízos na produtividade dessa cultura.

O solo utilizado na área experimental por ser um Latossolo argiloso tende a adsorver elevadas quantidades de fósforo, os quais na Região do Centro-Oeste do Brasil, pode atingir capacidade máxima de adsorção de mais de 2.600 mg kg<sup>-1</sup> (Pinto et al., 2013). O fósforo em resíduo aviário mesmo após 270 dias à aplicação, indica que 32% ainda pode permanecer nos resíduos orgânicos (SILVA et al., 2014), e pode ter limitado a produtividade do milho no CP 7.600 na safra 2012/13. Os teores de fósforo e potássio no solo foram alterados em função dos tratamentos utilizados (Tabela 4). Os teores de P disponíveis, foram superiores quando adotada a adubação orgânica de 7.600 kg ha<sup>-1</sup>, sendo inferiores nos tratamentos controle e AQ 450. Já os tratamentos CP3.800, AQ 225+CP1.900 e AQ 225+CP3.800, foram intermediários entre os tratamentos CP7.600 e os tratamento controle e AQ 450. Em relação ao controle e AQ 450 o tratamento CP 7.600 foi maior em, aproximadamente, 85 e 71% respectivamente. Esse comportamento em relação ao tratamento controle, em que os maiores teores de P disponíveis encontrados no tratamento CP7.600, está relacionado as maiores quantidades de nutrientes aportados ao solo com a adubação orgânica (Tabela 3).

**Tabela 4.** Atributos químicos do solo após duas safras de milho em sistemas de fertilização químico, a e orgânica e organo-mineral em Latossolo Vermelho distroférico na de 0 a 0,1 m de profundidade.

Tratamentos	pH	P- Resina mg dm <sup>-3</sup>	K -----mmolc dm <sup>-3</sup> ----	CTC g dm <sup>-3</sup>	MOS g dm <sup>-3</sup>	V%
Controle	5,3 <sup>ns</sup>	13 b	2,2 b	75,2 <sup>ns</sup>	45,2 <sup>ns</sup>	60,7 <sup>ns</sup>
AQ450	5,2	14 b	2,4 ab	78,6	47,6	55,7
CP3.800	5,3	21 ab	2,6 ab	78,8	50,6	64,6
CP7.600	5,3	24 a	3,1 a	81,5	50	63
AQ225+CP1.900	5,2	19 ab	2,6 ab	82,2	47,4	59,8
AQ225+CP3.800	5,2	16 ab	2,8 ab	80	48,6	58,6

<sup>NS</sup> Não significativo. \* Tratamentos seguidos de mesma letra em cada ano, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Controle; AQ 450, adubação química com 450 kg ha<sup>-1</sup> de 10-27-10; CP 3800, aplicação de 3.800 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; CP7600, aplicação de CP7.600 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; AQ225+CP1.900, aplicação de 225 kg ha<sup>-1</sup> de 10-27-10 + 1.900 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; AQ225+CP3.800, aplicação de 225 kg ha<sup>-1</sup> de 10-27-10 + 3.800 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru.

Mesmo sendo semelhantes os teores de P nos tratamentos CP3.800 e AQ 450, e aportando quantidades semelhantes de P ao solo (Tabela 3), no tratamento CP3.800, houve tendência de elevar os teores desse elemento. O Tratamento CP3.800, por ser tratar de um fertilizante orgânico libera de forma mais lenta nutrientes ao solo (SILVA et al., 2014), e pode reduzir a fixação desse elemento pelo solo, enquanto o AQ 450, a liberação desse elemento no solo é rápida. Portanto, a cama de peru possui condições químicas adequadas para ser adotada na adubação fosfatada da cultura do milho, propiciando produtividade de grãos e melhoria na fertilidade do solo. Em pastagem de *Urochloa decumbens*, também foram observados maiores teores desse elemento quando ocorreu a substituição de fertilizantes químicos (NPK – 20-00-20, superfosfato simples e KCl) substituídos por 3 toneladas por hectare de cama de peru (SILVA et al., 2018). Corroborando com o presente estudo em pastagem após o longo uso de cama de peru, é possível obter aumento nos teores de P na camada superficial do solo (Pinto et al., 2012). Sendo esse manejo uma alternativa de adubação em solos com baixa ou mesmo médio teor de P no solo.

A substituição da adubação mineral pela adubação orgânica, possibilitou incrementos nos teores de P disponível e K trocável. A maior dose proporcionou os maiores teores de P e K ao solo. Houve grande elevação no teor de K, quando aplicados 7.600 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru (3,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), em relação a testemunha (2,2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) obtendo uma elevação de aproximadamente 41%. Os demais tratamentos independentemente da quantidade substituída de cama de peru pelo fertilizante mineral, os teores de potássio não foram influenciados. Portanto, demonstra que o uso da substituição desse resíduo orgânico não interfere na produtividade do milho e nos teores de K disponível no solo, podendo substituir a total ou parcial a adubação química convencional.

Corroborando com os resultados desse estudo, Silva et al. (2018) não verificaram alterações nos teores de K trocáveis, quando ocorreu a substituição desse mesmo resíduo (cama de peru), por fertilizantes minerais em pastagem de *Urochloa decumbens*, após dois anos de aplicação. Também na cultura da soja, Ribeiro et al. (2017), não observaram alterações nos teores de K trocáveis, quando ocorreu a substituição desse resíduo por fertilizantes minerais.

Os valores de saturação por bases, pH e teores de matéria orgânica, bem como a CTC, não foram influenciados significativamente pelos tratamentos (Tabela 4).

Provavelmente, em função do curto espaço de tempo entre a aplicação dos resíduos orgânicos ao solo e a avaliação, que foi após dois anos da primeira aplicação dos fertilizantes. Esses resultados corroboram com os resultados de trabalho obtidos em um Neossolo Quartzarênico por Silva et al. (2018) em pastagens, e em Latossolo argiloso por Ribeiro et al. (2017) na cultura da soja, não obtendo diferenças na saturação por bases, pH, teores de matéria orgânica e CTC, quando ocorreu a substituição desse mesmo resíduo por fertilizantes minerais. No entanto, resultados contrastantes foram encontrados em um Latossolo argiloso, quando submetido a doses crescentes de cama de peru em pastagem, em que foi constatado elevação no pH, V%, e estoques de carbono e nitrogênio no solo (PINTO et al., 2012).

#### 4.4. Conclusões

A ausência de adubação, tanto orgânica quanto mineral, resulta em redução da produtividade de grãos de milho cultivado em um Latossolo com teores médios de fósforo.

A utilização de adubação orgânica com cama de peru apresenta potencial de complementação e até substituição total dos fertilizantes químicos para a adubação da cultura do milho em Latossolo argiloso.

A utilização de adubação orgânica com 7.600 kg ha<sup>-1</sup> de cama de peru proporciona incrementos nos teores de fósforo e potássio disponíveis no solo, após duas safras de sua utilização como fonte de fertilizante.

#### 4.5. Referências Bibliográficas

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2019) Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2018/19, quarto levantamento. Brasília: CONAB, 126p.

Conte AN, Sato O, Rando EM, Zucarelli C, Santos KH (2014) Parâmetros fitométricos e produtividade da cultura do milho com aplicação de cama de aviário em sistema de preparo convencional do solo e plantio direto. Revista Agrarian. 25: 401-412.

- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2018) Sistema brasileiro de classificação do solo. 5 ed. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 590p.
- Ferreira DF (2008) SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Rev Symposium. 6: 36-41.
- Gomides JN, Borges EM (2014) Atributos físicos de Latossolo cultivado com cana-de-açúcar e adubado com dejetos de animais de criação intensiva. Rev Agrotecnologia. 5(1): 33-49.
- Laroca, JVS, Camargo, T A, Silva, CM, Souza, JMA, Miguel, ASDS, Ribeiro, DO, Cuissi, RG, Pacheco, LP, Silva, FD, Souza, ED (2019) Soil Quality Indicators After Sequential Applications of Poultry Litter. Journal of Agricultural Science, 11: 590-604.
- Magalhães PC, Durães FOM, Carneiro NP, Paiva E (2002) Fisiologia do milho. Sete Lagoas: Embrapa, 23p.
- Meurer EJ (2012) Fundamentos de Química do Solo. 5. ed. Porto Alegre-RS: EVANGRAF, 275 p.
- Pinto FA, Santos FL, Terra FD, Ribeiro DO, Sousa RRJ, Souza ED, Carneiro MAC, Paulino HB (2012) Atributos de solo sob pastejo rotacionado em função da aplicação cama de peru. Pesqui Agropecu Trop. 42: 254-262.
- Pinto FA, Souza ED, PAULINO EB, CURI N, CARNEIRO, MAC (2013). P-sorption and desorption in savanna brazilian soils as a support for phosphorus fertilizer management. Ciênc. Agrotec. 37: 521-530, 2013.
- Raij BV, Andrade JC, Cantarella H, Quaggio JA (2001). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. 1 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 285p.
- Ribeiro DO, Carballal MR, Silva AJ, Leal AJF, Caetano JO, Rodrigues AA, Vital RG, Prado RLF, Silva HD, Filho MBM (2017) Organic fertilization in soy farming in a tropical region. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 11(7): 18-22.
- Rondón EOO (2008) Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frango de corte. Rev Bras Zootec. 37: 239-252.
- Silva AJ, Cunha FF, Roque CC, Silva MDT, Ribeiro DO, Carballal MR (2018) Replacement of liming and NPK fertilization with turkey litter in degraded areas grown with *Urochloa decumbens*. Semina. 39(2): 467-476.

Silva VB, Silva AP, Dias BO, Araújo JL, Santos D, Franco RP (2014) Decomposição e liberação de N, P, e K de esterco bovino e cama de frango isolados ou misturados. Rev Bras Cienc Solo. 38: 1537-1546.

Sousa DMG, Lobato E (2004) Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Cerrados, 416p.

## 5. CAPÍTULO II

(Normas de acordo com a revista Caatinga)

### **ESTOQUES DE CARBONO, NITROGÊNIO E ATRIBUTOS FÍSICOS EM UMA CRONOSSEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DE RESÍDUO AVIÁRIO**

**RESUMO:** Resíduos da produção de peru podem contribuir para a elevação dos estoques de carbono e nitrogênio no solo, além de contribuir em alterações nos atributos físicos do solo. Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos de aplicações sucessivas de doses de cama de peru sobre as frações e estoques de carbono, nitrogênio e nos atributos físicos em um Latossolo Vermelho distroférrico. A área experimental foi dividida em 16 piquetes de 0,5 ha cada, e cultivada com *Urochloa decumbens* em sistema de pastejo rotativo. Os tratamentos foram representados por doses acumuladas de cama de peru: 0 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru (T0); 38,29 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru (T1); 54,79 ha<sup>-1</sup> de cama de peru (T2); e 69,24 Mg ha<sup>-1</sup> (T3), correspondendo, respectivamente, a 0, 6, 8 e 9 anos de uso da cama de peru como fertilizante, com aplicações realizadas entre 2008 e 2017. Na camada de 0 a 20 cm, os tratamentos T2 e T3, incrementaram os estoques de carbono orgânico total em 10,3 e 11,2 Mg ha<sup>-1</sup>. O tratamento T2 apresentou o maior estoque de nitrogênio total (incremento de 80%), e nitrogênio na matéria orgânica particulada (incremento de 134%). A densidade do solo foi reduzida de 1,15 Mg m<sup>-3</sup> no T0, para 0,99 Mg m<sup>-3</sup> nos tratamentos T1 e T2. Independentemente dos tratamentos com o uso de cama de peru a proporção de macroagregados foi aumentada chegando a incrementos de até 53% no T3 em relação ao T0. O uso da cama de peru melhorou a qualidade do solo elevando em até 156% o índice

de manejo de carbono, sendo uma prática sustentável em uma propriedade diversificada no Trópico brasileiro

**PALAVRAS-CHAVE:** Cama de peru. Fracionamento físico da matéria orgânica. Índice de manejo de carbono. Agregação do solo. Densidade do solo.

### **Carbon and nitrogen stocks and their fractions in a chronosequence of poultry waste application<sup>1</sup>**

**ABSTRACT:** Wastes from turkey production are often used as fertilizers in pastures near producing regions. These wastes can contribute to the increase of carbon and nitrogen stocks in soil. Thus, the objective was to evaluate the effects of successive applications of turkey litter doses on fractions and stocks of carbon and nitrogen in a *Latosolo Vermelho distroférico* (Oxisol). The experimental area was divided into 16 pickets of 0.5 ha each and cultivated with *Urochloa decumbens* in a rotational grazing system. Treatments consisted of accumulated doses of turkey litter (38.3, 54.8 and 69.2 Mg ha<sup>-1</sup>), with applications performed between 2008 and 2017, plus a control treatment, without this material. In general, the use of turkey litter increased the total organic carbon content and carbon stocks in particulate organic matter. In the 0-20 cm layer, the accumulated doses of 54.8 and 69.2 Mg ha<sup>-1</sup> of turkey litter increased the total organic carbon stocks by 10.3 and 11.2 Mg ha<sup>-1</sup>. The accumulated dose of 54.8 Mg ha<sup>-1</sup> led to the highest total nitrogen stock (80% increment) and nitrogen in particulate organic matter (134% increment). The use of turkey litter increased the soil carbon management index by 156%.

**KEYWORDS:** Turkey litter. Physical fractionation of organic matter. Carbon management index. soil aggregation; soil density.

## 5.1. INTRODUÇÃO



O estado de Goiás é uma potência do agronegócio brasileiro, com destaque para produção de leite, carne bovina e aves, particularmente no sudoeste do estado. A produção de aves confinadas gera grandes quantidades de resíduos, que podem ser utilizados como fonte de fertilizantes em diversas culturas, incluindo as pastagens (PINTO et al., 2012; SILVA et al., 2018; RIBEIRO, et al., 2019), que representam 54% dos 26 milhões de hectares destinados aos estabelecimentos agropecuários no estado (IBGE, 2017).

Quando bem manejadas e adubadas, as pastagens apresentam grande potencial produtivo (SILVA et al., 2018). A adubação de pastagens pode ser realizada tanto por fertilizantes sintéticos convencionais, quanto por fertilizantes sintéticos associados a fertilizantes orgânicos (WANG et al., 2016; SILVA et al., 2018), ou ainda somente por fertilizantes orgânicos, como os resíduos aviários (RIBEIRO, et al., 2019). A utilização desses resíduos como fertilizante pode melhorar a fertilidade e contribuir para o aumento dos estoques de carbono (C) e nitrogênio (N) no solo (PINTO et al., 2012; RIBEIRO et al., 2019), apresentando grande potencial de ser utilizado como fertilizantes e condicionadores do solo, aumentando a sua qualidade física (Ribeiro et al. 2019).

A conversão das áreas nativas do Cerrado para atividades agropecuárias, inicialmente, pode reduzir o C armazenado no solo (SILVA et al., 2016). Entretanto, sistemas conservacionistas podem minimizar os impactos das atividades agropecuárias, podendo recuperar a quantidade de C perdido nos preparos iniciais do solo (SOUZA et al., 2016). O aumento nos estoques de C no solo pode ocorrer quando do cultivo de gramíneas, adequadamente manejadas e adubadas, tanto em sistema de sucessão de culturas ou mesmo em monocultivos isolados (PINTO et al., 2012; ASSMANN et al., 2014; CEGANO et al., 2018). Esses aumentos nos estoques de C por meio das atividades agropecuárias, podem compensar as emissões de gases do efeito estufa, variando entre 34 e 98%, contribuindo para a mitigação dos efeitos desses gases (RIBEIRO et al., 2019).

Em sistemas integrados de produção, o aumento dos estoques de C depende da combinação entre a relação solo-planta-atmosfera-animal, clima, tipo de solo, e quantidade e qualidade dos resíduos orgânicos (ASSMAN et al., 2014). Apesar dos estoques de C e N serem utilizados frequentemente em trabalhos que avaliam a qualidade do solo, nem sempre eles podem apontar as variações dos manejos no curto período. Para tal, outros atributos têm sido utilizados, como os estoques de C e N na matéria orgânica particulada (COP e N-MOP), frações oxidáveis do carbono no solo, (BENBI et al., 2015; WANG et al. 2016), e o índice de manejo de C (IMC) (ASSMANN et al., 2014; SOUZA et al., 2016), que são considerados indicadores da qualidade do solo (CHAN et al., 2001).

O IMC é considerado um atributo sensível, pois apresenta correlação com outros indicadores físicos, químicos e biológicos de qualidade do solo (ZANATTA et al., 2019).

Efeitos distintos na agregação do solo também podem ser observados com a utilização de resíduos orgânicos, (COSTA et al., 2008; TROLEIS et al., 2017; RIBEIRO et al., 2019). Efeitos positivos podem ser observados com a utilização de resíduo aviário na microporosidade e no volume total de poros (RIBEIRO et al., 2019). Em um Latossolo argiloso, sob diferentes formas de adubação de pastagem com a utilização de resíduo orgânico e mineral, após 33 meses não observaram influência na agregação do solo (TROLEIS et al., 2017). Por outro lado, em um Latossolo argiloso cultivado com soja em safra e milho em segunda safra, a adição anual de 4 e 6 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de frango acrescida de adubação mineral após 6 anos de condução, proporcionou redução no diâmetro médio ponderado de agregados (DMP), alteração na distribuição de macroagregados, mesoagregados e microagregados, além elevar a microporosidade e o volume total de poros (RIBEIRO et al., 2019). Essas alterações na estrutura, particularmente nos espaços porosos do solo, podem ser fundamentais para a dinâmica da infiltração de água e redução da erosão do solo (DIDONÉ et al. 2014; BONETTI et al., 2019).

Estudos que avaliem o efeito cumulativo de sucessivas aplicações de resíduo aviário ainda são incipientes, sobretudo para resíduos da criação de peru, já que a quase totalidade dos trabalhos estuda a cama de frango. Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos de aplicações sucessivas de doses de cama de peru sobre as frações e estoques de carbono, nitrogênio e nos atributos físicos em um Latossolo Vermelho distroférico.

## 5.2.MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Alvorada, localizada em Portelândia – GO (17°17' 36,45" S, 52° 38' 59,66"). A região apresenta temperatura média anual de 24,2°C, precipitação pluviométrica média de 1.700 mm e 850 metros de altitude. O clima predominante é quente, semiúmido e notadamente sazonal, com verão chuvoso e inverno seco, sendo classificado como “Aw”, conforme a classificação de Köppen.

O solo da área experimental foi caracterizado como Latossolo Vermelho distroférico (SANTOS et al., 2018), e apresenta, na camada de 0 a 20 cm, 739 g kg<sup>-1</sup> de argila, 125 g kg<sup>-1</sup> de silte e 136 g kg<sup>-1</sup> de areia. A área experimental é composta por 16 piquetes de aproximadamente 0,5 ha cada (unidade experimental), que desde 1995 vêm

sendo cultivados com *Urochloa decumbens*, para bovinocultura de leite, em sistema de pastejo rotacionado.

O experimento foi implantado em 2008, adotando-se um delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições e tratamentos representados por doses acumuladas de cama de peru: 0 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru (T0); 38,29 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru (T1); 54,79 ha<sup>-1</sup> de cama de peru (T2); e 69,24 Mg ha<sup>-1</sup> (T3), correspondendo, respectivamente, a 0, 6, 8 e 9 anos de uso da cama de peru como fertilizante. A aplicação das doses de cama de peru ocorreu sempre no início da estação chuvosa, que na região ocorre entre os meses de setembro e outubro. Para caracterização química de cada tratamento foi retirado uma amostra na camada de 0 a 20 cm, no mês de abril de 2018, em quatro pontos por tratamento formando uma amostra composta (Tabela 1).

**Tabela 1.** Caracterização química da área experimental na camada de 0 a 20 cm.

	pH	COT	P	K	Ca	Mg	Al	H +Al	SB	T	V%
	H <sub>2</sub> O										
<b>Tratamentos</b>	g kg <sup>-1</sup>		Mg	-----cmolc dm <sup>-3</sup> -----							%
			dm <sup>-3</sup>								
T0	5.2	19	1	1.37	0.78	0.41	0.64	6.30	2.56	8.9	28.9
T1	5.9	21	2	1.71	3.22	0.82	0.10	4.47	5.75	10.2	56.3
T2	5.8	22	2,3	1.76	3.09	0.71	0.12	4.74	5.56	10.3	54.0
T3	5.8	24	3	1.73	3.15	0.78	0.11	4.36	5.66	10.0	56.5

\*Análises realizadas de acordo com procedimentos descritos em Teixeira et al. (2017).

O histórico das aplicações de cama de peru está descrito na tabela 2. Importante ressaltar que a aplicação da cama de peru foi realizada sempre no início da estação chuvosa, entre os meses de setembro e outubro.

**Tabela 2.** Histórico de aplicação de cama de peru na área experimental, e quantidade total fornecida (acumulada) de N e C, baseando-se na matéria seca do resíduo aviário.

Tratamentos	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2017	C	N
	----- Quantidade aplicada (Mg ha <sup>-1</sup> ) em cada ano -----									-- Mg ha <sup>-1</sup> ---	
T0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T1	0	0	0	7.89	7.34	5.71	5.71	8.64	3	8.65	1.12
T2	0	7.81	8.69	7.89	7.34	5.71	5.71	8.64	3	12.37	1.61

T3	14.45	7.81	8.69	7.89	7.34	5.71	5.71	8.64	3	15.63	2.03
----	-------	------	------	------	------	------	------	------	---	-------	------

T0: sem aplicação de cama de peru; T1: dose de 38,29 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T2: dose de 54,79 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T3: dose de 69,24 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru. \*Análises realizadas de acordo com procedimentos descritos em Teixeira et al. (2017).

O resíduo utilizado como adubo orgânico foi obtido em granja de criação de peru, com cama à base de maravalha, e sua composição química média está apresentada na tabela 3.

**Tabela 3.** Composição química da cama de peru (média de nove anos) utilizada na adubação da área experimental.

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	C	Matéria Seca	pH Água	C:N
----- g kg <sup>-1</sup> -----								
40	50	35	40	9	300.8	733	7.7	10:1

\*Análises realizadas de acordo com procedimentos descritos em Tedesco et al. (1995).

Após a implantação do experimento, em 2008, a taxa de lotação foi fixada em 20-25 animais da raça Girolando, com peso vivo entre 550-600 kg (3,1 a 4 UA ha<sup>-1</sup>, considerando a UA 450 kg peso vivo), no período de chuva (outubro a maio). No período da seca (junho a setembro), os animais foram tratados com silagem de milho durante o dia e a noite pastejaram na área do experimento. Após cada aplicação do resíduo, a área experimental permaneceu em repouso por 45 dias.

Para o presente estudo, amostras de solo para realização dos atributos físicos, foram coletadas no início da estação chuvosa, em novembro de 2017, e no fim da estação chuvosa, em abril de 2018. Para realização das análises de C, N, suas frações granulométricas e frações oxidáveis do C, as amostras ocorreram somente no final da estação chuvosa do ano de 2018 (mês de abril). Foram coletadas ao total 96 amostras indeformadas de solo, nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,1 e 0,1-0,2 m em dois pontos por parcela. Para isso, foi utilizando anéis de aço com 5 x 5 cm de altura e diâmetro, respectivamente, com volume de 98 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>. Para determinação da macroporosidade, foi utilizado mesa de tensão (-6 kPa), e densidade foi determinada conforme descritos por Domagena et al. (2011).

Para determinação de agregados estáveis em água, foram abertas pequenas trincheiras em cada parcela e retirando solos nas profundidades de 0-0,5, 0,05-0,1 e 0,1-0,2 m, em dois pontos por parcela. As amostras de solo indeformado foram acondicionadas em películas de PVC e estas, acomodadas em recipientes plásticos. No

laboratório, as amostras foram destorroadas manualmente em pontos de fraqueza, em seguida foram passadas em peneiras com malha de 4-2 mm, sendo pesado 50 g do solo retido entre as peneiras (duplicata). Posteriormente, as amostras com solo foram adicionadas em um jogo de peneiras com dimensões de 2; 1; 0,5; 0,25 e 0,125 mm e agitados em oscilação vertical, em aparelho tipo yoder, por 4 minutos (DONAGEMA et al., 2011). O solo retido em cada peneira foi transferido para recipientes pesados e secos em estufa a 105°C até peso constante. Para avaliação da massa de agregados, foi realizada uma separação em três classes: microagregados (< 0,25 mm), mesoagregados (0,25-2,00 mm) e macroagregados (> 2,00 mm), além de determinação do diâmetro médio ponderado (DMP).

As amostras deformadas do solo foram coleadas no final do período chuvoso do 10º ano do ensaio, no mês abril de 2018. A amostragem foi realizada com trado do tipo holandês, nas camadas de 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm, em oito pontos de cada unidade experimental (formando uma amostra composta por parcela). As amostras foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm.

O fracionamento físico granulométrico do solo foi realizado conforme metodologia de Cambardella & Elliott (1992). Para tal, 20 g de solo foram pesados, colocados em frascos de 180 ml, tipo snap-cap, que continham 80 ml de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L<sup>-1</sup>). As amostras foram agitadas durante 16 horas, em agitador horizontal, a 160 batidas min<sup>-1</sup> e, posteriormente, a suspensão foi passada em peneira de 53 µm, com auxílio de jatos de água. O material retido na peneira foi seco em estufa a 50°C, até atingir massa constante, e moído em gral de porcelana. Os teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), além de carbono e nitrogênio orgânico na matéria orgânica particulada (MOP) foram determinados via analisador elementar (Shimadzu TOC-V CSH).

O fracionamento químico foi realizado conforme metodologia de Chan et al. (2001), com adaptações de Mendonça e Matos (2005). Para tal, as amostras de solo foram tamisadas em peneira de 0,2 mm em que, aproximadamente, 0,5 grama foi pesado. Para cada amostra de solo, foram realizadas 4 análises das frações oxidáveis utilizando quantidades crescentes de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, correspondendo, respectivamente, as frações oxidáveis de F1, F2, F3 e F4. Para a determinação das respectivas frações foram utilizados como indicador o ferroin, titulando o excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal 0,5 mol L<sup>-1</sup>.

Os estoques de COT, NT, COP e N-MOP foram calculados pelo método da massa equivalente de solo (ELLERT:BETTANY, 1995; SISTI et al., 2004). Com a utilização dessa correção é possível saber qual a profundidade que deve ser usada para o cálculo de estoque, visto que as mudanças na densidade do solo, como por exemplo, a compactação. Portanto, para o cálculo dos estoques de C e N, tomou-se como referência, dentre os tratamentos e para cada profundidade, a amostra com menor densidade aparente. Sendo assim, para as camadas de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm, utilizou-se, respectivamente, valores de densidade de 1,00, 1,02 e 0,98 kg dm<sup>-3</sup>. Para o cálculo do estoque total (camada 0 a 20 cm) de C e N e de suas frações, realizou-se a soma dos estoques em cada camada amostrada.

O cálculo do índice de manejo de carbono (IMC) e de seus componentes foi realizado conforme Blair et al. (1995), com as adaptações de Diekow et al. (2005), em que o COP corresponde à fração lábil da MOS, e o COM corresponde à fração não lábil, segundo a expressão  $IMC = IEC \times ILC \times 100$ , em que: IEC, é o estoque de COT do tratamento/estoque de COT da referência; ILC é a labilidade do C no tratamento/labilidade do C na referência; labilidade, é o estoque de C orgânico lábil/estoque de C orgânico não lábil. Nesse estudo, a área de referência foi baseada no tratamento controle.

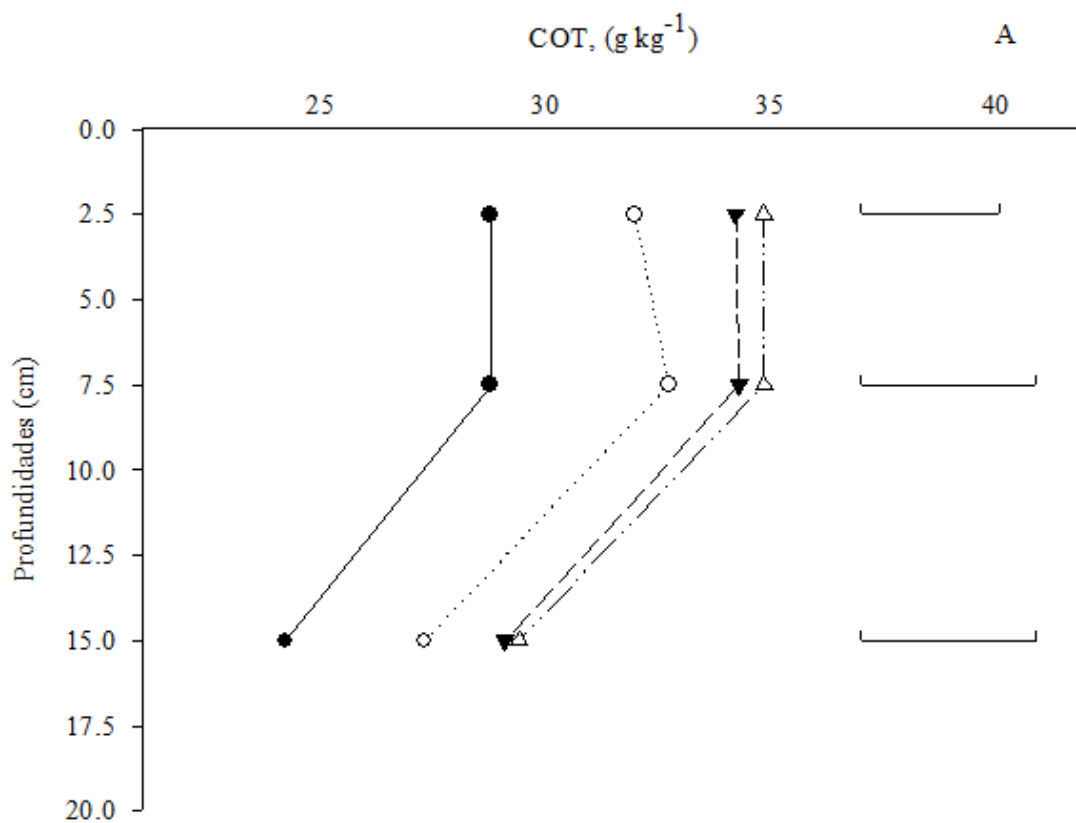
Para a comparação das doses de cama de peru, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Um gráfico biplot foi utilizado para verificar a variabilidade geral do experimento e as tendências da multivariada. As análises foram realizadas com o auxílio do programa Rbio com interface do programa R (BHERING, 2017).

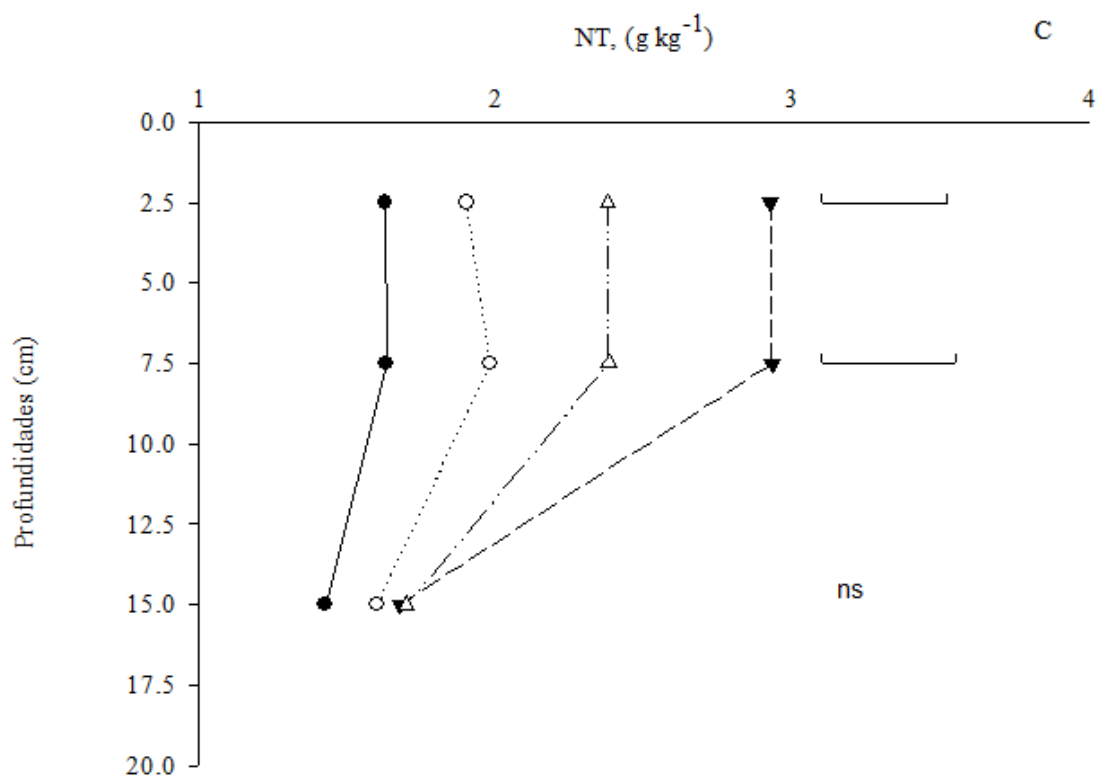
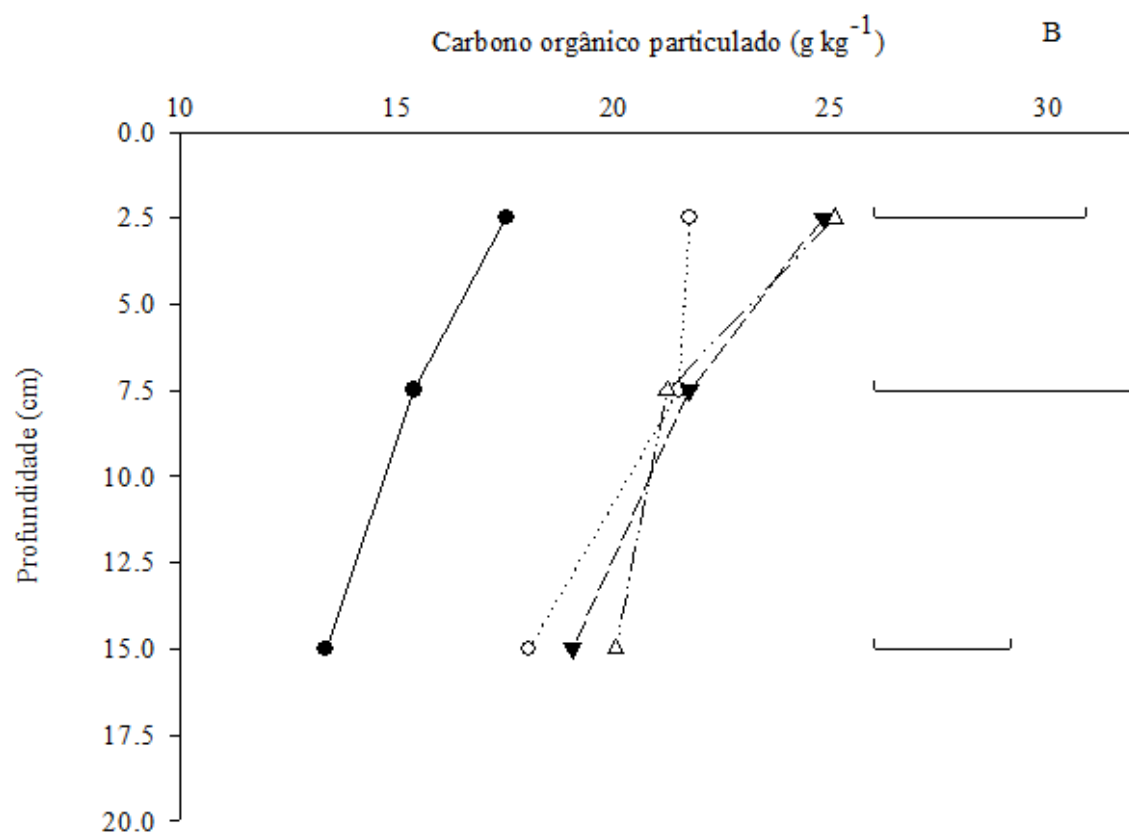
### 5.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.3.1 Teores de carbono, nitrogênio e suas frações granulométricas

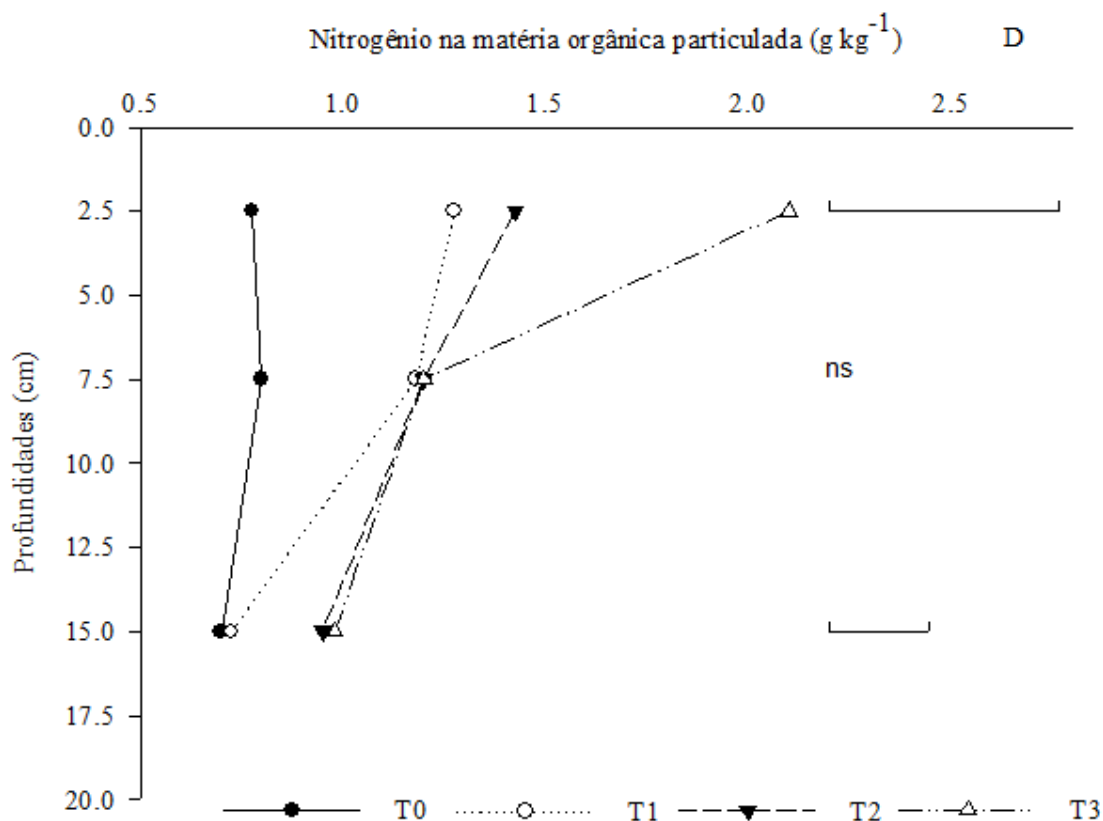
Os teores de carbono orgânico total (COT) e carbono orgânico na matéria orgânica particulada (COP) sofreram influência das aplicações de cama de peru nas três profundidades analisadas (Figura 1A, 1B). Nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm do solo houve comportamento exatamente igual nos teores de COT e COP. Nos teores de COT, o uso de cama de peru, independentemente da dose do resíduo aplicado, foram superiores ao tratamento controle, não havendo diferenças entre as doses de cama de peru aplicadas

em função do tempo. Na camada de 0 a 5 cm os tratamentos T1, T2 e T3, elevaram os teores de COT em 11, 19 e 21%, quando comparados ao tratamento controle. Na camada de 5 a 10 cm, os teores de COT, nos tratamentos T3 e T2, foram superiores ao tratamento controle em 21 e 20% respectivamente, sendo também semelhante esse comportamento na camada de 10 a 20 cm.









**Figura 1.** Teores de carbono orgânico total (A), carbono orgânico particulado (B), nitrogênio total (C) e nitrogênio na matéria orgânica particulada (D), em um Latossolo distroférrico manejado sob sistema rotacionado de pastejo em função de doses acumuladas de cama de peru, aplicadas de 2008 a 2017.

Letras minúsculas comparam tratamentos de doses de cama de peru, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T0: sem aplicação de cama de peru; T1: dose de  $38,29 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de peru; T2: dose de  $54,79 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de peru; T3: dose de  $69,24 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de peru.

Elevação dos teores de matéria orgânica com a utilização de doses de  $22,5 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de frango associadas a adubação química na cultura do milho são relatadas por Wang et al. (2016), corroborando os resultados encontrados neste estudo. Também em área de pasto fertilizado com cama de peru, Ribeiro et al. (2019) verificaram elevação dos teores de matéria orgânica após 8 anos de aplicações sucessivas desse resíduo orgânico na camada superficial do solo.

As maiores doses de cama de peru apresentaram os maiores teores de COP, em todas as profundidades analisadas. Os tratamentos T2 e T3 aumentaram os teores de COP, em até 52 e 43%, respectivamente na camada de 10 a 20 cm quando comparadas ao tratamento controle. Os tratamentos T2 e T3, chegaram a elevar os teores de COP, respectivamente, em até 52 e 43% na camada de 10 a 20 cm quando comparados ao tratamento controle. A conversão de áreas de cerrado para áreas sob atividades

agropecuárias pode levar a redução dos teores de COT nos anos iniciais de sua implantação. Por outro lado, os teores de COP podem ser recuperados com sistemas integrados de produção após 3 anos de sua adoção (SILVA et al., 2016). Esses autores ressaltam ainda que a recuperação dos teores de COP está relacionada, principalmente, ao papel das raízes de *Urochloa ruziziensis*, usada após o ciclo da soja. Neste estudo fica evidente que o uso da adubação com cama de peru pode ter potencializado o papel da *Urochloa decumbens* no incremento dos teores de COP.

Os teores de nitrogênio total (NT) sofreram influência das aplicações de cama de peru, limitando esse efeito nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm (Figura 1C). Nas camadas superficiais, o tratamento T2, proporcionou os maiores teores de NT, seguido pelo tratamento T3, que apresenta a maior dose acumulada de cama de peru ( $69.24 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), apresentando o tratamento controle os menores teores. Em relação ao tratamento controle, os teores de NT quando comparado ao tratamento T3 (dose  $54.79 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de peru), foram superiores em, aproximadamente, 80%. Os teores de NT podem ser reduzidos com a conversão de áreas nativas do cerrado para atividades agropecuárias, conforme relatado por Souza et al. (2016), em campos de murundus no cerrado goiano. Fato também observado por Silva et al. (2016), constatando redução nos teores de NT após a conversão de área nativa do cerrado para diversas atividades agropecuárias. No entanto, neste estudo, pode-se observar que a utilização de cama de peru pode incrementar os teores de NT, sendo importante ferramenta para mitigar possíveis efeitos negativos de algumas atividades agropecuárias nos teores desse elemento no solo.

Os teores de N da matéria orgânica particulada (N-MOP) sofreram influência da adubação nas camadas de 0 a 5 e 10 a 20 cm (Figura 1D). Na camada de 5 a 10 cm não houve diferenças estatísticas significativas. Verifica-se que as maiores doses de cama de peru ( $54.79$  e  $69.24 \text{ Mg.ha}^{-1}$ ) foram capazes de elevar os teores de N-MOP, quando comparadas ao tratamento controle, em aproximadamente 173 e 39%, nas camadas de 0 a 5 e 10 a 20 cm, respectivamente. A fração do N-MOP apresentou recuperação mais rápida quando comparada aos teores de NT, reforçando o importante papel dessa fração como indicador de qualidade do solo (SOUZA et al., 2016). Silva et al. (2016) relataram que o aumento nos níveis de N-MOP está relacionado ao incremento no COP, pois ambos são interdependentes e dependentes da qualidade dos resíduos vegetais e, podem demonstrar o efeito de diferentes sistemas de uso e manejo do solo (SILVA et al., 2016).

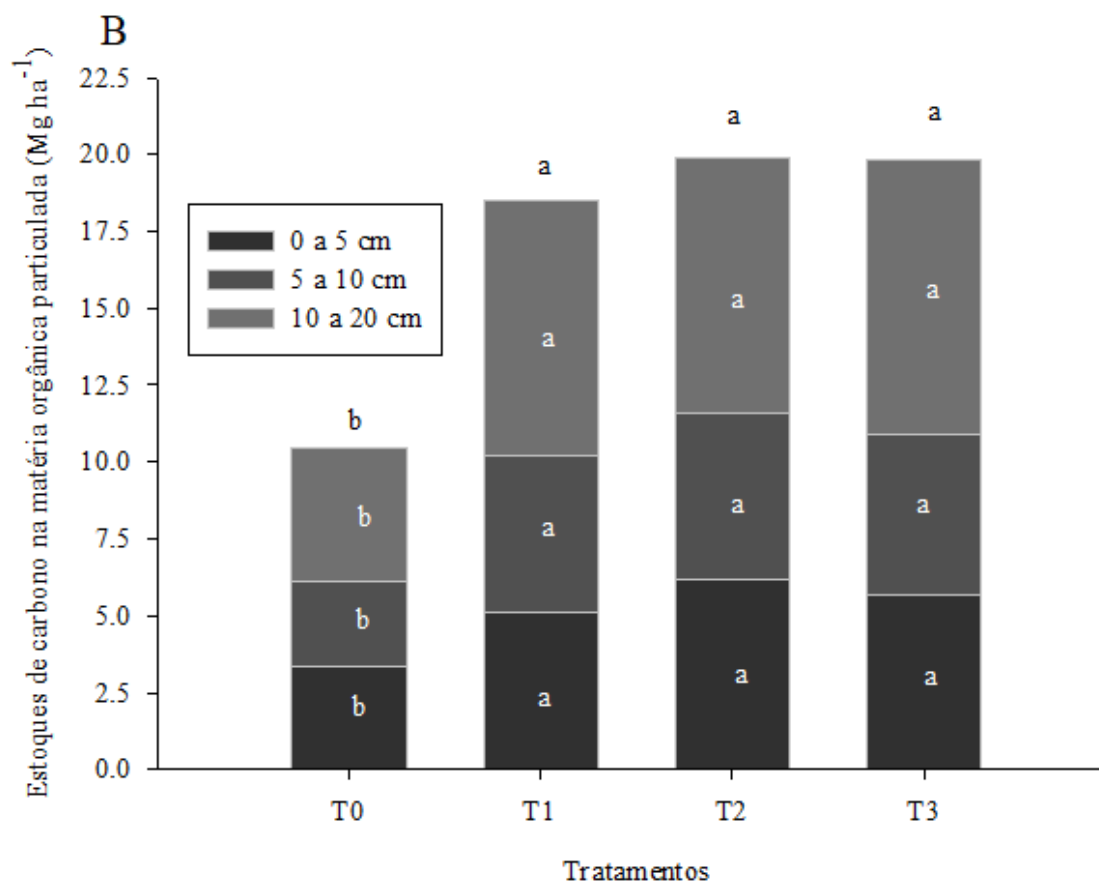
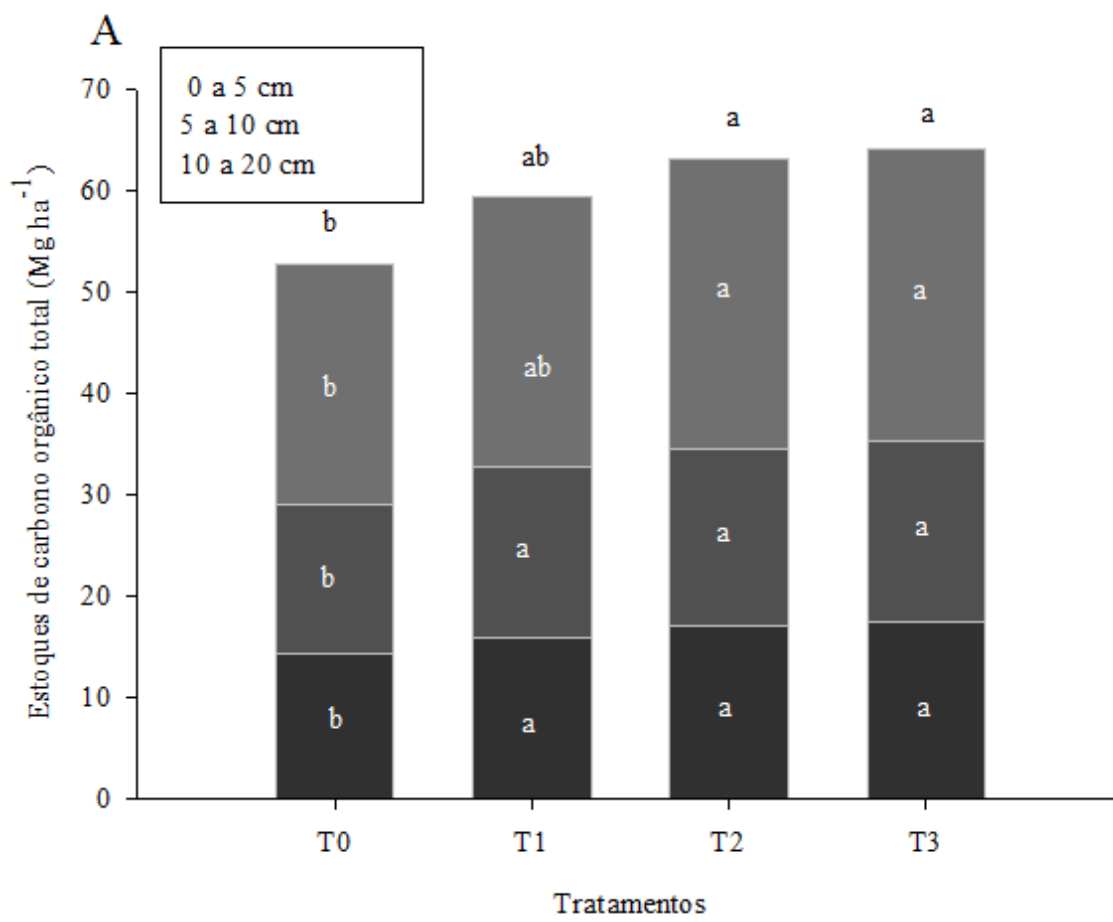
Nota-se que nas diversas profundidades as doses de  $54.79$  e  $69.24 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de peru, apresentaram, de forma geral, os maiores teores de COP, NT, CP, e N-MOP, que

foram sempre maiores do que os encontrados no tratamento controle e na menor dose acumulada de cama de peru ( $38.29 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Fica evidente então, que alterações nessas variáveis somente são observadas com o uso de doses mais altas de cama de peru, ou longo prazo, para doses menores, haja vista que mesmo após 6 anos de uso da cama não foram observados aumentos nos teores de COP, NT e N-MOP quando da dose acumulada de  $38.29 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

Verificou-se neste trabalho que os maiores teores de COT, COP, NT e N-MOP foram encontrados nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm. Esse comportamento pode estar relacionado ao aporte de material orgânico (fitomassa e resíduo aviário) e pela manutenção da estrutura do solo (SOUZA et al., 2016). Essa deposição dos resíduos sobre o solo, e a elevação dos teores de matéria orgânica em superfície resultam em efeitos positivos na ciclagem de nutrientes, agregação, atividade microbiana, armazenamento de água e trocas gasosas com a atmosfera, podendo favorecer a sustentabilidade do solo e consequentemente, a maior produtividade das culturas (BAYER et al., 2004).

### 5.3.2 Estoques de carbono, nitrogênio e suas frações granulométricas

Independentemente da dose acumulada, o uso de cama de peru mostrou efeito positivo nos estoques de COT e COP, à exceção do estoque de COT na camada de 10 a 20 cm, em que a menor dose utilizada ( $38.29 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) foi semelhante ao tratamento controle (Figura 2A e 2B). Na camada de 0 a 20 cm, os estoques de COT variaram entre 52,7 a aproximadamente  $64 \text{ Mg ha}^{-1}$ , respectivamente, no tratamento controle e na maior dose acumulada ( $69.24 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). O aumento dos estoques de COT variou entre 11 e 21%, na camada de 0 a 5 cm (Figura 2A). A conversão de áreas de cerrado para a atividade agrícola resulta em redução dos estoques de C no solo nos anos iniciais de sua implantação, que pode se manter abaixo daquele na área de vegetação natural até mesmo após 16 anos, no caso de áreas consideradas mais frágeis (SOUZA et al., 2016; SILVA et al., 2016). No entanto, Siqueira-Neto et al. (2010) observaram que após 12 anos de implantação, sistemas conservacionistas foram eficientes em recuperar o C perdido durante a incorporação de áreas nativas do cerrado. Neste trabalho, mesmo se tratando de pastagem que são eficientes em adicionar C ao solo, a adubação com cama de peru foi capaz de elevar os estoques de C no solo.



**Figura 2.** Estoques de carbono orgânico total (A), carbono orgânico particulado na matéria orgânica particulada (B), em um Latossolo distroférico manejado sob sistema rotacionado de pastejo em função de doses acumuladas de cama de peru, aplicadas de 2008 a 2017.

Letras minúsculas comparam tratamentos de doses de cama de peru, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T0: sem aplicação de cama de peru; T1: dose de  $38,29 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de peru; T2: dose de  $54,79 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de peru; T3: dose de  $69,24 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de peru.

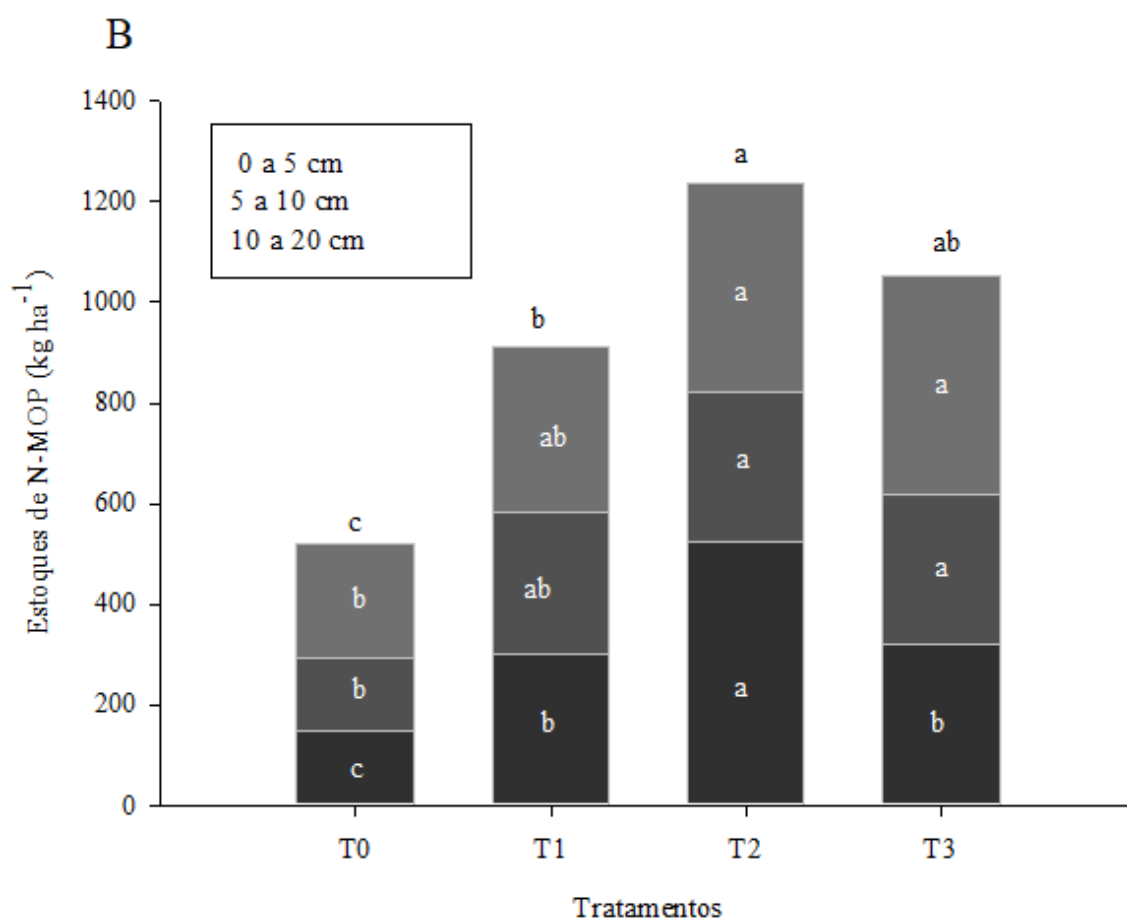
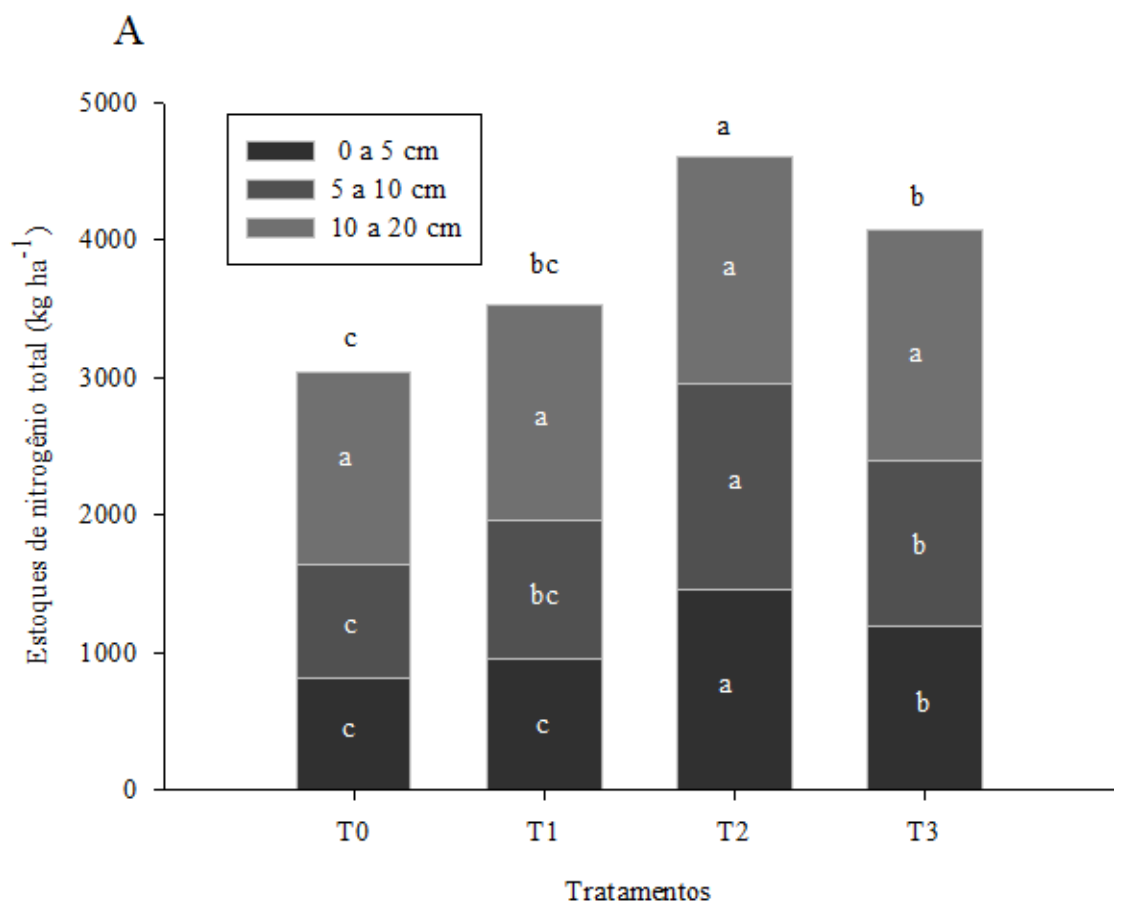
O uso da cama de peru incrementou os estoques de COP em 54 até 93%, em relação ao tratamento controle (Figura 2B). Na camada de 0 a 20 cm, os estoques de COP variaram entre  $3,33$  a  $6,17 \text{ Mg ha}^{-1}$ , respectivamente, no tratamento controle e na dose acumulada  $54,79 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Essa fração da matéria orgânica é considerada como a porção mais sensível ao manejo e está relacionada com a entrada de compostos mais facilmente decomponíveis, presentes nos resíduos vegetais (SOUZA et al., 2016; SILVA et al., 2016).

Os estoques de COT e COP são resultado do balanço entre as entradas e saídas de C no solo (SILVA et al., 2016). Portanto, manejos que proporcionem maiores aportes de resíduos vegetais e animais ao solo podem contribuir para a elevação dos estoques de COT e COP. Os maiores teores de COT e COP podem estar relacionados com as entradas de C provenientes da aplicação direta de C no solo, presente na cama de peru, em que as quantidades variaram, aproximadamente entre  $8,65$  a  $16,63 \text{ Mg ha}^{-1}$  de C, entre a menor e a maior dose acumulada de cama de peru (Tabela 1). Outro fator que pode ter contribuído para os incrementos nos estoques de COT e COP é a melhoria da própria fertilidade nos tratamentos com o uso da cama de peru (PINTO et al., 2012) favorecendo a produção radicular da *Urochloa decumbens*.

Neste trabalho, quando comparado ao tratamento controle, as adições anuais de C ao solo foram, respectivamente de  $0,836$ ;  $1,148$  e  $1,123 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , para os tratamentos T1, T2 e T3 (doses acumuladas de  $38,29$ ;  $54,79$  e  $69,24 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de peru). Estes valores são superiores aos valores encontrados em sistemas de integração lavoura-pecuária, em que os maiores incrementos de C foram observados quando os resíduos de pastejo foram mantidos a altura de 30 e 40 cm, e apresentaram incrementos de  $0,307$  e  $0,308 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (CECAGNO et al., 2018). Portanto, o aumento dos estoques de C, como observado quando da utilização de cama de peru, pode contribuir para a redução dos impactos de dejetos orgânicos utilizados nas atividades agropecuárias. Ademais, o aumento nos estoques de C, por meio de atividades agropecuárias pode compensar de 34

a 98% do total das emissões dos gases do efeito estufa em sistemas integrados de produção (RIBEIRO RH et al., 2019).

O maior estoque de NT nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm foi encontrado nas parcelas com a dose acumulada de 54.79 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru, e resultou também em maior acúmulo total (0 a 20 cm) de NT (Figura 3A). Já na camada de 10 a 20 cm não houve diferenças entre os tratamentos (Figura 3A). Os estoques de NT e N-MOP podem ser recuperados em relação a áreas referências do cerrado quando convertidas para as atividades agrícolas, podendo estar relacionado aos resíduos deixados pelas culturas e pela adubação nitrogenada (SILVA et al., 2016; SOUZA et al., 2016). Nestse estudo, o aporte de N através da cama de peru pode ter favorecido a elevação dos estoques de NT e N-MOP, particularmente nas maiores doses (Tabela 1). Neste estudo, o aporte de N por meio da cama de peru favoreceu a elevação dos estoques de NT e N-MOP, particularmente nas maiores doses (Tabela 1). Outro fator que contribuiu para a elevação dos estoques de N e N-MOP é a liberação mais lenta do N presente na cama de peru, sendo que após 270 dias, 85% dos teores iniciais do N podem permanecer nesse resíduo (SILVA et al., 2014). Essa liberação lenta de N na cama de peru associada ao ciclo perene da *Urochloa decumbens*, pode ter favorecido os incrementos de N no solo nos tratamentos com o uso da cama de peru.



**Figura 3.** Estoques de nitrogênio total (A), nitrogênio na matéria orgânica particulada (B), em um Latossolo distroférico manejado sob sistema rotacionado de pastejo em função de doses acumuladas de cama de peru, aplicadas de 2008 a 2017.

Letras minúsculas comparam tratamentos de doses de cama de peru, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T0: sem aplicação de cama de peru; T1: dose de  $38,29 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de peru; T2: dose de  $54,79 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de peru; T3: dose de  $69,24 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de peru. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os estoques de N-MOP apresentaram comportamento semelhante entre os tratamentos e, em todas as camadas avaliadas. Os maiores estoques de N-MOP foram observados nos tratamentos T2 e T3 (doses acumuladas de  $54,79$  e  $69,24 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de peru), exceto na camada de 0 a 5 cm, em que o tratamento T2 foi superior aos demais tratamentos. Os incrementos com o uso de cama de peru nos estoques de N-MOP variaram entre 48 e 253% em relação a não utilização de cama de peru. Na camada de 0 a 20 cm o estoque de N-MOP foi superior na dose acumulada de  $54,79 \text{ Mg ha}^{-1}$  de cama de peru, em relação a dose de  $38,29 \text{ Mg ha}^{-1}$  e ao tratamento controle. Essa elevação nos estoques de N-MOP permitiu incrementos nessa fração de 38 e 35%, respectivamente.

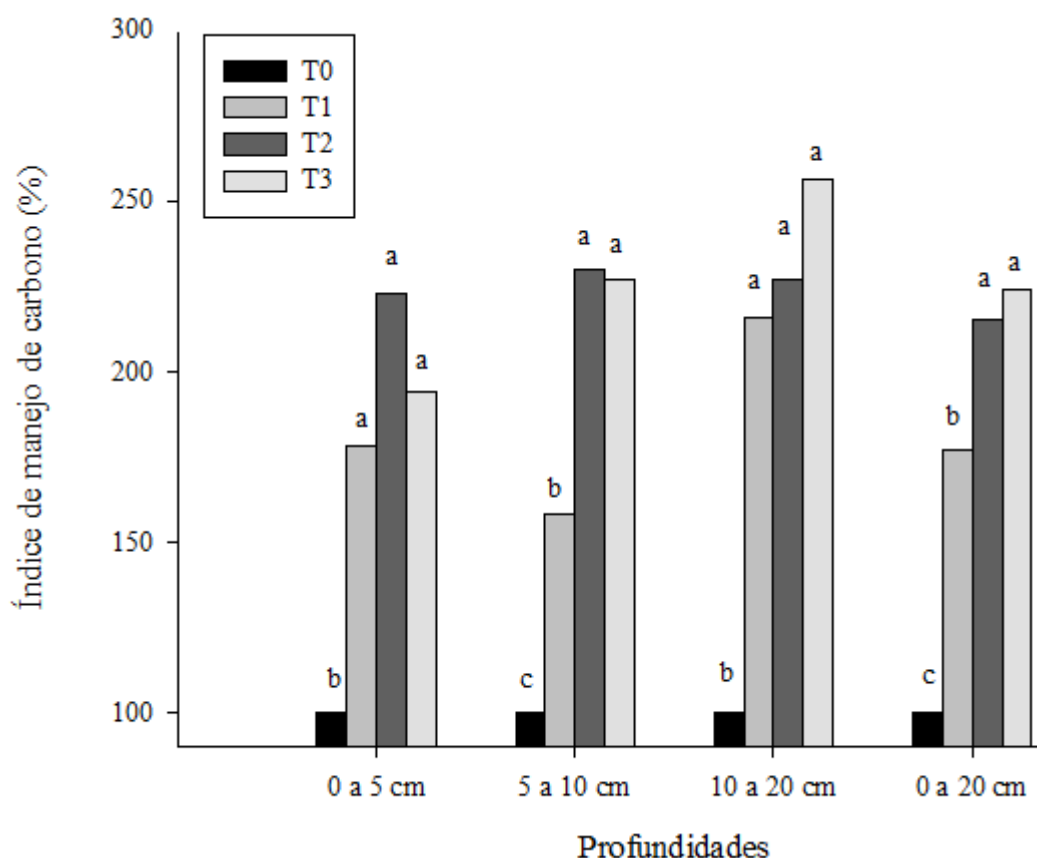
O maior estoque N-MOP, na camada de 0 a 5 cm foi encontrado no tratamento T2 (dose acumulada de  $54,79 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), conforme figura 3B. Já nas camadas de 5 a 10 e 10 a 20 cm, os tratamentos com adubação com cama de peru se assemelharam em termos de estoque de N-MOP, sendo superiores, particularmente, nos tratamentos T2 e T3 (doses de  $54,79$  e  $69,24 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) ao tratamento controle sem o uso da cama de peru (Figura 3 B). Esse comportamento se repetiu para o estoque total (0 a 20 cm) de N-MOP, com as doses de  $38,29$ ,  $54,79$  e  $69,24 \text{ Mg ha}^{-1}$  tendo apresentado incrementos de 76, 138 e 103%, respectivamente, em relação ao tratamento controle. A matéria orgânica particulada apresenta maior labilidade, sendo mais decomponível (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011), de modo que a elevação dos estoques de N-MOP no solo é muito importante, pois pode servir como fonte de N para as culturas.

### 5.3.3 Índice de manejo de carbono

O IMC sofreu influência da utilização de cama de peru em todas as profundidades avaliadas (Figura 4), de modo que todos os tratamentos com o uso de cama de peru apresentaram maiores valores de IMC do que o tratamento controle. Esse comportamento no IMC, possibilitaram incrementos na camada de 0 a 20 cm, com as doses acumuladas



de 38.29, 54.79 e 69.24 Mg ha<sup>-1</sup>, de 77, 115 e 124% a mais em relação ao tratamento controle.



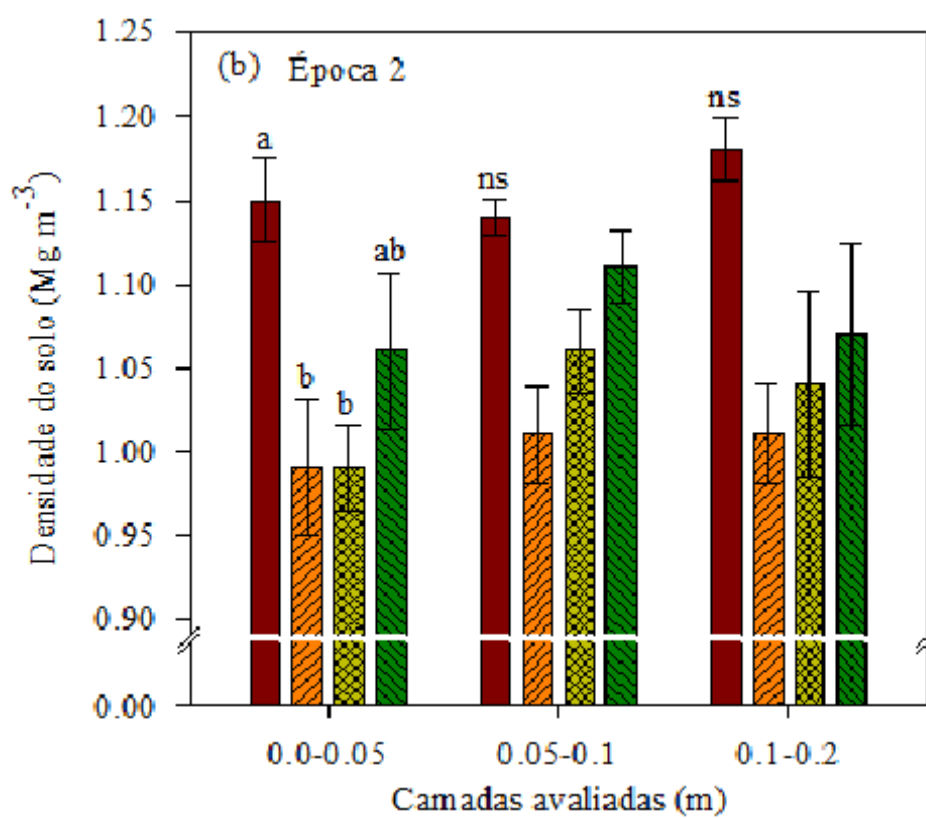
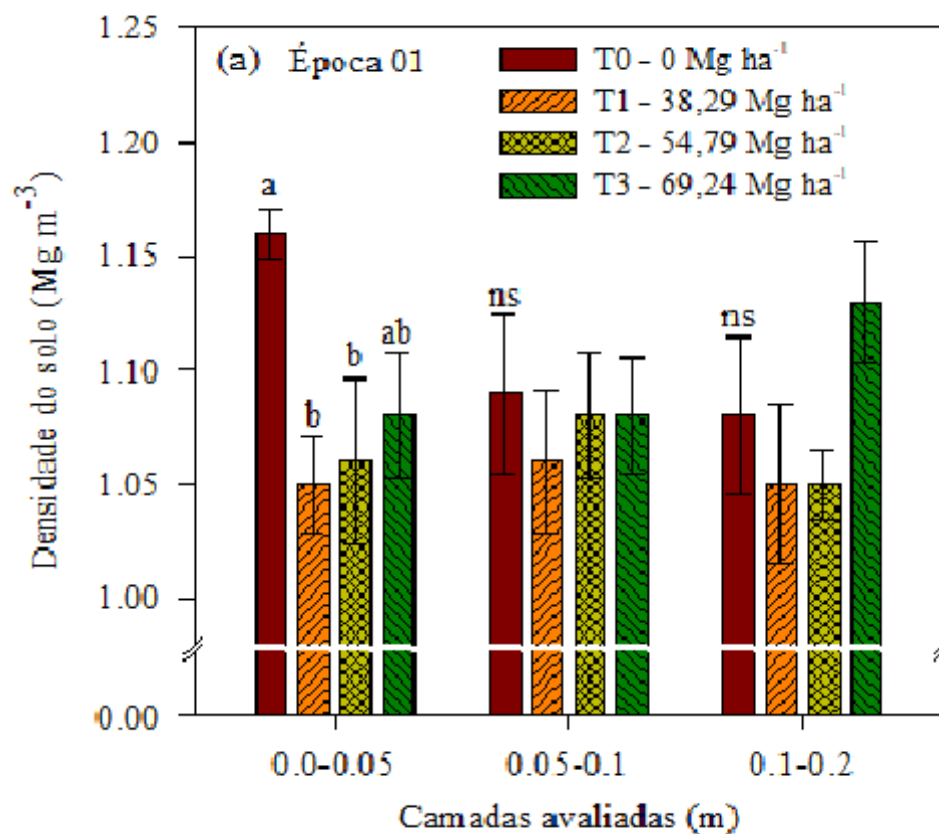
**Figura 4.** Índice de manejo de carbono (IMC) em um Latossolo distroférrico manejado sob sistema rotacionado de pastejo em função de doses acumuladas de 2008 a 2017. Letras minúsculas comparam tratamentos de doses de cama de peru, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T0: sem aplicação de cama de peru; T1: dose de 38,29 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T2: dose de 54,79 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T3: dose de 69,24 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru.

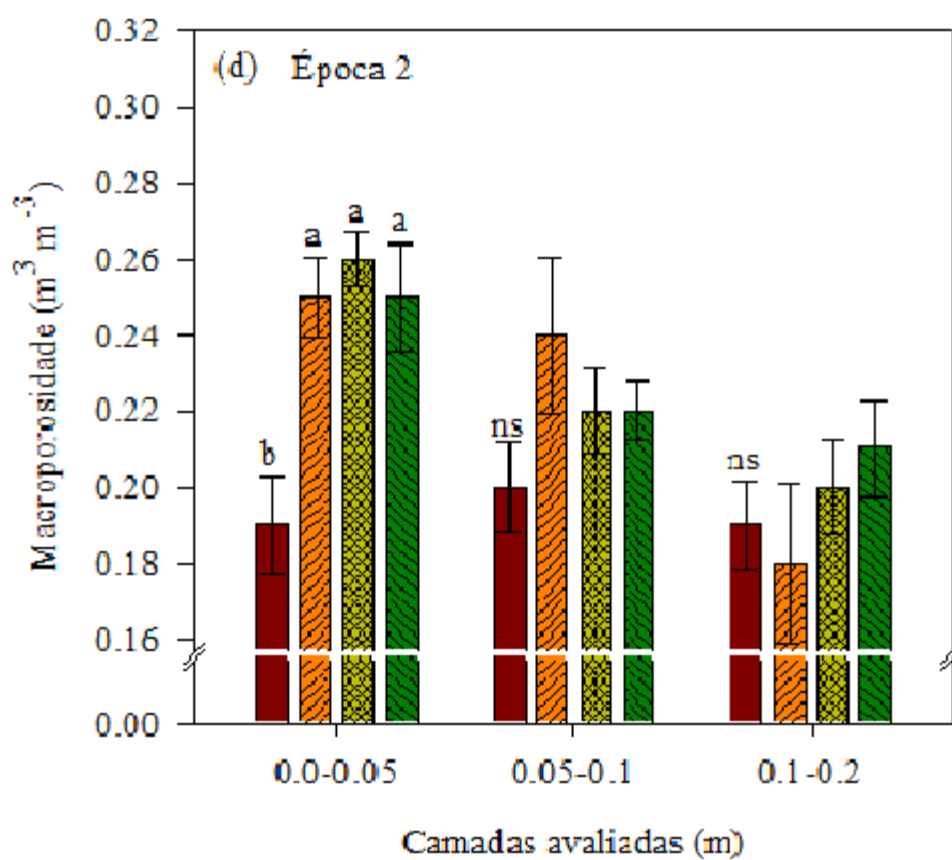
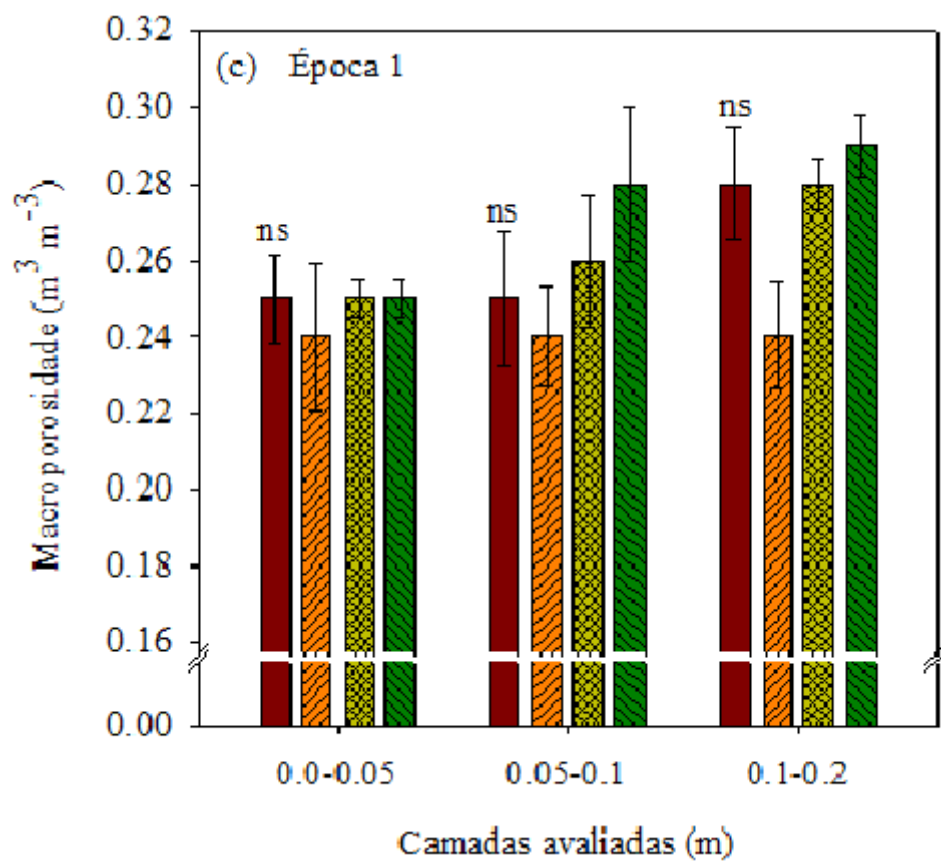
Valores maiores de IMC significam maior qualidade do solo, por outro lado, menores valores indicam qualidade mais baixa (ASSMANN et al., 2014). O IMC também indica aumento da labilidade da matéria orgânica, pois apresenta elevada correlação com o estoque de C-MOP (SILVA et al., 2016), e se correlaciona positivamente com diversos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (ZANATTA et al., 2019). Neste estudo, todos os tratamentos com o uso de cama de peru indicaram melhoria na qualidade da matéria orgânica do solo, especialmente nas maiores doses avaliadas (54.79 e 69.24 Mg ha<sup>-1</sup>), e em todas as profundidades avaliadas. Esse comportamento pode estar relacionado ao aumento da fertilidade do solo, além de incrementos diretos de C presentes na cama

de peru e ao possível aumento da produção de fitomassa da parte aérea e de raiz da *Urochloa decumbens*, todos fatores que podem ter contribuído para o aumento do IMC.

#### 5.3.4 Densidade do solo

A densidade do solo foi menor no tratamento T1 e T2 (doses de 38,29 e 54,79 Mg ha<sup>-1</sup>) em comparação ao tratamento T0 (sem aplicação de cama de peru) na camada superficial de 0 a 0,05 m, em ambas as épocas (Figura 5a e 5b). Já a maior dose acumulada de cama de peru T3 (69,24 Mg ha<sup>-1</sup>) foi semelhante ao T0 e ao T2. No início da estação chuvosa, não foram observadas alterações nos macroporos em nenhuma das camadas avaliadas (Figura 5c). Em contrapartida, no fim da estação chuvosa os tratamentos com aplicação de cama de peru (T1, T2 e T3) tiveram maior macroporosidade do solo na camada superficial (0 a 0,05 m), em comparação ao tratamento T0 (Figura 5d).





**Figura 5.** Densidade do solo no início da estação chuvosa (época 1; a) e fim da estação chuvosa (época 2; b) e macroporosidade do solo no início da estação chuvosa (época 1; c) e fim da estação chuvosa (época 2; d) em diferentes doses de cama de peru em longo prazo.

<sup>NS</sup> Não significativo. Letras minúsculas comparam tratamentos de doses de cama de peru, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T0: sem aplicação de cama de peru; T1: dose de 38,29 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T2: dose de 54,79 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T3: dose de 69,24 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nos tratamentos T1 e T2, a redução da densidade foi de 9,5 e 8,6%, respectivamente, no início da estação chuvosa e de 14% no fim da estação chuvosa, ambos em relação ao tratamento T0. A redução da densidade do solo ocorre pela baixa densidade da cama de peru, resultando em menor densidade do solo (ADEYEMO et al., 2019), ocorrendo o aumento da qualidade estrutural, biológica e crescimento radicular das plantas (ARE et al., 2017; HOOVER et al., 2019; LIN et al., 2016). A menor densidade do solo nas áreas com aplicação de cama de aves também foi observada em solo argiloso degradado da Nigéria (Typic Kanhaplustalf), em que o uso de resíduos (5 t ha<sup>-1</sup>) reduziu a densidade do solo e aumentou a qualidade física do solo (ARE et al., 2017).

A maior densidade do solo foi observada no tratamento T0, que não recebeu doses de cama de peru. Are et al. (2017) encontraram aumento da densidade do solo de 6% no tratamento controle (sem aplicação de cama de aves), em relação a densidade do solo inicial (1,51 Mg m<sup>-3</sup>) e, no tratamento com aplicação de cama de aves (5 t ha<sup>-1</sup>) houve redução de 2,5% na densidade do solo. Em adição, a aplicação de resíduos de aves (5 t ha<sup>-1</sup>) é acompanhada de aumento dos teores de matéria orgânica do solo, sendo evidente que a aplicação contínua de adubos de aves resultou na melhoria de algumas propriedades físicas do solo degradado e, posteriormente, aumentou a produção de grãos de milho (ARE et al., 2017). A maior densidade no tratamento controle (T0) pode estar relacionado possivelmente, a menor produção de *Urochloa decumbens*, que apresenta sinais de degradação pela não fertilização desse tratamento, podendo levar a degradação das propriedades físicas do solo. Resultados distintos foram encontrados em estudo avaliando a adição de doses de cama de peru acrescidas a adubação mineral na sucessão entre soja e milho, em que não foram observadas alterações na densidade do solo (RIBEIRO et al., 2019).

Na camada de 0,0 a 0,05 m, no final da estação chuvosa de 2018, a macroporosidade foi maior nos tratamentos com o uso de diferentes doses de cama de

peru, sendo superiores entre 32 e 37% ao tratamento controle (Figura 5d). Mesmo no tratamento controle no qual houve redução na macroporosidade, essa redução não atingiu os níveis considerados limitantes ao desenvolvimento de plantas de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , indicados por Tormena et al. (1998). A maior macroporosidade nas áreas com aplicação de cama de peru está diretamente relacionada ao aumento de COT e a melhoria da estrutura do solo. A maior macroporosidade é fundamental para o aumento da infiltração de água no solo, especialmente em áreas com pisoteio de animais (BONETTI et al., 2019). A presença de cama de peru aumenta a atividade microbiana, que aliado a presença de resíduos dos animais e raízes de *Urochloa decumbens*, pode aumentar os macroporos biológicos e aumentar a infiltração de água (ADEYEMO et al., 2019; MUBARAK et al., 2009).

#### 5.3.5. Agregação do solo

Houve efeito das doses acumuladas de cama de peru sobre todas as classes de agregados no início e fim da estação chuvosa, na camada de 0,0 a 0,05 m e, no fim da estação chuvosa sob as classes de 0,25 - 2,0 mm e > 2,0, na camada de 0,05 a 0,1 m (Tabela 4 e 5). Na camada até 0,05 m, no início e fim da estação chuvosa, os agregados menores (0,25 a 2 mm) foram observados no tratamento T0 e os agregados maiores (> 2 mm) nos tratamentos com cama de peru T1, T2 e T3. No fim da estação chuvosa, as diferenças na camada de 0,05- a 0,1 m (agregados 0,25 a 2,0 mm) foram superiores no T3 (Tabela 4). Em contrapartida, houve maiores proporções de macroagregados (> 2,0 mm) no tratamento T0.

A porcentagem de macroagregados com o uso de cama de peru variou de 60 a 66 % sendo inferiores na dose 0 que apresentou 49% de distribuição dos agregados nas classes de macroagregados no início da estação chuvosa (Tabela 4). Assim, as doses acumuladas de cama de peru contribuíram com o tamanho da classe dos agregados positivamente, na primeira época de coleta dos dados em novembro de 2017. A distribuição de agregados nas classes mesoagregados e microagregados foram superiores no T0.

**Tabela 4.** Distribuição de agregados estáveis em água (%) nas camadas do Latossolo Vermelho distroférico manejado sob sistema rotacionado de pastejo, adubado com cama de peru no início da estação chuvosa de 2017 (novembro)

Tamanho de classes de agregados	Tratamentos			
	T0	T1	T2	T3
----- 0,0 - 0,05 m -----				
< 0,25 mm	10,20 a	6,98 b	5,20 b	7,34 b
0,25 - 2,0 mm	40,46 a	32,98 ab	29,14 b	29,20 b
> 2 mm	49,32 b	60,04 a	65,64 a	63,46 a
----- 0,05 - 0,1 m -----				
< 0,25 mm	8,96 <sup>NS</sup>	7,74	9,30	8,32
0,25 - 2,0 mm	44,66 <sup>NS</sup>	36,24	44,02	40,66
> 2 mm	46,38 <sup>NS</sup>	56,0	46,68	50,98
----- 0,1 - 0,2 m -----				
< 0,25 mm	8,40 <sup>NS</sup>	11,84	11,66	9,34
0,25 - 2,0 mm	44,34 <sup>NS</sup>	47,86	46,90	46,28
> 2 mm	47,27 <sup>NS</sup>	40,30	41,44	44,36

<sup>NS</sup> Não significativo. Letras minúsculas comparam tratamentos de doses de cama de peru, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T0: sem aplicação de cama de peru; T1: dose de 38,29 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T2: dose de 54,79 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T3: dose de 69,24 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No final da estação chuvosa, em abril de 2018, na camada de 0,0 a 0,05 m, a maior quantidade de macroagregados (> 2 mm) foi obtida com a utilização de cama de peru nas doses acumuladas em T1 e T3, seguido pela dose acumulada T2 e pelo tratamento T0 (Tabela 5). De maneira semelhante a primeira época de avaliação, a quantidade de mesoagregados e microagregados foi maior no tratamento controle e menor nos tratamentos com o uso de cama de peru.

**Tabela 5.** Distribuição de agregados estáveis em água (%), nas camadas do Latossolo Vermelho distroférico manejado sob sistema rotacionado de pastejo adubado com cama de peru no, final da estação chuvosa de 2018 (abril).

Tamanho de classes de agregados	Tratamentos			
	T0	T1	T2	T3
----- 0,0 - 0,05 m -----				
< 0,25 mm	25,42 a	5,40 b	8,62b	4,80 b

0,25 - 2,0 mm	39,68 a	6,18 b	32,2 ab	6,86 b
> 2 mm	34,92 c	88,42 a	59,18 b	88,34 a
-----0,05 – 0,1 m -----				
< 0,25 mm	5,10 <sup>NS</sup>	14,22	7,64	10,12
0,25 - 2,0 mm	12,68 b	12,94 b	31,28 ab	43,62 a
> 2 mm	82,22 a	72,86 ab	61,10 ab	46,26 b
-----0,1 – 0,2 m -----				
< 0,25 mm	3,94 <sup>NS</sup>	3,92	8,08	8,20
0,25 - 2,0 mm	17,20 <sup>NS</sup>	12,06	21,68	20,94
> 2 mm	78,88 <sup>NS</sup>	84,04	70,24	70,86

<sup>NS</sup> Não significativo. Letras minúsculas comparam tratamentos de doses de cama de peru, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T0: sem aplicação de cama de peru; T1: dose de 38,29 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T2: dose de 54,79 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T3: dose de 69,24 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru.

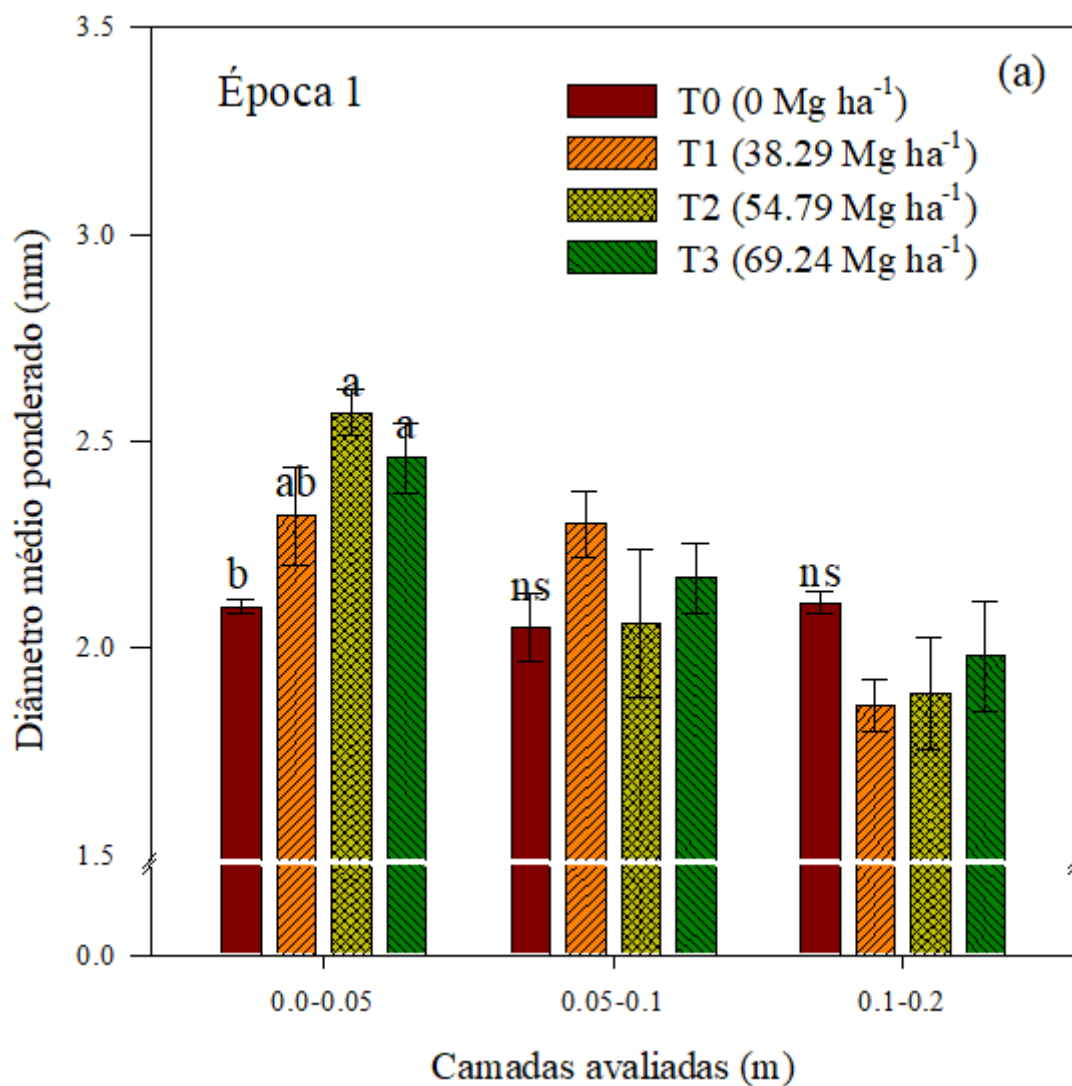
Resultados semelhantes foram observados em Latossolo Vermelho sob pastagem adubado com cama de peru, e foram verificados aumentos na proporção de agregados maiores que 2 mm e redução na proporção de agregados menores do que 0,25 mm (COSTA et al., 2008). Por outro lado, a utilização doses de 4 e 6 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de frangom, acrescida a adubação mineral, em Latossolo cultivado com soja e milho reduziu a proporção de agregados maiores do que 2 mm de diâmetro e aumentou a proporção de agregados menores do que 0,25 mm (RIBEIRO et al., 2019), divergindo dos resultados encontrados neste estudo.

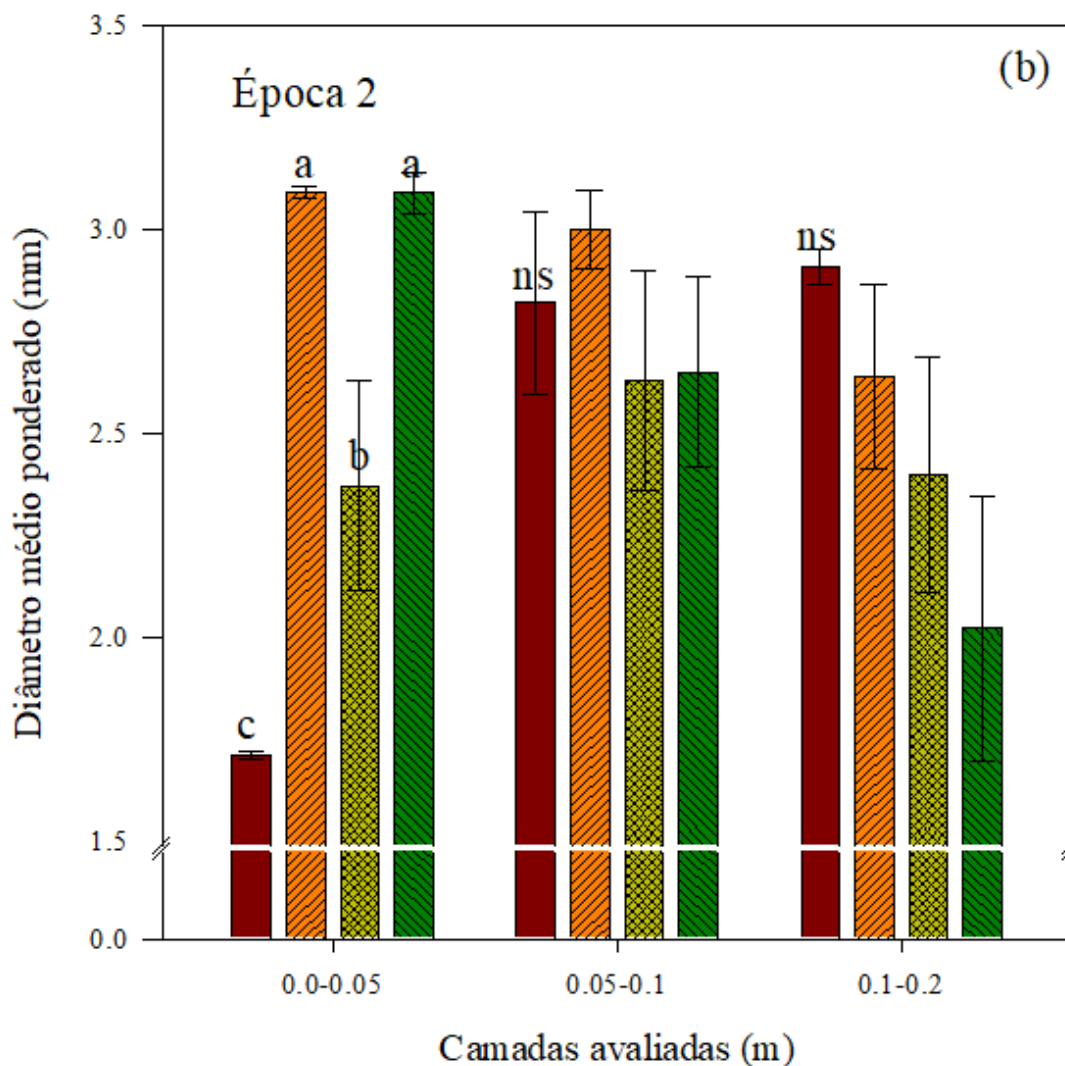
A maior proporção de macroagregados nas maiores doses acumuladas de cama de peru podem estar relacionadas ao fornecimento de material orgânico por meio da adubação orgânica, e ao sistema radicular, e possivelmente de resíduos da parte aérea deixados pela *Urochloa decumbens*. Na camada de 0,1 a 0,2 m, a não diferenciação entre os tratamentos nas duas épocas de avaliação pode estar relacionada ao desenvolvimento radicular da gramínea, uma vez que mesmo em solos que não são adubados podem ocorrer incrementos na agregação com a utilização de gramíneas (COSTA et al., 2008).

O diâmetro médio ponderado de agregados (DMP) sofreu influência das doses acumuladas de cama de peru apenas na camada de 0,0 a 0,05 m do solo (Figura 6). Nas duas épocas de avaliação, os resultados apresentaram comportamento semelhante em que as maiores doses foram capazes de elevar o DMP quando comparados ao tratamento controle. No início da estação chuvosa as doses acumuladas de cama de peru T2 e T3



(54,79 e 69,24 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) foram superiores ao tratamento controle em 22 e 17% respectivamente (Figura 6a). A dose de T1 foi semelhante a dose T0 e as doses T2 e T3. Na segunda época de avaliação, a menor e maior dose acumulada de cama de peru elevaram o DMP em aproximadamente 81%, quando comparado ao tratamento controle, sendo essas doses superiores a dose de T2 de cama de peru (Figura 2b).





**Figura 6.** Diâmetro médio ponderado de agregados (DMP) em diferentes profundidades, em Latossolo Vermelho distroférico manejado sob sistema rotacionado de pastejo em função de doses acumuladas de cama de peru coletados no início (a) e final (b) da estação chuvosa de 2017/2018 (novembro/abril).

<sup>NS</sup> Não significativo. Letras minúsculas comparam tratamentos de doses de cama de peru, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T0: sem aplicação de cama de peru; T1: dose de 38,29 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T2: dose de 54,79 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T3: dose de 69,24 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru.

Resultados semelhantes foram relatados por Costa et al. (2008), que verificaram que a utilização de cama de peru em Latossolo sob pastagem favorece efeitos positivos na estabilidade de agregados. Por outro lado, a estabilidade de agregados e o teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho sob *Urochloa brizantha*, após a aplicação de cama de peru, isolado ou associado a calcário e gesso não sofreu influência de utilização, diferindo dos resultados obtidos neste estudo (TROLEIS et al., 2017). Esse

efeito positivo das pastagens na agregação de partículas do solo está ligado ao sistema radicular destas gramíneas (COSTA et al., 2008; TROLEIS et al., 2017).

Houve correlação positiva entre os teores de C e DMP na camada de 0-0,05 m ( $r=0,43^*$ ), em que os maiores teores de C proporcionaram maiores acréscimos no tamanho de agregados. Correlação positiva entre estoques de C e DMP também foram observados em uma cronossequência de plantio direto no cerrado, corroborando com os resultados deste estudo (SOUZA et al., 2016). Os tratamentos com o uso de doses acumuladas de cama de peru podem estar relacionados a possivelmente maiores estoques de C nestes tratamentos. Portanto, o uso de cama de peru pode ter favorecido a maior proporção de macroagregados e DMP, pelo incremento direto de C o solo e, mesmo, indireto por possivelmente, elevar a fertilidade solo favorecendo o aumento de biomassa de raízes e parte aérea, contribuindo para a elevação dos atributos de agregação do solo.

#### 5.3.6. Fracionamento químico do COT

Em relação aos teores de C oxidável, a fração F1 apresentou os maiores teores variando entre 0,73 e 1,19 g kg<sup>-1</sup>, sendo menores os teores na fração F4 a qual variou entre 0,16 a 0,57 entre as camadas avaliadas (Tabela 6). A fração F1 só não sofreu influência dos tratamentos na camada de 0,05 a 0,10 m; a fração F2 foi influenciada, limitando nas camadas 0,0 a 0,05 m e a fração F3 foi influenciada nas camadas de 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m (Tabela 6).

**Tabela 6.** Frações oxidáveis do carbono em diferentes doses e camadas do Latossolo Vermelho distroférico manejado sob sistema rotacionado de pastejo e adubação de cama de peru no final da estação chuvosa de 2018.

Tratamentos	F1	F2	F3	F4
	-----g kg <sup>-1</sup> -----			
----- 0- 0,05 m-----				
T0	9,3 c	3,7 b	5,9 <sup>ns</sup>	2,7 <sup>ns</sup>
T1	9,5 c	5,5 a	8,3	3,7

T2	10,7 b	6,2 a	8,3	2,4
T3	11,9 a	5,9 a	8,5	1,6
----- 0,05- 0,10 m-----				
T0	8,8 <sup>ns</sup>	4,7 <sup>ns</sup>	7,6 a	2,1 <sup>ns</sup>
T1	9,3	5,4	3,9 b	4,5
T2	9,6	5,5	5,3 ab	5,7
T3	9,6	5,8	7,0 ab	2,4
----- 0,10- 0,20 m-----				
T0	7,3 b	6,2 <sup>ns</sup>	3,9 b	2,0 <sup>ns</sup>
T1	9,6 ab	5,8	5,3 ab	2,9
T2	10,6 a	5,2	6,3 a	3,1
T3	9,9 ab	5,4	5,7 ab	3,2

<sup>NS</sup> Não significativo. Letras minúsculas comparam tratamentos de doses de cama de peru, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T0: sem aplicação de cama de peru; T1: dose de 38,29 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T2: dose de 54,79 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T3: dose de 69,24 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru.

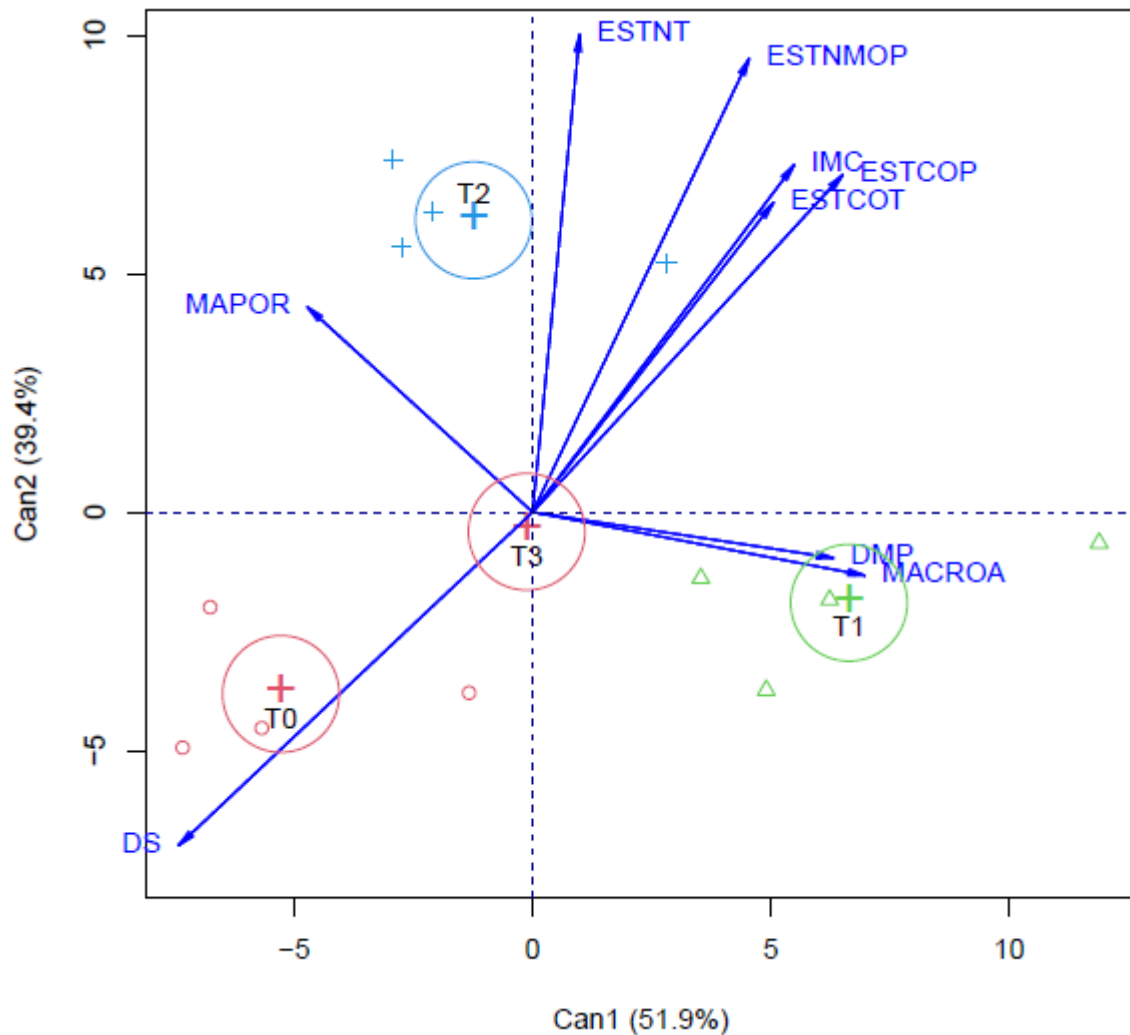
Na camada de 0,0 a 0,05 m, o maior teor na fração F1 foi obtida pelo tratamento T3 e T2, sendo inferiores nos tratamentos T1 e T0. Nas camadas de 0,1 a 0,2 m, as frações F1 e F3 apresentaram comportamento semelhante, de forma que os maiores teores dessas frações foram observados no tratamento T2 e menor no tratamento T0, ficando os tratamentos T1 e T3 intermediários entre as maiores e menores aplicações de cama de peru. As frações F3 e F4 foram pouco afetadas pelo uso de doses acumuladas de cama de peru em área de pastejo rotacionado com *Urochloa decumbens*.

O maior estoque de C na fração F1 e menor na fração F4 em sistema de cultivo com arroz e trigo com a utilização de resíduo aviário e resíduos vegetais também foram relatados por Benbi et al. (2015), corroborando com os resultados encontrados neste estudo. As frações F1 e F2 apresentam maior labilidade, enquanto as frações F3 e F4 são consideradas mais resistentes à decomposição (LOSS et al., 2010; BENBI et al., 2015).

Nesse sentido, é importante manter um balanço entre essas frações para que haja equilíbrio entre as funções de cada fração, sendo as frações F1 e F2 responsáveis pela disponibilidade de nutrientes e as frações F3 e F4 representando a proteção física e química (LOSS et al., 2010).

Os tratamentos T3 e T2 incrementaram as frações F1 e F2 na camada de 0,0 a 0,05 m, em relação ao tratamento T0, variando respectivamente entre 28 e 15% e 59 e 68%. Os incrementos nessas frações na camada superficial, podem estar relacionados a aplicação dos resíduos na superfície do solo, e ao possível incremento de resíduos vegetais deixados após o pastejo na superfície do solo e, ao crescimento radicular da *Urochloa decumbens*, que pode ter sido favorecido pelo incremento da fertilidade com o uso das maiores doses ao longo do tempo. Incrementos nas frações F1 e F2 são importantes, pois representam as frações do C facilmente oxidável e C orgânico ativo, por suas fortes relações com a biomassa microbiana e o C mineralizável (BENBI et al., 2015). Portanto, os incrementos nessas frações do C oxidável, como ocorreu nos tratamentos T2 e T3, são importantes para manter maior atividade biológica do solo.

Foram realizadas análise de variáveis canônicas para verificar a contribuição de cada variável (Figura 3). Essa técnica é similar a análise de componentes principais, entretanto, deverá ser utilizada quando um determinado trabalho é composto de delineamento experimental com repetições (BAIO et al., 2018). O acúmulo das variâncias nas duas primeiras variáveis correspondeu a 91%, sendo superior ao recomendado que é no mínimo de 80% (MINGOTI, 2005). Desta forma, as variáveis canônicas neste estudo podem ser utilizadas para uma interpretação precisa.



**Figura 7.** Análise de variáveis canônicas entre macroporosidade (MAPOR); estoque de carbono orgânico total (ESTCOT); estoque de nitrogênio total (ESTNT); estoque de carbono na matéria orgânica particulada (ESTCOP); estoque de nitrogênio na matéria orgânica particulada (ESTNMOP); diâmetro médio ponderado de agregados (DMP); macroagregados (MACROA); índice de manejo de carbono (IMC). T0: sem aplicação de cama de peru; T1: dose de 38,29 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T2: dose de 54,79 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru; T3: dose de 69,24 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru.

Os autovetores postados na Figura 3, mostram que a densidade foi a variável que esteve próxima do tratamento T0. Sabe-se que a densidade dos resíduos orgânicos são baixas e podem minimizar a energia de dissipação resultante do pisoteio animal, e explica a proximidade do T0 com a densidade do solo (BRAIDA et al., 2011). Portanto, a proximidade da Ds com o tratamento T0 pode estar relacionado a correlação negativa com os estoques de COT, estoques de carbono na matéria orgânica particulada e o IMC.

Ou seja, quanto menores foram os estoques COT, COP e IMC maior foi a Ds. Já o estoque de NT esteve mais próximo ao tratamento T2. O DMP e a MACROA estiveram próximos ao tratamento T1. O tratamento T3 não esteve próximo a nenhuma variável. Essas 3 variáveis (ESTCOT, ESTCOP E IMC) estão próximas. A proximidade do IMC com ESTCOT e ESCOP, está relacionada a uma correlação positiva do IMC, com diversos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (ZANATTA et al., 2019), além dos incrementos no IMC indicarem aumento na labilidade da matéria orgânica do solo com incrementos no ESCOP (SILVA et al., 2016).

#### 5.4. CONCLUSÃO

Os teores e os estoques de COT, e os teores de COP são aumentados com a utilização da dose acumulada de 38.29 Mg ha<sup>-1</sup> cama de peru, correspondendo a 6 anos de aplicações sucessivas. Para aumentar significativamente os teores de NT e N-MOP em um Latossolo Vermelho são necessários pelo menos 8 anos de uso de cama de peru, ou o equivalente a dose acumulada de 54.79 Mg ha<sup>-1</sup>. Os estoques de COP e N-MOP na camada de 0 a 20 cm são aumentados com 6 anos de adoção com o uso de cama de peru, correspondendo a uma dose acumulada de 38.29 Mg ha<sup>-1</sup>.

Para o aumento dos estoques de NT são necessários, pelo menos 8 anos de adoção com o uso de cama de peru. Na camada de 0 a 20 cm os maiores estoques foram obtidos na dose acumulada de 54.79 Mg ha<sup>-1</sup> de cama de peru. Na camada de 0 a 20 cm, após 9 anos de aplicações sucessivas de cama de peru, totalizou 69.24 Mg ha<sup>-1</sup>, a quantidade acumulada de C no solo pode ser elevada em até 11.23 Mg ha<sup>-1</sup>, em relação a não utilização de cama de peru. O índice de manejo de carbono (IMC) é aumentado significativamente com o uso da cama de peru como fertilizante, particularmente, a partir de doses de 54.79 e 69.24 Mg.ha<sup>-1</sup>, aplicadas no decorrer de 8 e 9 anos, respectivamente.

O uso de cama de peru, com doses acumuladas após 9 anos variando de 38,29 a 69,24 Mg ha<sup>-1</sup> reduziu a densidade do solo e aumento a macroporosidade na camada de 0,0 a 0,05, sendo recomendado para redução da compactação em solos com pastejo de bovinos.

O uso acumulado de cama de peru eleva a porcentagem de macroagregados chegando a alcançar 66% com a dose acumulada de 54,79 Mg ha<sup>-1</sup>.

O diâmetro médio ponderado foi influenciado pelo uso de cama de peru limitando na camada mais superficial avaliada, em que as doses de cama de peru foram superiores a dose T0, exceto a dose de T1 de 38,29 na primeira época de avaliação. Já na segunda época de avaliação todos os tratamentos com o uso de cama de peru apresentaram maior diâmetro médio ponderado quando comparados a dose T0.

Após 6 anos de adição de cama de peru os teores de carbono orgânico total aumentaram em relação a aéreas sem aplicação de fertilizantes na camada de 0,1 a 0,2 m. As frações oxidáveis do carbono orgânico total, F1 e F2, apresentaram maior sensibilidade com a utilização de doses acumuladas de cama de peru, mostrando ser indicador sensível ao manejo adotado em áreas com o uso de cama de peru. Já a fração F4 apresentou o menor teor das frações oxidáveis do carbono orgânico total, não sendo influenciada pela adição de cama de peru em área de pastejo rotacionado.

Os resultados deste estudo sugerem que o uso de cama de peru melhora a qualidade física do solo, sendo recomendado sua aplicação como alternativa de mitigação desse resíduo, fruto da diversificação nas fazendas do Brasil.

## 5.5 AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado como parte do NUCLEUS: um conjunto virtual para NUE, aprimorado por meio de uma abordagem de sistemas integrados solo-planta para o Reino Unido e o Brasil. Este trabalho teve apoio da FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo [2015 / 50305-8]; FAPEG — Fundação de Amparo à Pesquisa de Goiás [2015-10267001479]; FAPEMA - Fundação de Amparo à Pesquisa do Maranhão [RCUK-02771/16]; e o Conselho de Pesquisa em Biotecnologia e Ciências Biológicas [BB / N013201 / 1].

## 5.6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEYEMO, A.J. et al. Effects of poultry manure on soil infiltration, organic matter contents and maize performance on two contrasting degraded alfisols in southwestern Nigeria. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture** 8: 73–80, 2019.



- ARE, K.S. et al. Improving physical properties of degraded soil: Potential of poultry manure and biochar. **Agriculture and Natural Resources**, 51: 454–462, 2017.
- ASSMANN, J. M. et al. Soil carbon and nitrogen stocks and fractions in a long-term integrated crop-livestock system under no-tillage in southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment (Print)**, 190: 52-59, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEINA ANIMAL -ABPA. **Relatório Anual: exportações brasileiras de carne de frango e peru séries históricas**. São Paulo, 2019. 167P.
- BAIO, F.H.R. et al. Vegetation indices to estimate spray application rates of crop protection products in corn. **Agronomy Journal**, 110:1254–1259, 2018.
- BAYER, C. et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39: 677-683, 2004.
- BENBI, D.K. et al. Sensitivity of Labile Soil Organic Carbon Pools to Long-Term Fertilizer, Straw and Manure Management in Rice-Wheat System. **Pedosphere**, 25: 534–545, 2015.
- BHERING L.L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. **Crop Breed. Appl. Biotechnol.** 17: 187-190, 2017.
- BLAIR, G.J. et al. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal Agriculture Research**, 46: 1459-1466, 1995.
- BONETTI, J.A. et al. Impact of a long-term crop-livestock system on the physical and hydraulic properties of an Oxisol. **Soil Tillage Res**, 186 280–291, 2019.
- BRAIDA, J.A. et al. **Matéria orgânica e seu efeito na física do solo**. Tópicos em Ciência do Solo, Viçosa, v. 7, p. 221-278, 2011.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, 56: 777-783, 1992.

CECAGNO, D. et al. Soil organic carbon in an integrated crop-livestock system under different grazing intensities. **Revista Brasileira De Ciências Agrárias**, 13: 1-7, 2018.

CHAN, K.Y. et al. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an Oxic Paleustalf under different pasture leys. **Soil Science**, 166: 61–67, 2001.

COSTA, A. M. et al. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras: 33 1991-1998, 2009.

DIDONÉ, E.J. Impact of no-tillage agricultural systems on sediment yield in two large catchments in Southern Brazil. **Journal of Soils and Sediments**, 14: 1287-1297, 2014.

DIEKOW, J. et al. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by longterm no-till cropping systems and N fertilization. **Plant and Soil**, 268: 319-328, 2005.

DOMAGENA, G.K. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2011, 225 p.

ELLERT, B.H.; BETTANY, J.R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, 1995. 538p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. revisada e ampliada. Brasília: Embrapa, 2017, 573p.

HOOVER, N.L. et al. Long-term impact of poultry manure on crop yield, soil and water quality, and crop revenue. **Journal of Environmental Management**, 252: 109582, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). Censo Agropecuário. 2017. Área dos estabelecimentos agropecuários. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/pesquisa/24/27745>. Acesso em: 04 abr. 2020.

INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS (IMB). Goiás: Síntese dos indicadores socioeconômicos. 2020. Available at: [https://www.imb.go.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=88&Itemid=216](https://www.imb.go.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=88&Itemid=216). Access on: July 14, 2020.

LIN, Y. et al. The effect of poultry litter application on agricultural production: A Meta-Analysis of crop yield, nutrient uptake and soil fertility. **Conference on Applied Statistics in Agriculture**, 28: 161–175, 2016.

LOSS, A. et al. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. **Comunicata Scientiae**, 1:57-64, 2010.

MENDONÇA, E.S.; MATOS, E.S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa: UFV, 205, 107 p.

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**. Belo Horizonte: UFNG, 2005, 295p.

MUBARAK, A.R. et al. Short-term studies on use of organic amendments for amelioration of a sandy soil. **African Journal of Agricultural Research**, 7: 621–627, 2009.

PINTO, F. A. et al. Atributos de solo sob pastejo rotacionado em função da aplicação de cama de peru. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 42: 254-262, 2012.

RIBEIRO, D.O. et al. Atributos físicos de um latossolo após o uso de doses de cama de frango acrescidas à adubação mineral. **Colloquium Agrariae**, 15: 9-17, 2019.

RIBEIRO, D.O. et al. Atributos físicos e químicos de um latossolo submetido à aplicações sucessivas de cama de peru em pastejo rotacionado. **Colloquium Agrariae**, 15: 11-23, 2019.

RIBEIRO, R. H et al. Managing grazing intensity to reduce the global warming potential in integrated crop-livestock systems under no-till agriculture. **European Journal of Soil Science**, s/v.: 1-12, 2019.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa n. 5. Brasília: Embrapa, 2018, 356p.

SILVA, V. B. et al. (2014) Decomposição e liberação de N, P, e K de esterco bovino e cama de frango isolados ou misturados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38: 1537-1546, 2014.

SILVA, G. N. et al. Management systems and soil use on fractions and stocks of organic carbon and nitrogen total in cerrado Latosol. **Bioscience Journal**, 32: 1482-1492, 2016.

SILVA, A. J. et al. Replacement of liming and NPK fertilization with turkey litter in degraded areas grown with *Urochloa decumbens*. **Semina**. 39: 467-476, 2018.

SIQUEIRA NETO, M. et al. Soil carbon stocks under no-tillage mulch-based cropping systems in the Brazilian Cerrado: An on-farm synchronic assessment. **Soil and Tillage Research**, 110: 187-195, 2010.

SISTI, C. P. J. et al. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil Tillage Research**, 76:39-58, 2004.

SOUZA, E. D. et al. Matéria orgânica e agregação do solo após conversão de “campos de murundus” em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51: 1194-1202, 2016.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. UFRGS, RS: 1995. 174p.

TORMENA, C. A. et al. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um latossolo roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, 22: 573–581, 1998.

TROLEIS, M.J.B. et al. Estabilidade de agregados e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho sob *Urochloa brizantha* após a aplicação de cama de peru. **Revista de Agricultura Neotropical**, 4: 83-87, 2017.

VEZZANI, F.; MIELNICZUK, J. **O solo como sistema**. 1 ed. dos Autores, Curitiba, 2011.104p.

WANG, X. et al. Impacts of manure application on soil environment, rainfall use efficiency and crop biomass under dryland farming. **Scientific Reports**. 6: 1-8, 2016.

WANG, X. et al. Impacts of manure application on soil environment, rainfall use efficiency and crop biomass under dryland farming. **Scientific Reports**, 6: 1-8, 2016.

ZANATTA, J.A. et al. Carbon indices to assess quality of management systems in a Subtropical Acrisol. **Scientia Agricola**, 76:501-508, 2019.

## 6. CONCLUSÃO GERAL

A cama de peru é um resíduo usado como fertilizante com maior frequência em locais próximos a regiões produtoras dessa proteína animal. Entretanto, a sua composição pode variar em função de diversos fatores como número de lotes, quantidade e qualidade da dieta dos animais dentre outros motivos. Apesar de ser um resíduo muitas vezes gerado em larga escala, sua aplicação como fonte de fertilizante, pode substituir a adubação mineral na cultura do milho safrá, especialmente em segundo ano de utilização, ou mesmo ser utilizada junto com fertilizante mineral convencional, sendo desta forma recomendado a sua utilização como fonte de fertilizante.

A utilização de cama de peru ao ser utilizada como fonte de fertilizante, deixa de ser um problema para o meio ambiente tornando uma opção a mais para os produtores em diversas atividades agropecuárias, podem ter benefícios de sua utilização afetando os atributos químicos e físicos do solo, além de fornecer carbono. Em pastagem com *Urochloa decumbens*, a utilização somente de cama de peru como fonte de fertilizante incrementa os teores e estoque de carbono e nitrogênio no solo, bem como suas frações granulométricas, principalmente com maior tempo de adoção com o uso de cama de peru. Incrementa também a qualidade e os estoques de carbono no solo, minimizando, conseqüentemente os impactos ambientais das atividades agrícolas, por fornecer diretamente carbono ao solo e possivelmente de forma indireta, o aumento na produtividade das culturas via parte aérea e sistema radicular.

Outro fator positivo de utilização de cama de peru é sua interferência nos atributos físicos do solo como a redução da densidade e incrementos na macroporosidade, bem como, no aumento da distribuição de agregados maiores do que 2 mm e dmp. Portanto, estes resultados sugerem que o uso da cama de peru melhora a qualidade física do solo, sendo recomendada sua aplicação como alternativa para os produtores rurais em áreas de

pastagem, minimizando os impactos da geração de resíduos provenientes da criação intensiva de aves.