

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

LUARA CRISTINA DE LIMA

Uso contínuo da água residuária de suinocultura em sistemas de produção de *Urochloa*

Uberlândia  
2022

LUARA CRISTINA DE LIMA

Uso contínuo da água residuária de suinocultura em sistemas de produção de *Urochloa*

Tese apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da  
Universidade Federal de Uberlândia, como requisito  
parcial para obtenção do título de Doutor.

Área de Concentração: Ciência do Solo

Orientadora: Profa. Dra. Regina Maria Quintão Lana

Coorientadora: Profa. Dra. Adriane de Andrade Silva

Uberlândia  
2022

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

---

L732u  
2022      Lima, Luara Cristina de, 1987-  
            Uso contínuo da água residuária de suinocultura em sistemas de  
            produção de *Urochloa* [recurso eletrônico] / Luara Cristina de Lima. -  
            2022.

            Orientadora: Regina Maria Quintão Lana.  
            Coorientadora: Adriane de Andrade Silva.  
            Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa  
de Pós-Graduação em Agronomia.  
            Modo de acesso: Internet.  
            Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2023.7003>  
            Inclui bibliografia.

            1. Agronomia. I. Lana, Regina Maria Quintão, 1958-, (Orient.). II.  
Silva, Adriane de Andrade, 1972-, (Coorient.). III. Universidade Federal  
de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU: 631

---

André Carlos Francisco  
Bibliotecário – CRB-6/3408


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br


**ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Tese, 001/2022, PPGAGRO				
Data:	Vinte e cinco de abril de dois mil e vinte e dois	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	12:20
Matrícula do Discente:	11713AGR016				
Nome do Discente:	Luara Cristina de Lima				
Título do Trabalho:	Uso contínuo da água residuária de suinocultura em sistemas de produção de Urochloa.				
Área de concentração:	Solos				
Linha de pesquisa:	Uso e Recuperação de Solos e Resíduos na Agricultura				

Reuniu-se por videofonferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Reginaldo de Camargo - UFU; José Geraldo Mageste da Silva - UFU; Atalita Francis Cardoso - UNICERRADO; Luis Augusto da Silva Domingues - IFTM; Regina Maria Quintão Lana - UFU orientadora da candidata.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dra. Regina Maria Quintão Lana, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

**Aprovado(a).**

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Regina Maria Quintão Lana, Professor(a) do Magistério Superior**, em 25/04/2022, às 13:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Reginaldo de Camargo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 25/04/2022, às 18:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Geraldo Mageste da Silva, Membro de Comissão**, em 25/04/2022, às 19:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Luis Augusto da Silva Domingues, Usuário Externo**, em 26/04/2022, às 07:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Atalita Francis Cardoso, Usuário Externo**, em 26/04/2022, às 11:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3495165** e o código CRC **BF3F9018**.

---

LUARA CRISTINA DE LIMA

Uso contínuo da água residuária de suinocultura em sistemas de produção de *Urochloa*

Tese apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor.

Área de Concentração: Ciência do Solo

Uberlândia, 25 de abril de 2022.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo – Doutor (UFU)

Prof. Dr. José Geraldo Mageste da Silva – Doutor (UFU)

Profa. Dra. Atalita Francis Cardoso – Doutora (UNICERRADO)

Prof. Dr. Luis Augusto da Silva Domingues – Doutor (IFTM)

**DEDICO**

Aos meus filhos, minha razão de viver.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida e não somente nestes anos como estudante, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

A minha mãe e ao meu pai, Vera e Valter, heróis que me deram apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço e apesar de todas as dificuldades contribuíram com meu fortalecimento.

Ao meu esposo, Rodrigo, pelo amor e pelo apoio que sempre me proporciona, compreendendo os momentos de ausência e estresse.

Aos meus filhos, Júlia e Gael, que participam do meu sucesso e são os principais responsáveis pelas minhas escolhas.

Ao meu irmão, Valter, pelo apoio, conselhos e incentivo.

A minha orientadora, Profa. Dra. Regina Maria Quintão Lana, pela orientação e apoio, acreditando no meu potencial.

A minha coorientadora, Profa. Dra. Adriane de Andrade Silva, pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho.

A Universidade Federal de Uberlândia (UFU), seu corpo docente, direção e administração, especialmente aos servidores do ICIAG, pela atenção, apoio e profissionalismo.

A todos os professores, por proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação ao caráter e afetividade da educação ao processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem ensinado, mas por terem feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

A Fapemig, pelo auxílio e apoio concedido, que foi de fundamental importância para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos alunos do curso de graduação de Agronomia, pela ajuda na condução do experimento.



Aos técnicos, funcionários e estagiários do Labas, por todo apoio e ajuda na condução das análises.

Aos estagiários e bolsistas da Fazenda Bonsucesso, pela ajuda e apoio na condução do experimento.

Aos proprietários da Fazenda Bonsucesso e seus colaboradores em especial a Taís, pela ajuda na condução do experimento, e por acreditar no poder da ciência permitindo a instalação e condução da pesquisa sem medir esforços para apoiar.

Aos amigos e colegas da UFU, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

Aos membros da banca de defesa – os professores, Dra. Atalita Francis Cardoso, Dr. José Geraldo Mageste da Silva, Dr. Luis Augusto da Silva Domingues, Dr. Miguel Henrique Rosa Franco, Dr. Reginaldo de Camargo, Dr. Vanderley José Pereira, por aceitarem o convite e contribuírem para a melhoria o aperfeiçoamento deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação e da realização do meu sonho.

Muito obrigada!!!

DE LIMA, LUARA CRISTINA. **Uso contínuo da água residuária de suinocultura em sistemas de produção de *Urochloa***, 2022, 123 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.<sup>1</sup>

## RESUMO

O manejo inadequado de dejetos de suínos pode, potencialmente, causar importantes impactos ambientais, destacando-se a poluição de recursos hídricos. Neste sentido, o uso desses materiais no solo pode representar vantagens, já que possibilita o reaproveitamento de um passivo ambiental como condicionador químico do solo e, ou fonte de nutrientes para as plantas. Não obstante, a dinâmica deste dejetos no solo é complexa, sendo afetada por atributos do solo, incluindo a atividade biológica, propriedades físicas, químicas, do clima e da espécie cultivada na área de destinação. Diante disso, o experimento foi realizado na fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG, em que foi organizado em três capítulos onde, no primeiro avaliou o efeito da aplicação de ARS sobre os parâmetros químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura arenosa em dois sistemas de sistema silvipastoril e em pastagem solteira sob simulação de pastejo, no segundo avaliou as características bromatológicas e nutricionais da *Urochloa decumbens* sob aplicação de água residuária de suinocultura (ARS) em dois sistemas de sistema silvipastoril e em pastagem solteira sob simulação de pastejo e no terceiro avaliou o efeito da aplicação de diferentes doses de ARS na acidez do solo na profundidade de 0 a 20 centímetros no período de quatro anos em uma pastagem de *Urochloa decumbens*. Cada experimento foi analisado individualmente e o delineamento estatístico utilizado para cada experimento foi de blocos casualizados, um fatorial, 5x3x4 para atributos de solo e 5x4 para atributos das plantas, com quatro repetições para a pastagem solteira e cinco repetições para os sistemas silvipastoris. Utilizou-se cinco doses de água residuária de suinocultura: 0 (sem aplicação de ARS), 200, 400, 600 e 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo, os atributos químicos do solo avaliados em três profundidades, 0,0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, e quatro anos consecutivos de aplicação de ARS. Foram avaliados os atributos químicos do solo, pH, Al<sup>3+</sup>, acidez potencial (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>), teores disponíveis dos macronutrientes, P, K, Ca, Mg e S, e micronutrientes, B, Cu, Fe, Zn e Mn, teor de matéria orgânica, CTC efetiva (t), CTC pH 7,0 (T), saturação por bases (V %), saturação por alumínio (m), e soma de base (SB) e as avaliações da *U. decumbens*: teores de macro e micronutrientes na massa seca da parte aérea e os percentuais de FDN, FDA e PB após quatro anos de aplicação. Ao analisar os resultados obtidos recomenda-se a dose de 400

$\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  para a pastagem de *Urochloa decumbens* solteira e os sistemas silvipastoris linha simples e linha dupla.

Palavras-chave: *Corymbia citriodora*, dejetos de suínos, fertirrigação, *Brachiaria*; integração lavoura pecuária, sistema silvipastoril

---

<sup>1</sup>Comitê Orientador: Regina Maria Quintão Lana – UFU (Orientadora) e Adriane de Andrade Silva – UFU (Coorientadora).

LIMA, LUARA CRISTINA DE. **Continuous use of swine wastewater in *Urochloa* production systems**. 2022. 123 f. Thesis (Doctorate in Agronomy/Soils) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brazil.<sup>1</sup>

## ABSTRACT

The inadequate management of swine manure can potentially cause important environmental impacts, especially the pollution of water resources. In this sense, the use of these materials in the soil may represent advantages since it allows the reuse of an environmental liability as a chemical soil conditioner and/or source of nutrients for plants. However, the dynamics of this waste in the soil are complex, being affected by soil attributes, including biological activity, physical and chemical properties, climate, and the species grown in the destination area. Therefore, the experiment was conducted at Bonsucesso Farm, Uberlândia-MG, which was organized into three chapters where, in the first, it evaluated the effect of the application of swine wastewater (SW) on the chemical parameters of a dystrophic Red-Yellow Latosol with sandy texture in two systems: silvipastoral system and single pasture under simulation of grazing. The second evaluated the bromatological and nutritional characteristics of *Urochloa decumbens* under the application of SW in two silvipastoral systems and in single pasture under simulated grazing; and the third evaluated the effect of applying different doses of SW on soil acidity in the depth of 0 to 20 centimeters over a period of four years in a pasture of *Urochloa decumbens*. Each experiment was analyzed individually, and the statistical design used for each experiment was a randomized block design, a factorial 5x3x4 for soil attributes and 5x4 for plant attributes, with four repetitions for the single pasture and five repetitions for the silvipastoral systems. Five doses of swine wastewater were used: 0 (no application of SW), 200, 400, 600 and 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, and the chemical attributes of the soil were evaluated in the three depths 0.0-0.20; 0.20-0.40 and 0.40-0.60 m, and four consecutive years of SW application. The soil chemical attributes pH, Al<sup>3+</sup>, potential acidity (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>), available contents of macronutrients P, K, Ca, Mg and S, and micronutrients B, Cu, Fe, Zn and Mn, organic matter content, effective CEC (t), CEC pH 7.0 (T), base saturation (V %), aluminum saturation (m), and base sum (SB) were evaluated and *U. decumbens*: contents of macro and micronutrients in the dry mass of the aerial part and the percentages of FDN, FDA and PB after four years of application. Analyzing the results obtained, we recommend a dose of 400 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> for the single *Urochloa decumbens* pasture and the single-row and double-row silvipastoral systems.

**Keywords:** *Brachiaria*, crop-livestock integration, *Corymbia citriodora*, fertigation, silvipastoral system, swine manure.

---

Committee Supervisor: Regina Maria Quintão Lana - UFU (Supervisor) and Adriane de Andrade Silva – UFU (Co-Counselor)

## LISTA DE FIGURAS

### CAPITULO I

Figura 1 -	Foto de satélite da vista aérea do local de execução e elaboração dos experimentos na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG	21
Figura 2 -	Precipitação e temperatura média do ar durante o período experimental, Uberlândia – MG	22
Figura 3 -	Croqui do experimento com <i>Urochloa decumbens</i> solteira, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG	24
Figura 4 -	Croqui do experimento com sistema silvipastoril, <i>Corymbia citriodora</i> em linha simples e <i>Urochloa decumbens</i> , Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG	25
Figura 5 -	Croqui do experimento com sistema silvipastoril, <i>Corymbia citriodora</i> em linha dupla e <i>Urochloa decumbens</i> , Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG	26
Figura 6 -	Irrigação da área dos experimentos na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG	27
Figura 7 -	Teores de macronutrientes, P (a) e Ca (b) no solo em uma pastagem de <i>Urochloa decumbens</i> solteira com aplicação de água residuária de suínos (ARS), independente da profundidade a ano de aplicação da ARS, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	31
Figura 8 -	Teores de S no solo em um sistema silvipastoril em linha simples com aplicação de água residuária de suínos (ARS), independente da profundidade a ano de aplicação da ARS, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	37
Figura 9 -	Teores de P no solo no sistema silvipastoril em linha dupla com aplicação de água residuária de suínos (ARS), independente da profundidade do solo e do ano de aplicação da ARS, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	37

### CAPITULO II

Figura 1 -	Foto de satélite da vista aérea do local de execução e elaboração dos experimentos na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG	59
Figura 2 -	Precipitação e temperatura média do ar durante o período experimental, Uberlândia – MG	60

Figura 3 -	Croqui do experimento com <i>Urochloa decumbens</i> solteira, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG	62
Figura 4 -	Croqui do experimento com sistema silvipastoril, <i>Corymbia citriodora</i> em linha simples e <i>Urochloa decumbens</i> , Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG	63
Figura 5 -	Croqui do experimento com sistema silvipastoril, <i>Corymbia citriodora</i> em linha dupla e <i>Urochloa decumbens</i> , Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG	64
Figura 6 -	Irrigação da área dos experimentos na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG	65
Figura 7 -	Teor foliar de K ( $\text{g kg}^{-1}$ ) para doses de ARS independentemente do tipo de sistemas de produção de forrageira após quatro anos consecutivos de aplicação de ARS, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	72

### CAPITULO III

Figura 1 -	Foto de satélite da vista aérea do local de execução e elaboração dos experimentos na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG	97
Figura 2 -	Precipitação e temperatura média do ar durante o período experimental, Uberlândia – MG	98
Figura 3 -	Croqui do experimento com <i>Urochloa decumbens</i> solteira, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG	100
Figura 4 -	Irrigação da área dos experimentos na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG	100
Figura 5 -	Média dos valores de pH para diferentes doses de água residuária de suínos (ARS) em uma área com pastagem de <i>Urochloa decumbens</i> , Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	106
Figura 6 -	Média teores de $\text{Al}^{3+}$ ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) para diferentes doses de água residuária de suínos (ARS) em uma área com pastagem de <i>Urochloa decumbens</i> , Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	110
Figura 7 -	Média da saturação por alumínio (m) para diferentes doses de água residuária de suínos (ARS) em uma área com pastagem de <i>Urochloa decumbens</i> , Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	111

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

Tabela 1 -	Caracterização química do solo da área experimental, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG na implantação do experimento, 2014	22
Tabela 2 -	Teores de micronutrientes e argila no solo da área experimental, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG na implantação do experimento, 2014	23
Tabela 3 -	Caracterização da água residuária da suinocultura, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	28
Tabela 4 -	Teores dos macronutrientes em diferentes profundidades do solo, na pastagem de <i>Urochloa decumbens</i> solteira, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	30
Tabela 5 -	Teores dos macronutrientes em diferentes profundidades do solo, no sistema silvipastoril linha simples, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	34
Tabela 6 -	Teores dos macronutrientes em diferentes profundidades do solo, em quatro anos, no sistema silvipastoril duplo, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	35
Tabela 7 -	Teores dos micronutrientes em diferentes profundidades do solo em uma pastagem de <i>Urochloa decumbens</i> solteira, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	40
Tabela 8 -	Teores dos micronutrientes em diferentes profundidades do solo, em um sistema silvipastoril de linha simples, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	41
Tabela 9 -	Teores dos micronutrientes em diferentes profundidades do solo em um sistema silvipastoril duplo, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	42

### CAPÍTULO II

Tabela 1 -	Caracterização química do solo da área experimental, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG na implantação do experimento, 2014	60
------------	---	----



Tabela 2 -	Teores de micronutrientes e argila no solo da área experimental, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG na implantação do experimento, 2014	61
Tabela 3 -	Caracterização da água residuária da suinocultura, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	66
Tabela 4 -	Teor foliar de N, P, K, Ca, Mg e S em g kg <sup>-1</sup> na braquiária em área de pastagem <i>Urochloa decumbens</i> solteira e sistemas silvipastoris, linha simples e linha dupla, após quatro anos de aplicação de ARS, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	68
Tabela 5 -	Teor foliar de B, Cu, Fe, Mn e Zn em mg kg <sup>-1</sup> nas folhas de braquiária em área de pastagem <i>Urochloa decumbens</i> solteira e sistemas silvipastoris, linha simples e linha dupla, após quatro anos de aplicação de ARS, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	76
Tabela 6 -	Percentual de PB, FDA e FDN nas folhas de braquiária em área de pastagem <i>Urochloa decumbens</i> solteira e sistemas silvipastoris, linha simples e linha dupla, após quatro anos de aplicação de ARS, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	79

### CAPÍTULO III

Tabela 1 -	Caracterização química do solo da área experimental, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG na implantação do experimento, 2014	98
Tabela 2 -	Teores de micronutrientes e argila no solo da área experimental, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG na implantação do experimento, 2014	99
Tabela 3 -	Caracterização da água residuária da suinocultura, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	101
Tabela 4 -	Média dos valores de pH, SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) e teores dos macronutrientes, K, Ca, Mg e Na (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) para diferentes doses de água residuária de suínos (ARS) aplicadas quatro anos consecutivos em uma área com pastagem de <i>Urochloa decumbens</i> , Fazenda Bonsucesso, Uberlândia	103
Tabela 5 -	Média dos valores de CTC efetiva (t) e saturação por alumínio (m) e os teores de Al <sup>3+</sup> e H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) para diferentes doses de água residuária de suínos (ARS) aplicadas quatro anos	108

consecutivos em uma área com pastagem de *Urochloa decumbens*,  
Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

- Tabela 6 - Média do percentual de saturação de bases e do teor de matéria orgânica ( $\text{dag dm}^{-3}$ ) para diferentes doses de água residuária de suínos (ARS) aplicadas quatro anos consecutivos em uma área com pastagem de *Urochloa decumbens*, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia 112
- Tabela 7 - Média dos valores da CTC pH 7,0 (T) ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e das relações K/T, Ca/T, Mg/T e Na/T para diferentes doses de água residuária de suínos (ARS) aplicadas em quatro anos consecutivos em uma área com pastagem de *Urochloa decumbens*, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia 114

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>9</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>12</b>
<b>2. CAPITULO I</b> .....	<b>16</b>
<b>USO PROLONGADO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUÍNOS SOBRE OS ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SOLOS EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1 Introdução</b> .....	<b>19</b>
<b>2.2 Material e Métodos</b> .....	<b>21</b>
<b>2.3 Resultados e discussão</b> .....	<b>30</b>
<b>2.4 Conclusões</b> .....	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>48</b>
<b>3. CAPITULO II</b> .....	<b>55</b>
<b>ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUÍNOS NO DESEMPENHO DE <i>Urochloa decumbens</i> EM DIFERENTES SISTEMAS DE PLANTIO</b> .....	<b>55</b>
<b>3.1 Introdução</b> .....	<b>57</b>
<b>3.2 Material e Métodos</b> .....	<b>59</b>
<b>3.3 Resultados e discussão</b> .....	<b>68</b>
<b>3.4 Conclusões</b> .....	<b>82</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>83</b>
<b>4. CAPÍTULO III</b> .....	<b>93</b>
<b>ACIDEZ DO SOLO DECORRENTE DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA EM ÁREA DE PASTAGEM</b> .....	<b>93</b>
<b>4.1 Introdução</b> .....	<b>95</b>
<b>4.2 Material e Métodos</b> .....	<b>97</b>
<b>4.3 Resultados e discussão</b> .....	<b>103</b>
<b>4.4 Conclusões</b> .....	<b>116</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>117</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A contribuição de suínos e aves para a produção pecuária mundial cresceu consideravelmente nos últimos 50 anos, impulsionada principalmente pelo aumento da demanda na comercialização de alimentos baratos (GERBER et al., 2010). No Brasil, a produção de suínos acompanhou esse crescimento e, o país é o quarto maior produtor e exportador de carne suína do mundo (USDA, 2020). O que fez com que a suinocultura se tornasse uma atividade de grande importância econômica, social e ambiental para o agronegócio brasileiro.

De acordo com MAPA (2016), a criação de suínos produz diariamente 1,6 a 27 litros de água residuária por animal, cujo volume pode variar durante as diferentes fases de manejo, o que pesa negativamente no ponto de vista ambiental, devido à preocupação com o descarte desse dejetos. Como consequência ao volume significativo de dejetos animal produzido pelos grandes plantéis de suínos, faz-se necessário o desenvolvimento de técnicas de minimização, tratamento e destino final dos resíduos gerados (DAL BOSCO et al., 2008), como o uso desse na fertirrigação do solo.

Devido a grande quantidade de nutrientes presentes na água residuária de suínos (ARS), a aplicação desta nos solos agricultáveis tornou-se uma das técnicas utilizadas para o reaproveitamento dos dejetos tratados nos biodigestores, (DAL BOSCO et al., 2008) dado que é uma forma de ciclar e disponibilizar nutrientes as plantas (DAL BOSCO et al., 2008; CERETTA et al. 2005; CAOVIALLA et al., 2005).

O aproveitamento dos dejetos suínos como biofertilizante é uma alternativa para sustentabilidade da produção de forrageiras (MOREIRA et al., 2015). A conservação da água disponível, sua grande disponibilidade, a possibilidade do aporte e da reciclagem de nutrientes e a concorrência para a preservação do meio ambiente são as maiores vantagens do aproveitamento da ARS (VAN DER HOEK et al., 2002).

A ARS quando aplicada na fertirrigação tem potencial de beneficiar as culturas agrícolas na necessidade de água da planta, mas fornecendo também nutrientes essenciais ao seu crescimento, e conseqüentemente o aumento da produtividade e da qualidade dos produtos colhidos, a redução da poluição ambiental e dos custos de produção, como demonstraram Prior et al. (2015), Fia et al. (2015), Batista et al. (2014) e Barros et al. (2005).

Todavia, pesquisas relacionadas a aplicação de ARS são realizadas constantemente em diferentes culturas e solos, a fim de estudar a capacidade limitada do solo em absorver nutrientes, facilitando a percolação e lixiviação, e conseqüentemente a

poluição dos corpos d'água (BERTO, 2004; SEGANFREDO, 1999). Diversos trabalhos em diferentes culturas demonstram a eficiência da aplicação da água residuária na fertilização do solo, como Ciancio (2010) que observou que o uso de ARS melhorou a produtividade de grãos de feijão e milho, produção de massa seca de aveia-preta e sorgo forrageiro e o acúmulo de nutrientes nas plantas. Brunetto et al. (2012) avaliando a aplicação de ARS, observaram também uma melhoria de atributos físicos, físico-químicos, químicos e biológicos do solo.

Na busca por manejos sustentáveis, observa-se que sistemas silvipastoris possibilitam o consórcio de espécies florestais e áreas de pastagens, recompondo sistemas degradados de forrageiras. Assim, o uso de ARS nesses sistemas podem representar um avanço uma vez que são culturas de elevada absorção de nutrientes e que não são consumidas diretamente pelos homens, sendo seguro a aplicação de dejetos nessas culturas.

Diversas técnicas vêm sendo utilizadas para minimizar esse impacto causado pelo uso intensivo do solo, dentre as técnicas tem-se os sistemas agroflorestais (SAF's), que consiste na criação de animais e o plantio de espécies florestais e agrícolas em uma mesma área e no mesmo tempo. Como exemplo de SAF's, o sistema silvipastoril (SSP), constitui no cultivo de árvores e pastagem em uma mesma área manejados de forma integrada sendo um modo de manejo sustentável da terra, por otimizar o uso da terra e a rentabilidade do empreendimento (MOREIRA; MOZZER, 2009).

A área de pastagens no Brasil atingiu, em 2017, cerca de 150 milhões de hectares (IBGE, 2021). E o uso intensivo do solo, sem manejo adequado, resulta na sua compactação, diminuição do volume e estabilidade dos agregados, formando uma crosta superficial que reduz a infiltração, a penetração radicular, e conseqüentemente a cobertura vegetal (MANZATTO et al. 2002).

A compatibilização da produção florestal com a agropecuária desperta interesse principalmente devido aos altos custos de implantação e manutenção de florestas e a crescente exigência quanto a aspectos ambientais nos processos produtivos na agricultura e pecuária (MACEDO et al., 2006), sendo importante a utilização de técnicas que reduzem os gastos de manejo, como o uso de ARS para fertilização do solo.

A maioria das informações sobre o uso da ARS na fertilização do solo limitam-se as respostas de algumas espécies, aos estudos sobre doses (SCHERER et al., 2010; SCHERER; NESI, 2007; KONZEN, 2000). Existem poucas pesquisas para o estudo do efeito cumulativo do uso prolongado de dejetos sobre características do solo, acúmulo de

nutrientes ou perda destes por escoamento superficial ou por lixiviação (BERWANGER, 2006).

O estabelecimento de estratégias para corrigir distorções nos sistemas de produção, visando à maior sustentabilidade ambiental, está relacionado ao conhecimento da dinâmica de elementos no solo, onde se utilizam dejetos de suínos como fertilizante, possibilitando assim estabelecer estratégias para corrigir distorções nos sistemas de produção (SCHERER et al., 2010). Embora a literatura internacional seja relativamente ampla sobre a utilização de dejetos de suínos como fertilizante e seu possível impacto ambiental, o acervo brasileiro é ainda bastante limitado (SCHERER et al., 2010). Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar os atributos químicos do solo, as características bromatológicas e nutricionais e a produção da *Urochloa decumbens* sob aplicação de água residuária de suinocultura (ARS) em dois sistemas silvipastoris e em pastagem solteira sob simulação de pastejo, submetido a diferentes lâminas ao longo de quatro anos.

Neste sentido, o presente trabalho foi organizado em três capítulos onde, no primeiro avaliou o efeito da aplicação de ARS sobre os parâmetros químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura arenosa, no segundo avaliou as características bromatológicas e nutricionais da *Urochloa decumbens* sob aplicação de água residuária de suinocultura (ARS) em dois sistemas de sistema silvipastoril e em pastagem solteira sob simulação de pastejo e no terceiro avaliou o efeito da aplicação de diferentes doses de ARS na acidez do solo na profundidade de 0 a 20 centímetros no período de quatro anos em uma pastagem de *Urochloa decumbens*.

## REFERÊNCIAS

BARROS, F. M.; MARTINEZ, M. A.; MATOS, A. T. D.; NEVES, J. C.; SILVA, D. D. D. Nitrogênio orgânico mineralizável em solo tratado com água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 146-149, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v9nsupp146-149>. Acesso em: 12 ago. 2021

BATISTA, R. O.; MARTINEZ, M. A.; PAIVA, H. N. D.; BATISTA, R. O.; CECON, P. R. O efeito da água residuária da suinocultura no desenvolvimento e qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, p. 127-135, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509813330>. Acesso em: 12 ago. 2021

BERTO, J.L. **Balanço de nutrientes em uma sub-bacia com concentração de suínos e aves como instrumento de gestão ambiental**. 2004. 196 f. Tese (Doutorado em Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5389>. Acesso em: 20 set. 2021

BERWANGER, A.L. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com aplicação de dejetos líquidos de suínos**. 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/5493>. Acesso em: 13 abr. 2021

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Suinocultura de Baixo Carbono** - Tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de suínos. Brasília: MAPA. 2016. 96 p.

BRUNETTO, G.; COMIN, J.J.; SCHMITT, D.E.; GUARDINI, R.; MEZZARI, C.P.; OLIVEIRA, B.S.; MORAES, M.P.; GATIBONI, L.C.; LOVATO, P.E.; CERETTA, C.A. Changes in soil acidity and organic carbon in an sandy typic hapludalf after medium-term pig-slurry and deep-litter application. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1620-28, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000500026>. Acesso em: 10 ago. 2021

CAOVILLA, F.A.; SAMPAIO, S.C.; PEREIRA, J.O.; VILAS BOAS, M.A.; GOMES, B.M.; FIGUEIREDO, A.C. Lixiviação de nutrientes provenientes de águas residuárias em colunas de solo cultivado com soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**

**Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 283-7, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v9nsupp283-287>. Acesso em: 12 ago. 2021

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; VIEIRA, F.C.B.; HERBES, M.G.; MOREIRA, I.C.L.; BERWANGER, A.L. Dejeito líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1.296-1.304, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/H6qNh9Cky9jDgrbR4wrjMKK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 ago. 2021

CIANCIO, N.H.R. **Produção de grãos, matéria seca e acúmulo de nutrientes em culturas submetidas à adubação orgânica e mineral**. 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/5514> . Acesso em: 12 fev. 2022

DAL BOSCO, T. C.; SAMPAIO, S. C.; OPAZO, M. A.; GOMES, S. D.; NÓBREGA, L. H. Aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja: cobre e zinco no material escoado e no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 699-709, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/NBdCxqTvM4XCV86P4gKkdyS/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 out. 2021

FIA, R.; VILAS BOAS, R. B.; CAMPOS, A. T. C.; FIA, R. L.; De SOUZA, E. G. Remoção de nitrogênio, fósforo, cobre e zinco de águas residuais de suinocultura por capim-bermuda e taboa em sistemas de áreas úmidas construídas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 112-113, jan./fev. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000100013>. Acesso em: 12 ago. 2021

GERBER, P. J.; VELLINGA, T. V.; STEINFELD, H. Issues and options in addressing the environmental consequences of livestock sector's growth. **Meat Science**, Barking, v. 84, n. 2, p. 244-247, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.10.016>. Acesso em: 12 ago. 2021.

Instituto Brasileira de Geografia e Estatística - IBGE. **Sidra**: Censo agropecuário. Rio de Janeiro, 2021. Portal. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=861&z=p&o=2&i=P>. Acesso em: 03 dez. 2021.

KONZEN, E.A. **Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção**. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 32p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos). Disponível em:



<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/484473>. Acesso em: 30 set. 2021.

MACEDO, R. L. G.; BEZERRA, R. G.; VENTURIN, N.; VALE, R. S. D.; OLIVEIRA, T. K. D. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agronômicas de milho cultivados em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 701-709, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000500003>. Acesso em: 03 dez. 2021.

MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J. R. R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.

MOREIRA, E. D. S.; FERNANDES, L. A.; COLEN, F.; CRUZ, L. R. Características agronômicas e produtividade de milho e milheto para silagem adubados com biofertilizante suíno sob irrigação. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 72, n. 3, p. 185-192, 2015. DOI: <https://doi.org/10.17523/bia.v72n3p185>. Acesso em: 03 ago. 2021.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; MOZZER, G. B. **Aspectos institucionais econômicos de atividades de florestamento/ reflorestamento sob o âmbito de mecanismo de desenvolvimento limpo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 39 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081; 257). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/697559/1/doc257.pdf>. Acesso em 21 nov. 2021.

PRIOR, M.; SAMPAIO, S. C.; NÓBREGA, L. H.; DIETER, J.; COSTA, M. S. D. M. Estudo da associação de água residuária de suinocultura e adubação mineral na cultura do milho e no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, p. 744-755, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p744-755/2015>. Acesso em: 14 abr. 2021.

SCHERER, E.E.; NESI, C.N. Sistemas de preparo do solo, doses e fontes de adubo nitrogenado na produtividade de milho. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 20, n. 2, p. 67-71, 2007. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/RAC/article/view/892>. Acesso em: 14 abr. 2021.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1375-1383,

2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400034>. Acesso em: 14 abr. 2021.

SEGANFREDO, M. A. Os dejetos de suínos são um fertilizante ou um poluente do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 16, n. 3, p. 129-141, 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct1999.v16.8907>. Acesso em: 14 abr. 2021.

United States Department of Agriculture – USDA. **Brazil: Livestock and Products** Semi-annual. Brasília, DF, 2020. Portal. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/brazil-livestock-and-products-semi-annual-4>. Acesso em 10 de janeiro de 2022.

VAN DER HOEK, W.; HASSAN, M. U.; ENSINK, J. H.; FEENSTRA, S.; RASCHID-SALLY, L.; MUNIR, S.; MATSUNO, Y. **Urban wastewater**: a valuable resource for agriculture: A case study from Haroonabad, Pakistan. Lanka: International Water Management Institute, 2002. p. 29. (Research Report; 63).

## 2. CAPITULO I

### USO PROLONGADO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUÍNOS SOBRE OS ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SOLOS EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO

#### RESUMO

O agronegócio brasileiro tem se desenvolvido pela adoção de tecnologias e buscando integrar os sistemas de produção para obtenção de maior sustentabilidade. Os dejetos de suínos vêm se tornando uma preocupação visto o grande volume de produção e o seu grau de poluição quando descartado inadequadamente no ambiente, sendo assim torna-se necessário o estudo de técnicas que melhorem o aproveitamento desses, como o uso na fertilização do solo. Diante disso, o experimento foi conduzido na fazenda Bonsucesso, em Uberlândia - MG, com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de água residuária de suínos (ARS) sobre os parâmetros químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura arenosa sob três tipos de sistemas de produção e estimar uma dose viável economicamente e/ou tecnicamente para utilização. Foi avaliado três experimentos, sendo o primeiro com pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, e dois sistemas silvipastoris, um com *Corymbia citriodora* em linha simples e outro com *Corymbia citriodora* em linha dupla, estes consorciados com pastagens de *U. decumbens* entre as linhas de *Corymbia*. Cada experimento foi analisado individualmente e o delineamento estatístico utilizado para cada experimento foi de blocos casualizados com quatro repetições para a pastagem solteira e cinco repetições para os sistemas silvipastoris. Utilizou-se doses de ARS, 0 (sem aplicação de ARS), 200, 400, 600 e 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo avaliados em três profundidades, 0,0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, e quatro anos consecutivos de aplicação de ARS, 2015, 2016, 2017 e 2018. Avaliou-se os macronutrientes, P, K, Ca, Mg e S, e os micronutrientes, B, Cu, Mn, Zn e Fe. Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando para a comparação de médias, o teste de Regressão a 5% de significância para as doses de ARS e o teste de Tukey a 5% de significância para a avaliação dos anos consecutivos de aplicação de ARS e da profundidade do solo. Para os três sistemas, pastagem com *Urochloa decumbens* solteira e os silvipastoris com linha simples e dupla, a aplicação consecutiva de ARS durante quatro anos promove uma variação nos teores de macro e micronutrientes do solo para as profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. A partir dos resultados recomenda-se

a dose de  $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para a pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, e os sistemas silvipastoris simples e duplo.

**Palavras-chave:** *Corymbia citriodora*, dejetos de suínos, sistemas silvipastoris, *Urochloa decumbens*

## ABSTRACT

Brazilian agribusiness has developed by adopting technologies and seeking to integrate production systems to obtain greater sustainability. Swine waste has become a concern due to the large volume of production and its degree of pollution when improperly disposed of in the environment, thus making it necessary to study techniques that improve its use, such as in soil fertilization. Therefore, the experiment was conducted on the Bonsucesso Farm, in Uberlândia - MG, with the objective of evaluating the effect of the application of swine wastewater (SW) on the chemical parameters of a dystrophic Red-Yellow Latosol with sandy texture under three types of production systems and estimate an economically and/or technically feasible dose for use. Three experiments were evaluated, the first with a single *Urochloa decumbens* pasture, and two silvipastoral systems, one with *Corymbia citriodora* in a single row and the other with *Corymbia citriodora* in a double row, these consorted with *U. decumbens* pasture between the rows of *Corymbia*. Each experiment was analyzed individually and the statistical design used for each experiment was a randomized block design with four repetitions for the single pasture and five repetitions for the silvipastoral systems. The SW doses used were 0 (no SW application), 200, 400, 600 and  $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ , being evaluated at the three depths 0.0-0.20; 0.20-0.40 and 0.40-0.60 m, and four consecutive years of ARS application, 2015, 2016, 2017 and 2018. The macronutrients P, K, Ca, Mg and S, and the micronutrients B, Cu, Mn, Zn and Fe, were evaluated. The data were submitted to the analysis of variance, using for the comparison of means the Regression test at 5% significance for the doses of SW, and the Tukey test at 5% significance for the evaluation of consecutive years of SW application and soil depth. For the three systems, pasture with *Urochloa decumbens* and the silvipastoral systems with single and double row, the consecutive application of SW for four years promotes a variation in the soil macro and micronutrient contents for the depths of 0-0.20; 0.20-0.40 and 0.40-0.60 m. From the

results, we recommend a dose of  $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$  for the single *Urochloa decumbens* pasture, and the single and double silvipastoral systems.

**Keywords:** *Corymbia citriodora*, forest pasture systems, swine manure, *Urochloa decumbens*.

## 2.1 Introdução

A contaminação de águas superficiais e subterrâneas por compostos orgânicos, nutrientes e microrganismos entéricos; alterações das características físicas, químicas e biológicas dos solos; poluição atmosférica provocada pela emissão de gases prejudiciais e a presença de insetos são as principais consequências de degradação ambiental decorrentes da atividade das águas residuárias (SARDÁ et al., 2010). Sendo necessárias alternativas tecnológicas que reduzam esses impactos ambientais negativos provocado pelas águas residuárias geradas pela suinocultura para que assim ocorra a expansão sustentável da atividade no Brasil (BATISTA et al., 2017).

Sob o aspecto agrônomo, as águas residuárias fornecem nutrientes ao solo, tais como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), entre outros, essenciais para o crescimento e desenvolvimento de diversas culturas (SILVA, 2017). A água residuária da suinocultura (ARS) apresenta elevado potencial fertilizante para o solo, possibilitando o aporte e a reciclagem de nutrientes para as plantas, conforme relatado por Bastos (2016).

A fertirrigação com águas residuárias constitui uma técnica viável para reciclar resíduos gerados no setor de produção, reduzindo custos com fertilizantes minerais (JORGE et al., 2017). Sendo a ARS considerada uma fonte de adubação orgânica importante, que requer monitoramento no perfil do solo, a fim de garantir sustentabilidade agrícola e ambiental (SILVA et al., 2018).

Cerca de 67% do N, 33% do P e 100 % do K presentes na ARS encontram-se prontamente assimilável para as plantas (GOMES FILHO et al., 2001). E, os nutrientes, podem ser disponibilizados ao longo do tempo com a decomposição da matéria orgânica (MO) (SMANHOTTO et al., 2010). A MO aumenta a capacidade de troca catiônica (CTC) e melhora a estruturação do solo, devido ao aumento da porosidade deste, e consequentemente proporcionando o aumento da taxa de infiltração e do armazenamento de água no solo e a redução dos riscos de encrostamento superficial e da alteração do pH do solo (BAUMGARNTER et al., 2007).

Todavia, é necessário destacar que a ARS contém, simultaneamente aos minerais essenciais, vários minerais que se encontram em proporções desequilibradas em relação à capacidade de absorção das plantas e do solo, diferentemente dos fertilizantes químicos que são formulados especificamente para cada tipo de cultura e de solo. Portanto, o uso prolongado, e/ou excessivo, pode resultar em desequilíbrios químicos, físicos e

biológicos do solo, os quais podem afetar diretamente a exploração agrícola na região (PRIOR et al., 2015).

Os nutrientes contidos na ARS, na maioria dos casos, se encontram em desbalanço em relação à demanda das forrageiras. Porém, quando em excesso, alguns elementos, como o Na, podem se tornar tóxicos (SOUZA et al., 2019). Este, quando em cargas excessivas, causa o selamento do solo e compromete seus aspectos físicos através do entupimento dos macroporos superficiais, favorecendo perdas horizontais dos demais nutrientes, especialmente o P (MATOS et al., 2014). Sendo, necessário o monitoramento dos parâmetros químicos do solo sob cultivo, evitando cargas excessivas de determinados nutrientes que contribuirão para danos ambientais, tais como contaminação do solo, perda de produtividade das pastagens e eutrofização dos leitos dos rios (ALMEIDA NETO et al., 2017; HOMEM et al., 2014; SOUZA et al., 2019).

Entretanto, são escassas as informações sobre as doses de ARS aplicadas em áreas de cultivo na região do cerrado, sendo importante o monitoramento dos parâmetros químicos do solo sob cultivo. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito cumulativo da aplicação de ARS sobre os parâmetros químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico com textura arenosa sob três tipos de sistemas de cultivo de pastagens assim como estimar uma dose ótima para utilização da ARS dentro de cada sistema.

## 2.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em campo no período de dezembro de 2014 a dezembro de 2019, em área localizada na fazenda Bonsucesso na rodovia Uberlândia – Campo Florido (MGC – 455) km 20, no município de Uberlândia – MG, nas coordenadas geográficas de latitude 19°06'04"S, longitude 48°22'10"W e altitude média de 815 metros (Figura 1).

**Figura 1.** Foto de satélite da vista aérea do local de execução e elaboração dos experimentos na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG

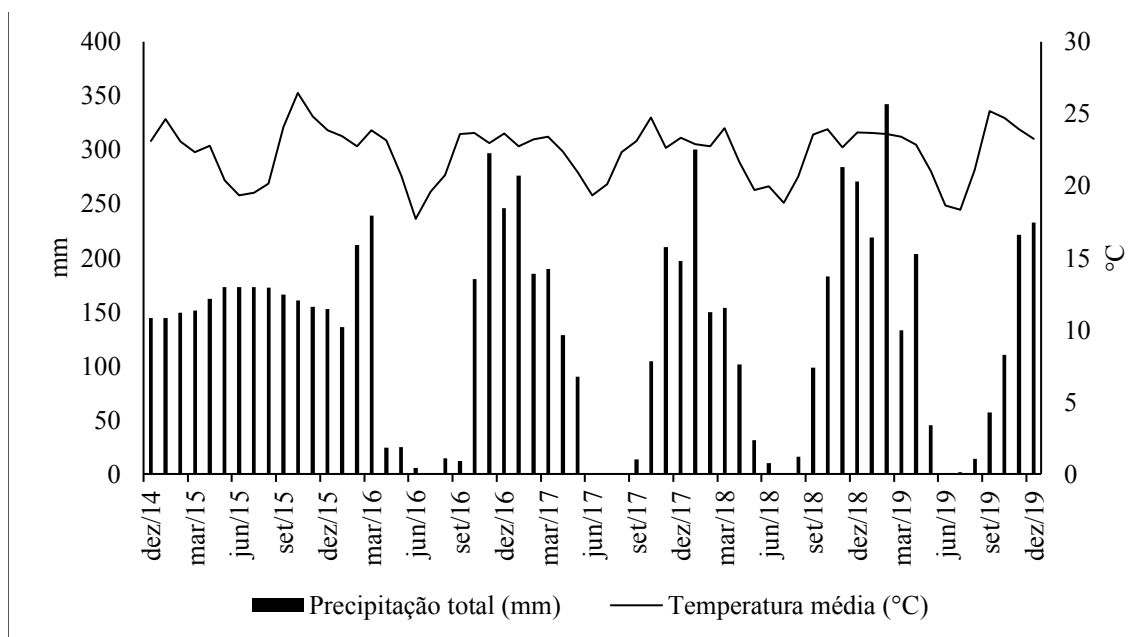


Fonte: Google Earth, 2022

O clima da região foi classificado pelo método de Köppen, como Aw, tropical quente e úmido, com inverno frio e seco (BECK et al. 2018). A precipitação anual média é de 1606 mm e a temperatura média anual é de 21,5 °C (ROLIM; APARECIDO, 2016). Os dados climáticos foram coletados no Laboratório de Climatologia e Meteorologia Ambiental - CLIMA - ICIAG – UFU localizada na Fazenda Experimental Água Limpa, Universidade Federal de Uberlândia, na rodovia Uberlândia – Campo Florido (MGC – 455) km 12, no município de Uberlândia – MG, nas coordenadas geográficas de latitude 19°05'22,5"O, longitude 48°21'30"S do período experimental e encontram-se na Figura 2.



**Figura 2.** Precipitação e temperatura média do ar durante o período experimental, Uberlândia – MG.



O experimento foi implantado sob uma área de cerrado, já estabelecida com pastagem de *Urochloa decumbens* (syn *Brachiaria decumbens*). O solo foi classificado, segundo critérios estabelecidos por Santos et al. (2018), como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico típico, com horizonte A moderado. Antes da instalação do experimento realizou-se a coleta de solo e a análise química nas profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, para fins de averiguar a fertilidade e os atributos químicos do solo (Tabela 1 e Tabela 2). Foi também determinada a textura do solo, que obteve classificação como textura arenosa, composta por 31,0% de areia grossa, 48,8% de areia fina, 8,8% de silte e 11,4% de argila.

**Tabela 1.** Caracterização química do solo da área experimental, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG na implantação do experimento, 2014.

Prof. m	pH H <sub>2</sub> O	P ---mg dm <sup>-3</sup> --	K	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al <sup>3+</sup>	SB	T	V	m	M.O.
										--- % ---		--dag kg <sup>-1</sup> --
0-0,20	5,7	9,6	29	0,0	0,9	0,5	1,8	1,47	3,27	45	0	1,7
0,20-0,40	5,7	3,3	15	0,0	0,7	0,2	1,8	0,94	2,74	34	0	0,7
0,40-0,60	5,4	1,3	13	0,3	0,5	0,2	1,6	0,73	2,33	31	29	0,8

P, K = (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>); P disponível (extrator Mehlich<sup>-1</sup>); Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); H+Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); SB = Soma de Bases; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio. Argila: Método da pipeta. M.O. = Matéria Orgânica pelo Método Colorimétrico. (TEIXEIRA et al., 2017).

**Tabela 2.** Teores de micronutrientes e argila no solo da área experimental, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG na implantação do experimento, 2014.

<b>Prof.</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
m	----- mg dm <sup>-3</sup> -----				
0-0,20	0,11	0,8	36	3,6	1,2
0,20-0,40	0,07	0,8	23	1,8	0,5
0,40-0,60	0,07	0,6	16	1,4	0,1

B = (BaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O 0,0125% à quente); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol L<sup>-1</sup> + TEA 0,01 mol<sup>-1</sup> + CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> a pH 7.3) (TEIXEIRA et al., 2017).

De acordo com Ribeiro et al. (1999), o pH do solo nas três profundidades, 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, está em nível bom, com acidez classificada como média, não sendo necessário realizar a correção da acidez do solo. O magnésio (Mg) nas três profundidades, encontrava-se com os teores considerados médios. Os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), nas três profundidades, encontravam-se baixo. O ferro (Fe) foi classificado como adequado e o cobre (Cu) nas três profundidades e o zinco (Zn) na profundidade de 0-0,20 m, encontravam-se com os teores considerados médios. O boro (B) e o manganês (Mn) nas três profundidades e o Zn nas profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, encontravam-se baixo. A acidez potencial (H<sup>+</sup>Al<sup>3+</sup>), o teor de matéria orgânica (MO), soma de bases (SB) e CTC total (T) foram classificados como baixa. Já a saturação de bases (V) na profundidade de 0-0,20 m foi classificada como média e nas profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, encontravam-se baixo (Tabela 1 e 2).

Cada experimento foi implantado individualmente, formando três diferentes sistemas de produção de forrageira, um com a forrageira solteira e dois em sistemas agroflorestais (SAF's).

1º experimento: Pastagem de *Urochloa decumbens* solteira. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial, 3x4x5 com quatro repetições, em que o primeiro fator constituiu de três profundidades do solo, o segundo fator constituiu de quatro anos de aplicação de ARS, e o terceiro fator constituiu de cinco doses de ARS. As profundidades foram, 0 – 0,20, 0,20 – 0,40 e 0,40 – 0,60 m, os quatro anos de aplicação de ARS, foram 2015, 2016, 2017 e 2018 e as doses de ARS foram 0 (sem aplicação de ARS) e, 200, 400, 600 e 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. As parcelas do experimento foram de 4 metros de comprimento por 4 metros de largura, com uma área de 16 m<sup>2</sup> por parcela (Figura 3).

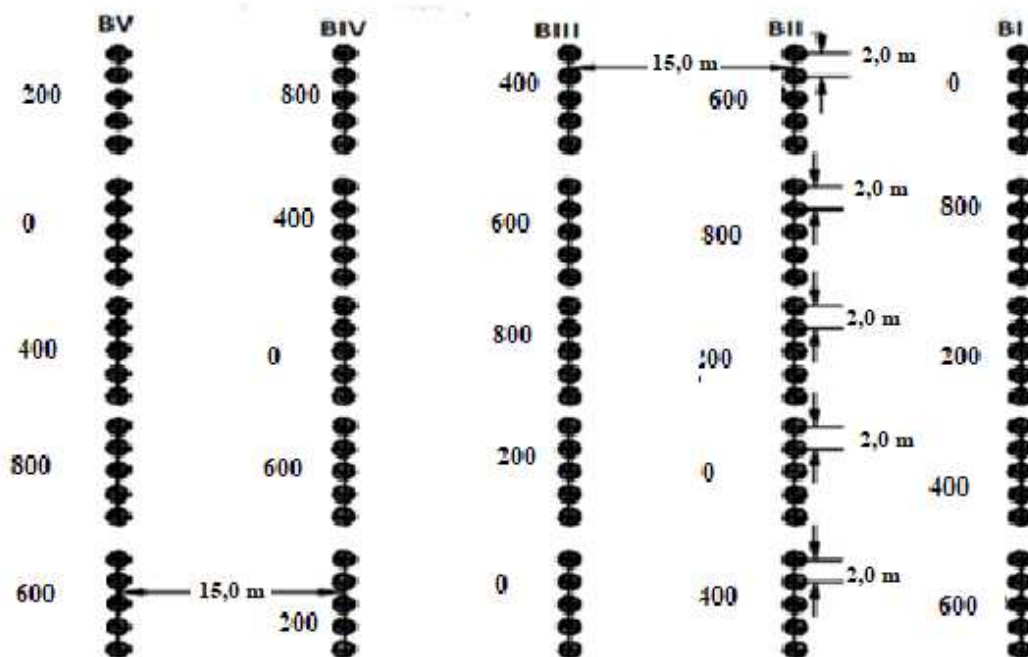
**Figura 3.** Croqui do experimento com *Urochloa decumbens* solteira, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG

BIV	BIII	BII	BI	
400	800	600	200	
0	600	400	800	
200	0	200	400	
600	400	0	600	
800	200	800	0	4,00m
				4,00m

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

2º experimento: Sistema silvipastoril, *Corymbia citriodora* em linha simples e *Urochloa decumbens*. O espaçamento utilizado no plantio em linhas simples foi de 2 metros entre plantas e 15 metros entre as linhas simples. Na entrelinha, manteve-se a pastagem de *Urochloa decumbens*. As parcelas constituíam de 10 metros de comprimento, contendo 5 plantas em cada linha, totalizando 5 plantas na parcela, por 3 metros de largura, com uma área de 30 m<sup>2</sup> por parcela (Figura 4). O plantio das mudas de *Corymbia citriodora* foi realizado no mês de dezembro de 2014, com sistema em linhas simples.

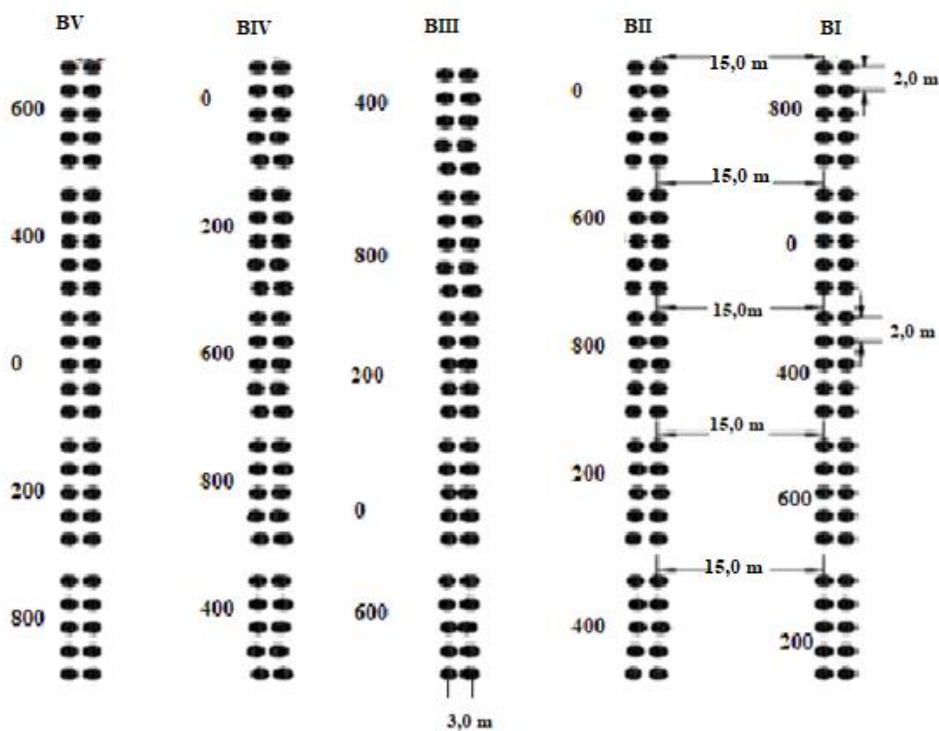
**Figura 4.** Croqui do experimento com sistema silvipastoril, *Corymbia citriodora* em linha simples e *Urochloa decumbens*, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

3º experimento: Sistema silvipastoril, *Corymbia citriodora* em linha dupla e *Urochloa decumbens*. O espaçamento utilizado no plantio de citriodora em linhas duplas foi de 2 metros entre plantas na linha mais 3 metros entre linhas e 15 metros entre as linhas duplas. Nas entrelinhas da citriodora manteve-se a pastagem de *Urochloa decumbens*. As parcelas constituíram de 10 metros de comprimento, contendo 5 plantas em cada linha simples, totalizando 10 plantas na parcela, por 6 metros de largura, com uma área de 60 m<sup>2</sup> por parcela (Figura 5).

**Figura 5.** Croqui do experimento com sistema silvipastoril, *Corymbia citriodora* em linha dupla e *Urochloa decumbens*, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

No segundo e terceiro experimento, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial,  $3 \times 4 \times 5$ , com cinco repetições, em que o primeiro fator constituiu de três profundidades do solo, o segundo fator constituiu de quatro anos de aplicação de ARS, e o terceiro fator constituiu de cinco doses de ARS. As profundidades foram, 0 – 0,20, 0,20 – 0,40 e 0,40 – 0,60 m, os quatro anos de aplicação de ARS, foram 2015, 2016, 2017 e 2018 e as doses de ARS foram 0 (sem aplicação de ARS) e, 200, 400, 600 e  $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

Para implantação dos desenhos experimentais dos dois sistemas silvipastoris, linha simples e linhas duplas, dois meses antes do plantio das mudas de *Corymbia citriodora* foi realizado o controle de formigas da área experimental e num raio de aproximadamente 200 m nas áreas adjacentes. O plantio das mudas de *Corymbia citriodora* foi realizado no mês de dezembro de 2014. O sulcamento da linha de plantio foi realizado com sulcador a uma profundidade de 40 cm.

A adubação de plantio e cobertura para o *Corymbia* foi realizada de acordo com a análise de solo e necessidade da planta, segundo (RIBEIRO et al., 1999). No plantio das mudas, foram utilizados  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de superfosfato simples (18% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), aplicados na

linha de plantio e a adubação de cobertura com 0,15 kg por planta do formulado 20-00-20, aos 90 e 150 dias após o plantio. O controle de plantas infestantes na área dos sistemas silvipastoril foi realizada na projeção da copa, com a capina manual, aos 60, 120 e 180 dias após o plantio, respectivamente, em uma faixa de 80 cm sobre a linha de plantio.

O sistema de irrigação (Figura 6) para aplicação da ARS foi instalado no mês de fevereiro de 2015. A irrigação foi feita por aspersão, em que antes de todas as aplicações era realizado o teste de vazão, de acordo com as doses utilizadas. A ARS utilizada em todo o período do experimento foi proveniente da suinocultura da fazenda Bonsucesso, com plantel de 6.000 suínos na fase de engorda, gerando um volume médio de 110 m<sup>3</sup> de ARS por dia. Os dejetos são manejados com biodigestor de manta de PVC e lagoa de estabilização, ficando armazenados por aproximadamente 20 dias.

**Figura 6.** Irrigação da área dos experimentos na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG



**Fonte:** Faria, 2015

Foram coletadas amostras da ARS antes das aplicações, para caracterização química segundo Teixeira et al. (2017) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Caracterização da água residuária da suinocultura, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia.

Determinação	Unidade	Média das aplicações
pH	%	7,27
Densidade	%	1,00
Matéria orgânica	%	0,74
Carbono orgânico	%	0,41
Nitrogênio (N) total	%	0,32
Relação Carbono/Nitrogênio	%	1,56
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) total	%	0,07
Potássio (K <sub>2</sub> O) sol. em água	%	0,3
Cálcio (Ca)	%	0,6
Magnésio (Mg)	%	0,07
Sódio (Na)	mg L <sup>-1</sup>	400
Boro (B)	mg L <sup>-1</sup>	0,12
Cobre (Cu)	mg L <sup>-1</sup>	8,7
Ferro (Fe)	mg L <sup>-1</sup>	13,6
Níquel (Ni)	mg L <sup>-1</sup>	ns
Manganês (Mn)	mg L <sup>-1</sup>	16
Zinco (Zn)	mg L <sup>-1</sup>	6,3

Durante os quatro anos de aplicação de ARS, foram avaliadas as seguintes variáveis: teor de macronutrientes, P, K, Ca, Mg e S, e de micronutrientes, B, Cu, Fe, Zn e Mn, em diferentes profundidades, 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m.

As doses de água residuária de suinocultura (ARS) foram divididas igualmente em duas aplicações, sendo aplicadas na época das águas, de outubro a março e na época das secas, de abril a setembro, durante os quatro anos de aplicação de ARS. A aplicação nos três experimentos foi realizada em área total.

Durante os quatro anos de experimento, coletou-se três amostras simples para compor uma amostra composta na parcela útil, utilizando um trado do tipo sonda, nas profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, um mês após a aplicação de ARS da época das águas, a fim de avaliar as propriedades químicas do solo. Após a coleta, as amostras de solos foram homogeneizadas e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 45°C durante 48h, caracterizadas como terra fina seca em estufa (TFSE), trituradas com uso de destorroador manual, passando por peneira de 2 mm de diâmetro para remover os torrões e impurezas. As análises químicas para os macronutrientes, P, K,

Ca, Mg e S, e os micronutrientes, B, Cu, Fe, Zn e Mn, foram realizadas com base na metodologia da Teixeira et al. (2017).

Os resultados foram primeiramente submetidos aos testes de pressuposições, homogeneidade, heterogeneidade e aditividade, a fim de avaliar a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias, respectivamente. Após isso, os dados foram submetidos à análise de variância. Para a avaliação dos efeitos das doses de ARS, utilizou-se regressões polinomiais a 5% de significância e para a avaliação dos anos de aplicação de ARS e da profundidade do solo, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o aplicativo R (R CORE TEAM, 2018).



### 2.3 Resultados e discussão

Para a área com pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, a interação fatorial entre os anos de aplicação de ARS e as profundidades do solo interferiu nos teores do S e Mg no solo, independente da dose de ARS utilizada. Os anos de aplicação de ARS e as profundidades do solo interferiram nos teores dos macronutrientes, P, K, no solo, porém a interação entre esses fatores não afetou a concentração desses nutrientes. Os teores de Ca sofreram interferência somente pelos anos de aplicação de ARS (Tabela 4).

**Tabela 4.** Teores dos macronutrientes em diferentes profundidades do solo, na pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

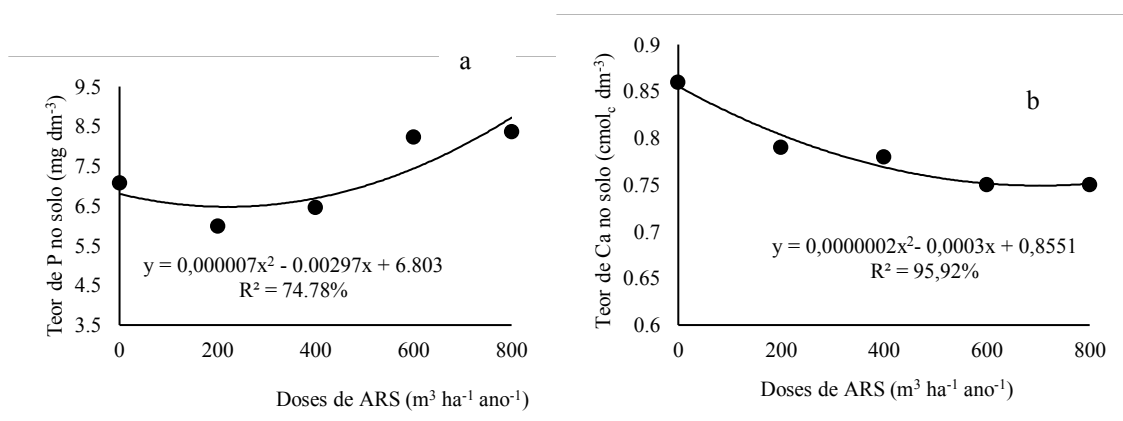
Anos de aplicação da ARS	Profundidade (m)											
	P (mg dm <sup>-3</sup> )				K (mg dm <sup>-3</sup> )				S (mg dm <sup>-3</sup> )			
	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média
Ano 1 (2015)	2,9	2,5	4,9	3,5B	68,0	47,2	30,0	48,39B	12,7Ba	13,3Ca	16,6Ca	14,2
Ano 2(2016)	9,6	8,6	9,2	9,1A	71,2	45,2	36,6	51,01B	18,3Ba	23,7Ba	23,6Ba	21,9
Ano 3 (2017)	6,2	4,5	4,5	5,1B	99,5	58,8	51,4	69,91A	13,7Ba	15,2BCa	12,1BCa	13,6
Ano 4 (2018)	5,5	5,7	5,5	5,6B	27,7	18,1	15,2	20,32C	35,6Ab	37,2Aab	46,9Aa	39,9
<b>Média</b>	6,1a	5,3b	6,0b		66,0a	42,3b	33,3b		20,1	22,4	24,8	
	<sup>1</sup> KS = <b>0,385</b> F <sub>levене</sub> = <b>0,095</b> F <sub>aditividade</sub> = <b>0,063</b>				<sup>1</sup> KS= <b>0,636</b> F <sub>levене</sub> = <b>1,592</b> F <sub>aditividade</sub> = <b>0,106</b>				<sup>1</sup> KS= <b>1,563</b> F <sub>levене</sub> = <b>0,016</b> F <sub>aditividade</sub> = <b>0,736</b>			
Anos de aplicação da ARS	Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )							
	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média				
Ano 1 (2015)	0,42	0,34	0,29	0,35C	0,28Ba	0,19Aab	0,14Ab	0,20				
Ano 2(2016)	1,42	1,38	1,30	1,37A	0,28Ba	0,21Ab	0,20Ab	0,23				
Ano 3 (2017)	0,37	0,40	0,34	0,37BC	0,42Aa	0,25Ab	0,20Ab	0,29				
Ano 4 (2018)	0,65	0,57	0,65	0,62B	0,33ABa	0,19Aab	0,21Ab	0,24				
<b>Média</b>	0,72a	0,67a	0,65a		0,34	0,22	0,19					
	<sup>1</sup> KS= <b>0,097</b> F <sub>levене</sub> = <b>1,041</b> F <sub>aditividade</sub> = <b>0,014</b>				<sup>1</sup> KS= <b>0,089</b> F <sub>levене</sub> = <b>0,295</b> F <sub>aditividade</sub> = <b>0,806</b>							

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelos teste de Tukey, respectivamente a 0,05 de significância; <sup>1</sup>KS, F<sub>levене</sub>, F<sub>aditividade</sub>: estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene, Teste de Tukey para Aditividade. Valores em negrito indicam blocos com efeito aditivos, resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância, respectivamente.

Na pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, os anos de aplicação de ARS interferiram nos teores de P no solo, em que as maiores concentrações desse nutriente foram observadas no segundo ano, 2016. Observou-se um decréscimo no teor de P no solo em relação a profundidade, independente dos anos de aplicações e doses de ARS utilizadas. Sendo que, na profundidade do solo de 0-0,20 m, ocorreu uma maior concentração de P (Tabela 4).

Ao analisar os teores de P observados no solo ao longo dos quatro anos de aplicação de ARS em área com pastagem, observou-se que mesmo a aplicação de doses variando de 0 a 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de ARS, os teores foram classificados como muito baixo, de acordo com a Ribeiro et al. (1999).

O uso de ARS na pastagem de *Urochloa decumbens* solteira promoveu diferenças nos teores de P e Ca no solo, independente dos anos de aplicação de ARS e da profundidade de solo em que ocorreu para os dois nutrientes um enquadramento na equação quadrática. Observou uma redução na concentração do P no solo até a dose de 212,2 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e, após essa dose ocorreu um aumento nos teores desse elemento (Figura 7a).



**Figura 7.** Teores de macronutrientes, P (a) e Ca (b) no solo em uma pastagem de *Urochloa decumbens* solteira com aplicação de água residuária de suínos (ARS), independente da profundidade a ano de aplicação da ARS, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

Na pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, o Ca aumentou no segundo ano e depois reduziu no terceiro e quarto ano (Tabela 4). Ao analisar o uso de ARS, para o Ca no solo, observou um decréscimo nos teores desse elemento no solo até a dose de 750,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de ARS (Figura 7b).

As concentrações de Ca no solo, variaram durante todo os anos de avaliação do experimento. Estando dentro do intervalo de 1,21 a 2,40 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, considerado médio (RIBEIRO et al., 1999), no segundo ano de aplicação de ARS nas três profundidades do solo na pastagem *Urochloa decumbens* solteira e, no primeiro ano nas profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m no primeiro ano para o sistema silvipastoril duplo. No segundo ano de sistema silvipastoril duplo a concentração de Ca em todas as profundidades encontrou-se dentro do intervalo bom, de 2,41 a 4,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Para os demais

tratamentos nos três sistemas estudados, a concentração de Ca no solo estavam baixo, 0,41 a 1,20  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , e muito baixo,  $\leq 0,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (RIBEIRO et al., 1999) (Tabela 4).

Na pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, observou que o teor de Mg no solo sofreu uma interferência da interação entre os anos de aplicação de ARS e a profundidade do solo, sendo que ao analisar a profundidade de 0-0,20 m, constatou-se que o terceiro e quarto ano obteve as maiores concentrações desse nutriente. Já nas demais profundidades não constatou essa diferença. Para os anos de aplicação de ARS, a profundidade de solo de 0-0,20 m foi a que observou uma maior quantidade desse nutriente (Tabela 4).

Em relação ao K, o teor médio obtido na profundidade de 0-0,20 m no terceiro ano de aplicação encontra-se classificado como bom, 77,0  $\text{mg dm}^{-3}$ , porém nos demais tratamentos a classificação se encontra como médio e baixo, respectivamente as médias nas profundidades de 0-0,40 e 0,40-0,60 m. O teor de S encontra-se independente da profundidade classificado como muito bom, e os teores de Ca e Mg (Tabela 4), encontram-se classificados como baixo, também de acordo com Ribeiro et al. (1999), esse comportamento tem a indicação que a aplicação por quatro anos foi segura, não causando acúmulos das concentrações de nutrientes.

Na pastagem *Urochloa decumbens* solteira, ocorreu um decréscimo no teor de K em relação a profundidade, independente dos anos de aplicação de ARS. Os teores de K no solo aumentaram até o terceiro ano e depois voltaram a decair (Tabela 4).

De acordo com Ribeiro et al. (1999), os teores de K no solo, estavam bons, 71 a 120  $\text{mg dm}^{-3}$ , na profundidade de 0-0,20 m no segundo, terceiro e quarto ano de aplicação de ARS para a pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, na profundidade de 0,20-0,40 m no primeiro ano (Tabela 4). A concentração estava no intervalo médio, 41 a 70  $\text{mg dm}^{-3}$ , na profundidade e 0-0,20 m no primeiro ano, na profundidade de 0,20-0,40 m no primeiro, segundo terceiro e quarto ano, e na profundidade de 0,40-0,60 m no terceiro ano para a pastagem de *Urochloa decumbens* solteira. A concentração de K encontrou-se com teores altos no primeiro ano em todas as profundidades, no segundo ano de aplicação de ARS para a profundidade de 0-0,20 m (Tabela 4).

Diesel et al. (2002) constatou que a ARS possui em sua composição minerais dissolvidos, entre eles o  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  e, o aumento na concentração desses nutrientes pode influenciar no aumento da saturação por base (V). Erthal et al. (2010) constataram que a fertirrigação com ARS promoveu o aumento nas concentrações de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{K}^+$ . Já Queiroz et al. (2004) observaram o aumento do teor de  $\text{K}^+$  e redução do teor de  $\text{Mg}^{+2}$

após sucessivas aplicações de esterco líquido de suínos em solo cultivado com gramíneas forrageiras.

Pavani (1994) explica que as plantas promovem a migração de Ca em associação a outros nutrientes das profundidades subsuperficiais para a superfície do solo por meio de lacunas formadas pelas raízes. O Ca durante o seu cultivo e, com o processo de decomposição, esse nutriente é disponibilizado para o solo, promovendo a ciclagem desse nutriente (PEREZ et al., 2013). Porém, devido ao uso da ARS, um resíduo orgânico, que reduz o pH, e conseqüentemente o Ca, K e Mg pode ser lixiviado na competição de sítio de absorção com o  $H^+$  liberado na decomposição de MOS.

As concentrações de Mg no solo, variaram durante todo os anos de avaliação do experimento. Na pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, de acordo com Ribeiro et al. (1999), a concentração de Mg no solo estavam baixo, 0,16 a 0,45  $cmol_c dm^{-3}$ , e muito baixo,  $\leq 0,15 cmol_c dm^{-3}$  (Tabela 4).

Para a pastagem *Urochloa decumbens* solteira, a interação entre os fatores anos de aplicação de ARS e profundidade do solo, interferiram na quantidade de S no solo, sendo que nas três profundidades, os maiores teores foram constatados no quarto ano de aplicação de ARS. E ao analisar a profundidade dentro de cada ano de aplicação de ARS, observou que ocorreu diferença significativa somente no quarto ano, sendo a profundidade de 0,40-0,60 m a que obteve os maiores valores de S no solo (Tabela 4).

Ao avaliar os sistemas silvipastoris linha simples e linha dupla, observou que a interação fatorial entre os anos de aplicação de ARS e a profundidade do solo, independente das doses de ARS utilizadas, interferiu nos teores do P e K no solo para o primeiro sistema (Tabela 5). Os anos de aplicação de ARS e a profundidade do solo independente da interação interferiram nos teores de Mg para o sistema silvipastoril de linha simples (Tabela 5) e nos teores de P, K e Mg no sistema de linha dupla (Tabela 6). Os teores de S e Ca sofreram interferência somente dos anos de aplicação de ARS para os dois sistemas de sistema silvipastoril (Tabela 5 e 6). Para o sistema silvipastoril linha dupla, a interação entre os fatores avaliados, dose de ARS, anos de aplicações de ARS e profundidade do solo não alterou os teores dos macronutrientes, P, K, S, Ca e Mg nos solos analisados (Tabela 6).

**Tabela 5.** Teores dos macronutrientes em diferentes profundidades do solo, no sistema silvipastoril linha simples, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

¹Anos de aplicação da ARS	Profundidade (m)											
	P (mg dm <sup>-3</sup> )				K (mg dm <sup>-3</sup> )				S (mg dm <sup>-3</sup> )			
	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média
Ano 1 (2015)	16,9Aa	16,5Aa	13,0Aa	15,5	129,3Aa	99,0Ab	61,2Ac	96,5	24,3	30,0	30,3	28,2A
Ano 2(2016)	12,6Ba	11,9Aa	8,6Ba	11,0	60,4Ba	44,4Bb	35,7BCb	46,8	17,0	17,6	18,8	17,8B
Ano 3 (2017)	7,6Ba	4,3Ba	3,8BCa	5,2	74,6Ba	56,6Ba	56,3Ba	62,5	17,5	18,2	10,1	15,2B
Ano 4 (2018)	14,5Aa	3,9Bb	2,6Cb	7,0	31,7Ca	21,8Ca	18,4Ca	24,0	22,7	23,5	24,4	23,5AB
<b>Média</b>	12,9	9,1	7,0		74,0	55,4	42,9		20,4a	22,3a	20,9a	
	<b>¹KS = 0,534</b>				<b>¹KS=0,429</b>				<b>¹KS= 0,156</b>			
	<b>F<sub>levене</sub> = 0,082</b>				<b>F<sub>levене</sub> =0,186</b>				<b>F<sub>levене</sub> = 0,729</b>			
	<b>F<sub>aditividade</sub> = 0,023</b>				<b>F<sub>aditividade</sub> =0,051</b>				<b>F<sub>aditividade</sub> =0,854</b>			
¹Anos de aplicação da ARS	Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )							
	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média				
Ano 1 (2015)	0,81	0,98	0,78	0,86A	0,41	0,32	0,23	0,34A				
Ano 2(2016)	0,81	0,84	0,68	0,78AB	0,33	0,26	0,24	0,27A				
Ano 3 (2017)	0,26	0,41	0,31	0,64B	0,34	0,25	0,19	0,26A				
Ano 4 (2018)	0,51	0,60	0,80	0,33C	0,43	0,29	0,27	0,33A				
<b>Média</b>	0,60a	0,71a	0,64a		0,38a	0,28b	0,23b					
	<b>¹KS=0,765</b>				<b>¹KS=0,048</b>							
	<b>F<sub>levене</sub> = 0,317</b>				<b>F<sub>levене</sub> = 0,958</b>							
	<b>F<sub>aditividade</sub> =0,035</b>				<b>F<sub>aditividade</sub> =0,094</b>							

¹Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelos teste de Tukey, respectivamente a 0,05 de significância; ¹KS, F<sub>levене</sub>, F<sub>aditividade</sub>: estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene, Teste de Tukey para Aditividade. Valores em negrito indicam blocos com efeito aditivos, resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância, respectivamente.

**Tabela 6.** Teores dos macronutrientes em diferentes profundidades do solo, em quatro anos, no sistema silvipastoril duplo, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

<sup>1</sup> Anos de aplicação da ARS	Profundidade (m)											
	P (mg dm <sup>-3</sup> )				K (mg dm <sup>-3</sup> )				S (mg dm <sup>-3</sup> )			
	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média
Ano 1 (2015)	17,86	18,31	17,13	17,98 A	144,12	117,88	90,00	117,33A	20,73	25,33	16,73	21,08B
Ano 2 (2016)	19,89	15,16	9,17	14,74 B	81,36	42,60	56,44	54,68B	17,33	13,87	8,06	13,32C
Ano 3 (2017)	3,78	4,07	6,39	4,75 C	52,40	54,08	40,08	54,31B	12,40	10,80	16,13	13,56C
Ano 4 (2018)	4,72	1,86	2,60	3,06 C	40,52	28,68	26,44	31,88C	22,27	26,07	45,27	40,76A
<b>Média</b>	11,56a	9,85b	8,82b		79,60a	60,81b	53,24b		22,26a	23,70a	20,58a	
	<sup>1</sup> KS= <b>0,833</b>				<sup>1</sup> KS= <b>0,507</b>				<sup>1</sup> KS= <b>0,846</b>			
	F <sub>Levene</sub> = <b>0,224</b>				F <sub>Levene</sub> = <b>0,110</b>				F <sub>Levene</sub> = <b>0,273</b>			
	F <sub>aditividade</sub> = <b>0,307</b>				F <sub>aditividade</sub> = <b>0,760</b>				F <sub>aditividade</sub> = <b>0,259</b>			
<sup>1</sup> Anos de aplicação da ARS	Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )							
	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média				
	Ano 1 (2015)	1,15	1,30	1,37	1,27B	0,43	0,37	0,47	0,42A			
Ano 2 (2016)	2,67	2,60	2,57	2,61A	0,23	0,14	0,18	0,18C				
Ano 3 (2017)	0,46	0,51	0,45	0,47C	0,40	0,29	0,25	0,31B				
Ano 4 (2018)	0,30	0,52	0,52	0,44C	0,34	0,27	0,23	0,28C				
<b>Média</b>	1,14a	1,23a	1,23a		0,27b	0,34a	0,28b					
	<sup>1</sup> KS= <b>0,226</b>				<sup>1</sup> KS= <b>0,043</b>							
	F <sub>Levene</sub> = <b>0,428</b>				F <sub>Levene</sub> = <b>0,936</b>							
	F <sub>aditividade</sub> = <b>0,052</b>				F <sub>aditividade</sub> = <b>0,819</b>							

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelos teste de Tukey, respectivamente a 0,05 de significância; <sup>1</sup>KS, F<sub>Levene</sub>, F<sub>aditividade</sub>: estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene, Teste de Tukey para Aditividade. Valores em negrito indicam blocos com efeito aditivos, resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância, respectivamente.

No sistema silvipastoril de linha simples, constatou uma interação entre os anos de aplicação de ARS e a profundidade do solo. Em que os maiores teores de P no solo foram observados na profundidade de 0-0,20 m no quarto ano de aplicação, para os demais anos de aplicação de ARS avaliados não houve diferença significativa nos teores para as diferentes profundidades avaliadas, 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m (Tabela 5).

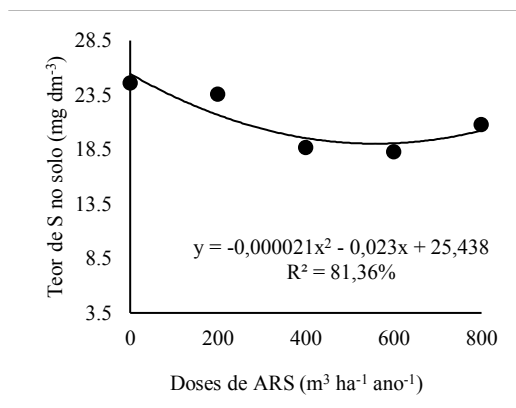
Ao analisar as variações durante os anos de aplicação de ARS no sistema silvipastoril linha simples observou que, na profundidade 0-0,20 m, os teores de P no solo foram maiores no primeiro e quarto ano de aplicação de ARS, quando comparadas com o segundo e terceiro ano de aplicação de ARS. Já na profundidade de 0,20-0,40 m, constatou os maiores teores para os dois primeiros anos e depois ocorreu a redução nos teores desse nutriente, e na profundidade de 0,40-0,60 m, sendo os menores teores observados no quarto ano de aplicação de ARS (Tabela 5).

No sistema silvipastoril duplo, observou uma redução no teor de P no solo em relação a profundidade. Sendo, que a maior concentração de P no solo, foi no primeiro ano de aplicação de ARS e, após esse ano ocorreu um decréscimo nos valores, que pode estar relacionado a aplicação de adubo fosfatado no início do experimento contribuindo para o aumento do teor desse nutriente no primeiro ano, porém como a adubação na área foi realizada somente na implantação do experimento, essa redução do teor de P disponível no solo ao longo dos anos de aplicação (Tabela 6), pode estar relacionado a absorção e remoção deste nutriente pela vegetação e, pela adsorção deste nutriente nos colóides do solo, visto que adubos orgânicos tendem a acidificar o solo contribuindo para o aumento do fenômeno de adsorção em solos intemperizados.

Para o sistema silvipastoril linha simples, de acordo com Ribeiro et al. (1999), a concentração de P em todas as profundidades no solo no primeiro ano de aplicação de ARS, encontram-se baixo, no intervalo de 10 a 20 mg dm<sup>-3</sup> e, no segundo ano de aplicação de ARS, as profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40 m, os teores de P estavam baixos e na profundidade de 0,40-0,60 m, a concentração desse elemento no solo estava muito baixa. No terceiro ano de aplicação de ARS, os teores de P estavam todos muito baixo nas três profundidades avaliadas e no quarto ano de aplicação de ARS, os teores encontravam-se baixo nas profundidades 0-0,20 m e muito baixos nas profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m (Tabela 5).

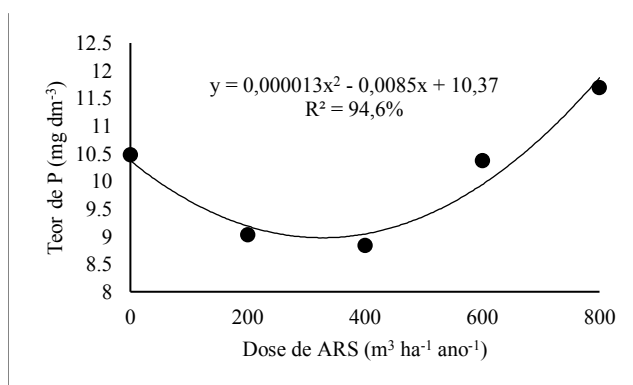
Para o sistema silvipastoril linha dupla, os teores de P no solo nas três profundidades para o primeiro ano de aplicação de ARS estava classificado como baixo, já no segundo ano de aplicação de ARS, a concentração de P estavam baixas para as profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40 m e, muito baixa na profundidade de 0,40-0,60 m, segundo Ribeiro et al. (1999). No terceiro e quarto ano de aplicação de ARS, nas três profundidades de solo analisadas, os teores de P encontravam-se muito baixos (Tabela 6). Ou seja, considerando os sistemas silvipastoris a aplicação de ARS, não promoveu aumentos nas concentrações de P que permitiriam elevar o nível de fertilidade para o nível adequado.

No sistema silvipastoril linha simples, os teores de S no solo sofreram interferência das doses de ARS, independente dos anos de aplicação de ARS e da profundidade do solo avaliada. Em que, para esses nutrientes, a equação quadrática foi a que melhor se enquadrou, onde os teores de S reduziram até a dose de 548 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de ARS e, a partir dessa dose a concentração desse nutriente no solo aumentou (Figura 8).



**Figura 8.** Teores de S no solo em um sistema silvipastoril em linha simples com aplicação de água residuária de suínos (ARS), independente da profundidade a ano de aplicação da ARS, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

A dose de ARS, independente das aplicações anuais de ARS e da profundidade do solo, no sistema silvipastoril duplo interferiu nos teores de P no solo, em que a equação quadrática foi a que melhor se enquadrou. No sistema silvipastoril duplo, os teores de P reduziram até a dose de 327 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de ARS e, a partir dessa dose a concentração de P aumentou (Figura 9).



**Figura 9.** Teores de P no solo no sistema silvipastoril em linha dupla com aplicação de água residuária de suínos (ARS), independente da profundidade do solo e do ano de aplicação da ARS, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

Berwanger et al. (2008); Ceretta et al. (2003); Prior (2008); Queiroz et al. (2004) observaram que o aumento da aplicação de doses de ARS incrementaram a concentração de P no solo em relação à condição inicial, demonstrando um acúmulo desse macronutriente. Com a degradação do material orgânico, o P presente nas águas residuárias é lentamente disponibilizado, tornando-se menos sujeito às reações de



adsorção e fixação pelos óxidos de Fe e Al presentes no solo (SCHERER; BALDISERA, 1994). Nas regiões tropicais, esse é um aspecto altamente positivo da aplicação de águas residuárias no solo, pois, nessa região o P aplicado na forma mineral solúvel pode ser fortemente fixado pelos referidos óxidos e hidróxidos presentes, não permanecendo disponível para as plantas (CONDÉ et al., 2012; HOMEM et al., 2014). Ao analisar as doses utilizadas no presente experimento, pode-se constatar a importância da aplicação de doses mais elevadas da ARS em áreas com solos mais intemperizados, visto que a partir da dose de  $327 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de ARS observou um aumento do teor de P no solo (Figura 9).

No sistema silvipastoril duplo, ocorreu um decréscimo no teor de K em relação a profundidade, independente dos anos de aplicação de ARS, em que os teores de K no solo foram menores no quarto ano de aplicação de ARS quando comparados aos demais anos de aplicação de ARS (Tabela 6). No sistema silvipastoril linha simples, a interação entre profundidade e ano interferiram nos teores de K. A concentração do K no solo, diferiu para a profundidade do solo nos anos de aplicação de ARS. Sendo que no primeiro e segundo ano de aplicação de ARS, os teores de K no solo foram maiores na profundidade de 0-0,20 m em relação a profundidade de 0,40-0,60 m. Para as profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m a maior concentração de K no solo foi observado no primeiro ano de aplicação (Tabela 5).

Apesar das variações apresentadas, a aplicação de ARS não promoveu o aumento das concentrações desse nutriente em níveis que poderiam levar a algum dano. Os maiores teores observados estão dentro da faixa de classificação bom, não alcançando o nível muito bom em nenhum momento ( $>120$ ) de acordo com a Ribeiro et al. (1999). O K não é um elemento que ambientalmente cause problemas de eutrofização de águas, e como não constatou lixiviação desse elemento, pode-se concluir que as dosagens aplicadas e o efeito acumulativo das doses, não foram prejudiciais ao sistema.

A diversidade de cultivos com sistemas radiculares profundos, podem explorar as profundidades subsuperficiais e deslocar os nutrientes para a superfície disponibilizando-os por meio da decomposição dos resíduos vegetais (SEREIA, 2014). Sereia (2014), também justificou que isso ocorre devido a maior presença dos resíduos vegetais e raízes das plantas remanescentes na profundidade superficial e, que no processo de decomposição liberam primeiramente o K para o ambiente. Como nesse experimento tem-se a pastagem que apresenta um sistema radicular denso e que pode alcançar mais de

60 cm de comprimento e o *Corymbia* que também possui sistema radicular profundo em função do seu porte, pode-se atribuir que o K aplicado seja absorvido pelas plantas.

De acordo com Ribeiro et al. (1999), os teores de K no solo, estavam bons, 71 a 120 mg dm<sup>-3</sup>, e na profundidade de 0-0,20 m no terceiro ano para o sistema silvipastoril simples e, na profundidade de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m no primeiro ano e na profundidade de 0-0,20 m no segundo ano para o sistema silvipastoril duplo. Nos demais tratamentos nos sistemas silvipastoris, a concentração de K no solo encontrava-se no teor baixo, 16 a 40 mg dm<sup>-3</sup> (Tabelas 5 e 6) (RIBEIRO et al., 1999)

A concentração de K no solo na profundidade de 0-0,20 m no primeiro ano de aplicação de ARS encontrava-se em teores muito bom, segundo Ribeiro et al. (1999), acima de 120 mg dm<sup>-3</sup>, nos sistemas silvipastoris de linha simples (Tabela 5) e linha dupla (Tabela 6).

No sistema silvipastoril simples, o Ca no primeiro ano de aplicação de ARS estavam com valores elevados, e sofrendo uma redução na sua concentração nos demais anos de aplicação da ARS (Tabela 5). No sistema silvipastoril duplo, Ca foi maior no segundo ano de aplicação de ARS (Tabela 6).

Para o sistema silvipastoril simples, a profundidade de 0-0,20 m foi a que observou uma maior concentração de Mg, independente do ano de aplicação de ARS (Tabela 5), isso pode estar relacionado a maior concentração de raízes da *Urochloa decumbens* na superfície do solo, facilitando a melhor absorção dos nutrientes. No entanto, os teores de Mg podem variar dependendo da profundidade do solo, por meio da associação entre outros nutrientes ou por meio da lixiviação, mesmo sendo pouco móvel no solo (SOUSA; LOBATO, 2002).

No sistema do sistema silvipastoril duplo, a concentração de Mg sofreu interferência dos anos de aplicação de ARS e da profundidade do solo, independente da relação de ambos. Ao analisar os anos de aplicação de ARS constatou que a concentração de Mg no solo no sistema do sistema silvipastoril duplo variou durante esses anos, sendo a maior concentração no primeiro ano, quando comparado aos demais (Tabela 6).

As concentrações de Mg no solo, variaram durante todos os anos de aplicação de ARS. Estando dentro do intervalo de 0,46 a 0,90 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, considerado médio (RIBEIRO et al., 1999), no primeiro ano de aplicação de ARS para a profundidade do solo de 0,40-0,60 m no sistema silvipastoril duplo (Tabela 6), e, para os demais tratamentos nos sistemas silvipastoris simples (Tabela 5) e duplo (Tabela 6), a

concentração de Mg no solo estavam baixo, 0,16 a 0,45  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , e muito baixo,  $\leq 0,15 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ .

Nos sistemas silvipastoris simples (Tabela 5) e duplo (Tabela 6), os anos de aplicação de ARS interferiram na concentração de S no solo, sendo que para o primeiro sistema os melhores teores foram no primeiro ano de aplicação de ARS e no segundo sistema foi no terceiro ano de aplicação de ARS.

A concentração do B no solo sofreu interferência dos anos de aplicação de ARS e profundidade do solo para a pastagem *Urochloa decumbens* solteira e sistema silvipastoril simples. O maior teor de B no solo foi no terceiro ano de aplicação de ARS, e na profundidade de 0-0,20 m para os dois sistemas citados (Tabelas 7 e 8).

**Tabela 7.** Teores dos micronutrientes em diferentes profundidades do solo em uma pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

<sup>1</sup> Anos de aplicação da ARS	Profundidade (m)											
	B ( $\text{mg dm}^{-3}$ )				Cu ( $\text{mg dm}^{-3}$ )							
	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média
Ano 1 (2015)	0,05	0,02	0,02	0,03D	1,40	0,96	0,73	1,03A				
Ano 2(2016)	0,24	0,18	0,15	0,19B	4,98	1,01	0,82	2,27A				
Ano 3 (2017)	0,33	0,26	0,27	0,29A	0,83	0,32	0,26	0,47A				
Ano 4 (2018)	0,13	0,09	0,07	0,09C	3,31	1,46	0,72	1,83A				
<b>Média</b>	0,24 a	0,19 b	0,17 b		2,78a	0,78ab	0,58b					
	<sup>1</sup> KS=0,497 F <sub>Levene</sub> =0,547 F <sub>aditividade</sub> =0,067				<sup>1</sup> KS=0,216 F <sub>Levene</sub> =0,533 F <sub>aditividade</sub> =0,601							
<sup>1</sup> Anos de aplicação da ARS	Fe ( $\text{mg dm}^{-3}$ )				Mn ( $\text{mg dm}^{-3}$ )				Zn ( $\text{mg dm}^{-3}$ )			
	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média
Ano 1 (2015)	33,7Ba	21,6Bb	16,6Bb	23,9	4,8Ba	2,9Bb	3,6Bab	3,8	2,2Ba	1,6ABa	1,4ABa	1,8
Ano 2(2016)	30,6Ba	21,4Bb	16,5Bb	22,8	3,7ABa	2,9Bab	2,5ABb	3,0	2,5BCa	1,0BCb	0,9BCb	1,4
Ano 3 (2017)	23,5Ca	9,7Cb	7,8Cb	13,7	2,1Ca	1,2Cab	0,9Cb	1,4	0,6Ca	0,2Ca	0,1Ca	0,3
Ano 4 (2018)	97,2Aa	53,3Ab	37,6Ac	62,7	11,0Aa	6,8Ab	6,0Ab	7,9	3,1Aa	1,9Ab	1,8Aa	2,3
<b>Média</b>	35,6	20,4	15,5		4,0	2,6	2,4		1,8	0,8	0,6	
	<sup>1</sup> KS=0,413 F <sub>Levene</sub> =0,223 F <sub>aditividade</sub> =0,199				<sup>1</sup> KS=0,161 F <sub>Levene</sub> =0,446 F <sub>aditividade</sub> =0,144				<sup>1</sup> KS=0,167 F <sub>Levene</sub> =0,763 F <sub>aditividade</sub> =0,558			

Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelos testes de Tukey, respectivamente a 0,05 de significância; <sup>1</sup>KS, F<sub>Levene</sub>, F<sub>aditividade</sub>: estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene, Teste de Tukey para Aditividade. Valores em negrito indicam blocos com efeito aditivos, resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância, respectivamente.

**Tabela 8.** Teores dos micronutrientes em diferentes profundidades do solo, em um sistema silvipastoril de linha simples, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

<sup>1</sup> Anos de aplicação da ARS	Profundidade (m)											
	B (mg dm <sup>-3</sup> )				Cu (mg dm <sup>-3</sup> )							
	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média
Ano 1 (2015)	0,13	0,09	0,10	0,11B	2,70ABa	2,43Aab	1,63Ab	2,25				
Ano 2(2016)	0,12	0,07	0,09	0,09B	2,08Ba	1,26Bab	0,80ABb	1,38				
Ano 3 (2017)	0,44	0,30	0,32	0,35A	0,92Ca	0,36Ba	0,35Ba	0,54				
Ano 4 (2018)	0,08	0,08	0,04	0,07B	3,18Aa	1,12Bb	0,69ABb	1,66				
<b>Média</b>	0,19a	0,14b	0,14b		2,22	1,29	0,87					
<sup>1</sup> KS=0,871 Flevene=0,158 Faditividade=0,064				<sup>1</sup> KS=0,185 Flevene=0,023 Faditividade=0,265								
<sup>1</sup> Anos de aplicação da ARS	Fe (mg dm <sup>-3</sup> )				Mn (mg dm <sup>-3</sup> )				Zn (mg dm <sup>-3</sup> )			
	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média
Ano 1 (2015)	37,32B a	37,68B a	23,80 Bb	32,93	8,64Aa	7,64Aa	5,05A b	7,11	2,52A Ba	2,20Aa	1,17A b	1,97
Ano 2(2016)	27,36B a	21,56C ab	11,72 Cb	20,21	5,02Ba	3,91Bb	3,15A b	4,02	2,28A Ba	1,00BC b	0,52A Bb	1,27
Ano 3 (2017)	27,68B a	12,88C b	12,48 Cb	17,68	1,39Ca	0,87Ca	0,74B a	1,00	0,61Ba	0,23Ca	0,18A Ba	0,34
Ano 4 (2018)	98,00 Aa	57,92A b	40,72 Ac	65,55	7,62Aa	4,95Bb	3,71A b	5,43	3,16Aa	1,33AB b	0,92Bb	1,80
<b>Média</b>	47,60	32,51	22,18		5,67	4,34	3,16		2,14	1,19	0,70	
<sup>1</sup> KS=0,126 Flevene=0,236 Faditividade= 0,963				<sup>1</sup> KS=0,095 Flevene=0,226 Faditividade= 0,698				<sup>1</sup> KS=0,186 Flevene=0,735 Faditividade= 0,235				

Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelos testes de Tukey, respectivamente a 0,05 de significância; <sup>1</sup>KS, Flevene, Faditividade: estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene, Teste de Tukey para Aditividade. Valores em negrito indicam blocos com efeito aditivos, resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância, respectivamente.

Para o sistema silvipastoril duplo, a interação dos dois fatores, os anos de aplicação de ARS e a profundidade do solo promoveu diferenças significativas na concentração de B. Ao avaliar os anos dentro das profundidades do solo, observou que o para a profundidade de 0-0,20 m, constatou que os maiores teores de B foram observados no primeiro e quarto ano de aplicação de ARS. E, para as profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, no quarto ano de aplicação de ARS obteve o menor teor de B. Já, ao analisar a profundidade do solo dentro de cada ano, constatou que houve diferenças significativas no primeiro ano de aplicação, em que a profundidade superficial, 0-0,20 m, obteve a menor concentração do B (Tabela 9).

**Tabela 9.** Teores dos micronutrientes em diferentes profundidades do solo em um sistema silvipastoril duplo, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

<sup>1</sup> Anos de aplicação da ARS	Profundidade (m)											
	B (mg dm <sup>-3</sup> )				Cu (mg dm <sup>-3</sup> )							
	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média
Ano 1 (2015)	0,08Bb	0,28Aab	0,20ABa	0,18	3,12Aa	2,40Aa	2,16Aa	2,56				
Ano 2(2016)	0,43Aa	0,35Aa	0,29Aa	0,36	2,97Aa	0,87BCb	0,87BCb	1,57				
Ano 3 (2017)	0,29Ba	0,27Aa	0,30Aa	0,29	0,68Ba	0,30Ca	0,24Ca	0,41				
Ano 4 (2018)	0,59Aa	0,08Ba	0,08Ba	0,07	2,15Aa	1,66Ba	1,76ABa	1,86				
<b>Média</b>	0,22	0,24	0,22		2,23	1,31	1,26					
	<sup>1</sup> KS=0,105				<sup>1</sup> KS=0,233							
	F <sub>Levene</sub> =0,093				F <sub>Levene</sub> =0,081							
	F <sub>aditividade</sub> =0,091				F <sub>aditividade</sub> =0,061							
<sup>1</sup> Anos de aplicação da ARS	Fe (mg dm <sup>-3</sup> )				Mn (mg dm <sup>-3</sup> )				Zn (mg dm <sup>-3</sup> )			
	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	Média
Ano 1 (2015)	31,72	29,4	22,28	27,80B	10,88B a	12,28A a	9,44 Aa	10,87	2,88	2,76	2,08	2,57A
Ano 2(2016)	34,56	25,6	23,24	27,80B	19,76A b	5,8Bb	4,20B b	9,92	3,27	0,80	1,08	1,71B
Ano 3 (2017)	19,76	5,6	4,2	9,92C	2,76Ca	1,32Ca	0,95C a	1,68	0,65	0,18	0,14	0,32C
Ano 4 (2018)	99,72	73,88	77,76	83,78A	15,99A b	12,96A a	11,47 Aa	13,48	1,94	1,18	1,24	1,44A
<b>Média</b>	46,44a	33,67b	31,87b		7,44	6,67	5,49		2,18a	2,23a	1,13b	
	<sup>1</sup> KS=0,128				<sup>1</sup> KS=0,217				<sup>1</sup> KS=0,163			
	F <sub>Levene</sub> =0,154				F <sub>Levene</sub> =0,179				F <sub>Levene</sub> =0,719			
	F <sub>aditividade</sub> = 0,735				F <sub>aditividade</sub> = 0,066				F <sub>aditividade</sub> = 0,187			

Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelos testes de Tukey, respectivamente a 0,05 de significância; <sup>1</sup>KS, F<sub>Levene</sub>, F<sub>aditividade</sub>: estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene, Teste de Tukey para Aditividade. Valores em negrito indicam blocos com efeito aditivos, resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância, respectivamente.

De acordo com Ribeiro et al. (1999), os teores de B no solo para os tratamentos foram classificados como baixo, 0,16 a 0,35 mg dm<sup>-3</sup>, e muito baixo ≤0,15 mg dm<sup>-3</sup>. Exceto, para os tratamentos na profundidade de 0-0,20 m no terceiro ano de aplicação de ARS no sistema silvipastoril simples e nos tratamentos na profundidade de 0-0,20 m no segundo e quarto ano de aplicação de ARS, obteve valor médio, 0,36 a 0,60 mg dm<sup>-3</sup> (Tabelas 7, 8 e 9).

A concentração de Cu no solo sofreu influência da profundidade do solo, independente dos anos de aplicação de ARS na pastagem de *Urochloa decumbens* solteira (Tabela 7). Sendo, que observou os maiores teores desse elemento na profundidade de 0-0,20 m. Nos sistemas silvipastoris simples e duplo, constatou que a interação dos anos de aplicação de ARS e da profundidade do solo interferiu nos teores de Cu (Tabelas 8 e 9).

Ao analisar as profundidades do solo nos anos de aplicação de ARS, constatou-se que no sistema silvipastoril simples, no primeiro, segundo e quarto ano de aplicação de ARS, a profundidade do solo de 0-0,20 m apresentou valores maiores em relação as demais profundidades. Já ao analisar os anos de aplicação de ARS dentro das profundidades, constatou que no primeiro e no quarto ano de aplicação de ARS observou

os maiores teores na profundidade de 0-0,20 m (Tabela 8). A maior quantidade de Cu na profundidade de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m foi observada no primeiro ano de aplicação de ARS no sistema silvipastoril duplo (Tabela 9).

Os teores de Fe no solo para a pastagem *Urochloa decumbens* solteira e para o sistema silvipastoril simples foram influenciados pelos anos de aplicação de ARS e pela profundidade do solo. Para a pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, ao analisar os anos de aplicação de ARS, constatou-se que na profundidade de 0-0,20 m em todos os anos de aplicação de ARS avaliados, a concentração desse nutriente foi maior em relação as demais profundidades. E, constatou que nas três profundidades do solo avaliadas, 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, o quarto ano de aplicação de ARS foi o que obteve a maior quantidade de Fe no solo (Tabelas 7 e 8).

Para o sistema silvipastoril simples, as profundidades dos solos de 0-0,20 e 0,20-0,40 m promoveu um maior teor de Fe quando comparadas no primeiro, segundo e quarto de aplicação de ARS e no terceiro ano de aplicação de ARS, a profundidade do solo de 0-0,20 m promoveu os teores ideais de Fe (RIBEIRO et al., 1999) (Tabela 8). No sistema silvipastoril duplo, observou que independente do ano de aplicação de ARS, a profundidade de 0-0,20 m do solo foi a que obteve maior concentração de Fe. E os teores ideais de Fe foram constatados no segundo e quarto ano de aplicação de ARS (Tabela 9).

Os teores de Mn no solo na pastagem de *Urochloa decumbens* solteira e nos sistemas silvipastoris simples e duplo foram influenciados pela interação entre os anos de aplicação de ARS e a profundidade do solo. Para a pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, ao analisar os anos de aplicação de ARS, constatou que na profundidade de 0-0,20 m em todos os anos a concentração desse nutriente foi maior em relação as demais profundidades. E constatou-se que nas três profundidades do solo avaliadas, 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, o quarto ano de aplicação de ARS foi o que obteve maior quantidade de Fe no solo (Tabelas 7, 8 e 9).

Para o sistema silvipastoril simples, o primeiro e quarto ano de aplicação de ARS foram os que promoveram as maiores concentrações de Fe na profundidade de 0-0,20 m. Os maiores teores de Mn no solo no primeiro ano de aplicação de ARS, foi na profundidade de 0,20-0,40 m. E, na profundidade de 0,40-0,60 m, os valores ideais foram no primeiro, segundo e quarto ano de aplicação de ARS (Tabela 8).

De acordo com Bissani et al. (2008), por não constatar uma deficiência de Fe nas plantas, fica difícil determinar o nível crítico de Fe disponível ao solo, e a disponibilidade desse elemento pode ser relacionado com alguns fatores, como o pH e as adubações

fosfatadas, sendo necessário monitorar os níveis para que estes estejam dentro do aceitável.

No sistema silvipastoril duplo, observou que os maiores teores de Mn foram na profundidade de 0-0,20 m do solo, no segundo e no quarto ano de aplicação de ARS. Para a profundidade de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m do solo, o primeiro e quarto ano de aplicação de ARS obtiverem a maior concentração de Mn. Para o segundo e quarto ano de aplicação de ARS, a profundidade 0-0,20 m do solo promoveu os menores teores (Tabela 9).

Os teores de Zn no solo na pastagem de *Urochloa decumbens* solteira e no sistema silvipastoril simples foram influenciados pela interação entre os anos de aplicação de ARS e a profundidade do solo. Para a pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, ao analisar os anos de aplicação de ARS, constatou que para o segundo e quarto ano, na profundidade de 0-0,20 m a concentração desse nutriente foi maior em relação as demais profundidades. E constatou que para as três profundidades do solo avaliadas, 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, a maior quantidade de Zn no solo foi observada no quarto ano de aplicação de ARS (Tabelas 7 e 8).

Para o sistema silvipastoril simples, no primeiro ano de aplicação de ARS, as maiores concentrações de Zn foram nas profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40 m do solo. O segundo e o quarto ano de aplicação de ARS foi onde observou as maiores concentrações de Fe na profundidade de 0-0,20 m do solo. No primeiro ano de aplicação de ARS, constatou que para a profundidade do solo de 0-0,20 m promoveu um maior teor de Zn no primeiro ano de aplicação de ARS. E nas profundidades dos solos, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, encontrou o maior teor de Zn no primeiro ano de aplicação de ARS (Tabela 8).

No sistema silvipastoril duplo, ao analisar os teores de Zn no solo, os maiores valores foram constatados na profundidade de 0-0,20 e 0,20-0,40 m do solo, independente dos anos de aplicação de ARS. O primeiro e o quarto ano de aplicação de ARS foram os anos que obtiverem a maior concentração de Zn independente da profundidade do solo analisada no experimento (Tabela 9).

O não revolvimento do solo favorece o aumento de Mn, podendo explicar os maiores teores de Mn na superfície do solo nos três experimentos (Tabelas 7, 8 e 9) (CAVALCANTE et al., 2007). Já a menor concentração de Zn na subsuperfície (Tabelas 6, 7 e 8) ocorreu devido à forte adsorção destes nutrientes aos colóides do solo, reduzindo assim a absorção pelas plantas e podendo vir a provocar deficiências (LOPES, 1999).

Smanhotto et al., (2010), avaliando quatro doses de ARS (0; 100; 200 e 300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), verificaram aumento no teor de Zn com o aumento da dosagem, onde na maior dose aplicada houve o maior acúmulo de Zn. Comportamento semelhante foi observado por Bertol (2005) que, com a aplicação de 60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de ARS, verificou concentração de zinco 26 vezes maior em relação à parcela-testemunha e à adubação mineral. Freitas et al., (2005) também verificaram incrementos na concentração de zinco no solo com a aplicação de ARS.

O teor de Zn após quatro anos de aplicação de ARS (Tabelas 7, 8 e 9) aumentaram quando comparados com os teores de Zn no solo no início do experimento (Tabela 2), e de acordo com Ribeiro et al. (1999) os teores de Zn após quatro anos, variaram entre médio (1,0 a 1,5 mg dm<sup>-3</sup>), bom (1,6 a 2,2 mg dm<sup>-3</sup>) e alto (>2,2 mg dm<sup>-3</sup>) para os três sistemas (Tabela 7, 8 e 9).

O Zn quando em altas concentrações, é potencialmente tóxico (ALEXANDRE et al., 2012). E sua toxidez pode acarretar na redução da produção de massa seca da parte aérea e da biomassa radicular; necrose da radícula ao entrar em contato com o solo, morte da plântula e inibição do crescimento vegetal (ALEXANDRE et al., 2012; CARNEIRO et al., 2002).

Para a pastagem de *Urochloa decumbens* solteira e nos sistemas silvipastoris linha simples e linha dupla, os teores de Cu nas profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m do solo no terceiro ano de aplicação de ARS foram classificados como baixo e para os demais tratamentos nos três sistemas estavam no intervalo adequado, médio, segundo Ribeiro et al. (1999) (Tabela 7, 8 e 9).

O acúmulo de Cu nas camadas superficiais pode ser relacionada as aplicações sucessivas de ARS no solo, como observado por Giroto et al. (2010), esses autores constataram acúmulos de Cu na superfície com as doses de 20, 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos e concluíram que devido as altas concentrações do Cu e Zn nos dejetos, o acréscimo desses podem ser semelhantes. Autores como Giroto (2007), constataram que após sete anos de aplicação de ARS, ocorreu o aumento dos teores de Cu e Zn no solo e movimentação desses em seu perfil. Mas em relação a esse experimento, observa-se que as características regionais de solos e concentração de nutrientes na ARS, são determinantes para sua aplicação, uma vez que as doses aplicadas foram até 10 vezes superior à de Giroto (2010) e o comportamento dos nutrientes foram diferenciados, em que os teores de Cu e Zn após 4 anos não foram muito expressivos, ou seja, sem alteração de classificação para teores elevados.



O Cu é um dos metais pesados com menor mobilidade no solo, devido a sua forte adsorção nos colóides orgânicos e inorgânicos (SILVA; MENDONÇA, 2007). Além disso, aproximadamente 70 a 95% é excretado, sem ser digerido pelo animal (PERDOMO; CAZZARE, 2001). Ao comparar a concentração de Cu no início do experimento (Tabela 2) e nos quatro anos de aplicação de ARS (Tabela 7, 8 e 9), pode-se constatar um acréscimo no solo e de acordo com Ribeiro et al. (1999) esses teores estavam em bons ( $1,3$  a  $1,8 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e altos ( $> 1,8 \text{ mg dm}^{-3}$ ).

Por participar da síntese de lignina e de clorofila e do metabolismo do N, de carboidratos, o Cu é essencial para o desenvolvimento da planta (MARSCHNER, 1995). Entretanto, pode se tornar tóxico para as plantas se tiver em concentrações elevadas (SOARES et al., 2000). Assim, em relação aos micronutrientes, observou que pela extração das culturas, a baixa concentração dos nutrientes na ARS, e o monitoramento constante da área, é segura a aplicação desde que se mantenha o acompanhamento do sistema.

## 2.4 Conclusões

Para os três sistemas, pastagem com *Urochloa decumbens* solteira e os silvipastoris com linha simples e dupla, a aplicação consecutiva de ARS durante quatro anos promove uma variação nos teores de macro e micronutrientes do solo para as profundidades de 0-0,20; 20-40 e 40 – 60 cm.

A partir dos resultados recomenda-se a dose de  $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para a pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, e os sistemas silvipastoris simples e duplo.

## REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, J. R.; OLIVEIRA, M. L.; SANTOS, T. D.; CANTON, G. C.; CONCEIÇÃO, J. D.; EUTRÓPIO, F. J.; ... RAMOS, A. C. Zinco e ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo. **Natureza online**, Santa Tereza, v. 10, n. 1, p. 23-28, 2012.

ALMEIDA NETO, O.B.; SOUZA, W.L.; HOMEM, B.G.C.; FERREIRA, I.M.; CIDRINI, I.A.; ABREU, M.J.I. Tratamento de efluentes agropecuários: importância e procedimentos. *In*: PENA, S.M.; TEIXEIRA, R.M.A.; TREVIZANO, L.M.; CAMPOS, A.N.R.; CAETANO, F.B.; MOREIRA, L.A.; MATTOS, L.N. (ed.) **Ciência e tecnologia no Campus Rio Pomba do IF Sudeste MG**: Importância para o arranjo produtivo local. Rio Pomba, 2017. p.1- 40.

BASTOS, R. K. **Influência da água residuária da suinocultura sobre a acidez do óleo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2016. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Universidade Estadual do Oeste do Parana, Cascavel, 2016. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/798>. Acesso em: 24 jul. 2021.

BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, A. D. F. M.; DE OLIVEIRA MESQUITA, F. Desempenho hidráulico de sistemas de irrigação por gotejamento operando com água residuária da suinocultura. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 1, p. 75-88, 2017. Disponível em: <https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/441>. Acesso em: 24 jul. 2021.

BAUMGARNTER, D.; SAMPAIO, S. C.; SILVA, T. R.; VILAS BOAS, M. A. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.152-163. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000100009>. Acesso em: 24 jul. 2021.

BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E.F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, London, v. 1, p. 1-12, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>. Acesso em: 24 jul. 2021.

BERTOL, O. J. **Contaminação da água de escoamento superficial e da água perolada pelo efeito de adubação mineral e adubação orgânica em sistema de semeadura direta**. 2005. 209 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BERWANGER, A. L.; CERETTA, C. A.; SANTOS, D. R. dos. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2525-2532, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000600029>. Acesso em: 24 jul. 2021.

BISSANI, C.; MEURER, E. J.; BOHNEN, H. Solos ácidos e solos afetados por sais. *In*: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2008. p.163-183.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Comportamento de espécies herbáceas em misturas de solo com diferentes graus de contaminação com metais pesados. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 11, p. 1629-1638, 2002.

CAVALCANTE, L. F.; DOS SANTOS, G. D.; DE OLIVEIRA, F. A.; CAVALCANTE, Í. H.; GONDIM, S. C.; CAVALCANTE, M. Z. Crescimento e produção do maracujazeiro-amarelo em solo de baixa fertilidade tratado com biofertilizantes líquidos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, p. 15-19, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1190/119017336003>. Acesso em: 24 set. 2021.

CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; VIEIRA, F. C. B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 729-735, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000600009>. Acesso em: 24 set. 2021.

CONDÉ, M. S.; HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA NETO, O. B.; SANTIAGO, A. M. F. Influência da aplicação de águas residuárias de criatórios de animais no solo: atributos químicos e físicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 2, n. 1, p. 99-106, 2012. DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v2i1.63>. Acesso em: 24 set. 2021.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos**. Concórdia, SC: EMBRAPA – CNPSA/EMATERRS, 2002. 31 p. (Boletim informativo, 14)

ERTHAL, V. J.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T. D.; PEREIRA, O. G. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p. 467-477, 2010. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/XtxPVmnNJJdQnbNsVDwTKSH/?format=pdf&lang=pt>  
. Acesso em: 24 set. 2021.

FREITAS, W.S.; OLIVEIRA, R.A.; CECON, P.R.; PINTO, F.A.; GALVÃO, J.C.C.  
Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura em solo cultivado com milho.  
**Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.13, n.2, p.95-102, 2005.

GIROTTTO, E. **Copper and zinc in soil under intensive use of pig slurry**. 2007. 121 f.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa  
Maria, 2007. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/5470>. Acesso em: 24  
set. 2021.

GIROTTTO, E.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D. R. D.; SILVA, L. S.  
D.; LOURENZI, C. R.; SCHMATZ, R. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo  
após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência  
do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 955-965, 2010. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/sjSBZkNggmdtmc9kt6zfR6g/?format=pdf&lang=pt>.  
Acesso em: 24 set. 2021.

GOMES FILHO, R. R.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D. MARTINEZ, H E.P. Remoção  
de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas  
residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**,  
Campina Grande, v.5, n.1, p. 131-134. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662001000100024>. Acesso em: 24 set. 2021.

HOMEM, B. G. C.; NETO, O. B. A.; CONDE, M. S.; SILVA, M. D.; FERREIRA, I.  
M. Efeito do uso prolongado de água residuária da suinocultura sobre as propriedades  
químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Científica**, Dracena, v. 42, n. 3,  
p. 299-309, 2014. DOI: <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2014v42n3p299-309>.  
Acesso em: 24 set. 2021.

JORGE, M. F; PINHO, C. F; NASCENTE, A. L; ALVES, DG; ALMEIDA, GV;  
SILVA, JBG; SILVA, LDB. 2017. Tomato fertigation with dairy cattle wastewater.  
**Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, 2017. DOI:  
<https://doi.org/10.1590/S0102-053620170212>. Acesso em: 24 set. 2021.

LOPES, A. S. **Micronutrientes**: filosofias de aplicação e eficiência agrônômica. São  
Paulo: ANDA, 1999.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MATOS, A.T.; ALMEIDA NETO, O. B.; MATOS, M.P. Saturação do complexo de troca de solos oxídicos com sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 5, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000500006>. Acesso em: 23 ago. 2021.

PAVANI, M. A. Movimentação de calcário no solo através de técnicas de manejo da cobertura vegetal em pomares de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 16, n. 1, p. 86-91, 1994.

PERDOMO, C. C.; CAZZARÉ, M. **Sistema Dalquim de tratamento de resíduos animais**. Embrapa Suínos e Aves-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2001.

PEREZ, A. A. G.; SORATTO, R. P.; MANZATTO, N. P.; SOUZA, E. F. C. Extração e exportação de nutrientes pelo feijoeiro adubado com nitrogênio, em diferentes tempos de implantação dos sistemas de produção de forrageira direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.37, n.5, p.1276-1287, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000500017>. Acesso em: 23 abr. 2021.

PRIOR, M. **Efeito da água residuária de suino-cultura no solo na cultura do milho**. 2008. 120f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

PRIOR, M.; SAMPAIO, S. C.; NÓBREGA, L. H.; DIETER, J.; COSTA, M. S. D. M. Estudo da associação de água residuária de suinocultura e adubação mineral na cultura do milho e no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, p. 744-755, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p744-755/2015>. Acesso em: 30 ago. 2021.

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A. Características químicas de solo submetido ao tratamento com estercó líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.05, p.1487-1492, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/XFtT9rGYBbJ8NQPDrkyCMPG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 30 ago. 2021.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. 2018. Disponível em: <https://www.R-project.or>. Acesso em: 19 out. 2021

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais, 1999. 359 p. Disponível em:  
<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/1119/1/texto%20completo.pdf#page=73>. Acesso em: 30 ago. 2021.

ROLIM, G. S.; APARECIDO, L. E. O. Camargo, Köppen and Thornthwaite climate classification systems in defining climatological regions of the state of São Paulo, Brazil. **International Journal of Climatology**, Chichester, v. 36, n. 2, p. 636-643, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.4372>. Acesso em: 19 out. 2021.

SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. DE. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa (356p), 2018. Disponível em:  
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em: 30 out. 2021.

SARDÁ, L. G.; HIGARASHI, M. M.; MULLER, S.; OLIVEIRA, P. A.; COMIN, J. J. Redução da emissão de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>S através da compostagem de dejetos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 1008-1013, 2010.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T. Aproveitamento dos dejetos de suínos como fertilizantes. *In: Dia de campo sobre manejo e utilização de dejetos de suínos*, Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1994, p.47 (Documentos, 32). 1994.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1375-1383, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400034>. Acesso em: 30 out. 2021.

SEREIA, R. C. **Atributos físicos e químicos do solo sob cultivos de outono-inverno em sistema de semeadura direta**. 2014. 119 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014.

SILVA, J. R. M. **Aplicação de efluente de estação de tratamento de esgoto em solo cultivado com Grama esmeralda (*Zoysia japonica*)**. 2017. 73 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

SILVA, J. B.; WEBER, O. L. S.; VIEIRA, C. R.; SILVA, J. B. Alterações nos Atributos Químicos de um Latossolo fertirrigado com efluentes da Atividade Suinícola. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 16, n. 2, p.103-107, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5327/rcaa.v16i2.1271>. Acesso em: 30 out. 2021.

SILVA, I.R.; SÁ MENDONÇA, E. Matéria orgânica do solo. *In*: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.

SMANHOTTO, A.; SOUSA, A. DE P; SAMPAIO, S. C; NÓBREGA, L. H. P; PRIOR, M.; SAMPAIO, S. C. Cobre e zinco no material percolado e no solo com a aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, p. 347-357, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/qw4dkPd7HxgGSmYSW79jxmS/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 30 out. 2021.

SOARES, C. R. F. S.; SIQUEIRA, J. O.; CARVALHO, J. G. D.; MOREIRA, F.; SOUZA, M.; GRAZZIOTTI, P. H. Crescimento e nutrição mineral de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva com concentração crescente de cobre. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 12, n. 3, p. 213-225. 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-31312000000300005>. Acesso em: 30 out. 2021.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. *In*: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**: Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. p.81-96.

SOUZA, W.; CIDRINI, I. A.; ABREU, M.; NETO, O. Efeito do uso da água residuária de suinocultura em um latossolo vermelho-amarelo distrófico sob cultivo de pastagem. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 9, n. 3, 2019.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa,



2017. 574 p. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/194786/1/Pt-5-Cap-1-Micromorfologia-do-solo.pdf> . Acesso em: 30 out. 2021.

### 3. CAPITULO II

#### ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUÍNOS NO DESEMPENHO DE *Urochloa decumbens* EM DIFERENTES SISTEMAS DE PLANTIO

##### RESUMO

A grande quantidade de dejetos produzidos pela atividade suína vem se tornando um grande problema. O estudo de alternativas que promovam um descarte adequado, como o uso dos rejeitos na adubação do solo, vem sendo realizados já algum tempo, porém deve-se somar a essas pesquisas o efeito a longo prazo da utilização desses na planta. O objetivo do trabalho foi avaliar as características bromatológicas e nutricionais da *Urochloa decumbens* após a aplicação contínua de água residuária de suinocultura (ARS) em dois sistemas de sistema silvipastoril e em pastagem solteira sob simulação de pastejo, no município de Uberlândia, Minas Gerais. Foram avaliados três experimentos, sendo o primeiro com pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, e dois sistemas silvipastoris, um com *Corymbia citriodora* em linha simples e outro com *Corymbia citriodora* em linha dupla, estes consorciados com faixas de 15 metros pastagens de *U. decumbens*, entre as linhas de *Corymbia*. O delineamento estatístico utilizado para cada experimento foi de blocos casualizados com quatro repetições para a pastagem solteira e cinco repetições para os sistemas silvipastoris. Utilizou-se doses de ARS, 0 (sem aplicação de ARS), 200, 400, 600 e 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando para a comparação de médias, o teste de Regressão a 5% de significância para as doses de ARS e o teste de Tukey a 5% de significância para a avaliação dos diferentes sistemas de plantio. Após quatro anos de aplicação de ARS, ocorreu um incremento no teor foliar de K, sendo o maior teor foliar de 21,32 g kg<sup>-1</sup> na dose de 736,9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. A pastagem *Urochloa decumbens* solteira promoveu um maior teor foliar dos nutrientes N, P, S, B, Cu e Mn em *Urochloa decumbens* e no percentual de PB, FDA e FDN em *Urochloa decumbens*. Os sistemas silvipastoris em linha simples e linha dupla melhoraram os teores foliares de Ca, Mg em *Urochloa decumbens*. O sistema silvipastoril em linha dupla melhora o percentual de PB em *Urochloa decumbens* em relação a linha simples. A partir dos resultados recomenda-se a dose de 400 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para a pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, e para os sistemas silvipastoris simples e duplo.

**Palavras-chaves:** adubo orgânico, composição bromatológica, *Corymbia citriodora*, dejetos suíno, *Urochloa decumbens*

## ABSTRACT

The large amount of waste produced by the swine industry has become a major problem. The study of alternatives that promote appropriate disposal, such as the use of waste in soil fertilization, has been ongoing for some time. However, it is necessary to also consider the long-term effects of using these alternatives. The objective of the study was to evaluate the bromatological and nutritional characteristics of *Urochloa decumbens* after continuous application of swine wastewater (SW) in two silvipastoral systems and in a single pasture under simulated grazing, in the municipality of Uberlândia, Minas Gerais. Three experiments were evaluated, the first with a single *Urochloa decumbens* pasture, and two silvipastoral systems, one with *Corymbia citriodora* in a single line and the other with *Corymbia citriodora* in a double line, these consorted with 15 meters strips of *U. decumbens* pasture, between the lines of *Corymbia*. The statistical design used for each experiment was randomized blocks with four repetitions for the single pasture and five repetitions for the silvipastoral systems. The SW doses used were 0 (no application of SW), 200, 400, 600, and 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. The data were submitted to variance analysis, using for comparison of means, the Regression test at 5% significance level for the doses of SW and the Tukey test at 5% significance level for the evaluation of the different planting systems. After four years of SW application, there was an increase in the foliar K content, with the highest foliar content of 21.32 g kg<sup>-1</sup> at the dose of 736.9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. A single *Urochloa decumbens* pasture promoted a higher foliar content of the nutrients N, P, S, B, Cu and Mn and in the percentage of PB, FDA and FDN. The silvipastoral systems in single and double row improved the foliar contents of Ca, Mg in *Urochloa decumbens*. The silvipastoral system in double row improved the percentage of crude protein in *Urochloa decumbens* compared to the single row. From the results, it is recommended a dose of 400 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> for the single *Urochloa decumbens* pasture, and for the single and double silvipastoral systems.

**Keywords:** chemical composition, *Corymbia citriodora*, organic fertilizer, swine manure, *Urochloa decumbens*..

### 3.1 Introdução

A produção de forrageiras é preponderante na pecuária brasileira, por ser tratar da forma mais econômica e prática de produção de alimentos para a maioria do rebanho bovino brasileiro, devido ao baixo custo de produção proporcionado pelas pastagens, quando comparado aos sistemas de confinamento (BERCHIELLI et al., 2012; LIMA et al., 2019).

Aproximadamente, 90% das pastagens brasileiras são constituídas de gramíneas do gênero *Urochloa* (SOUZA et al., 2016). Isso está relacionado a essas gramíneas terem uma alta produção de massa seca, uma facilidade de estabelecimento, um adequado valor nutritivo e um crescimento inclusive no período seco (COSTA et al., 2005), além de serem tolerantes as condições edafoclimáticas do Cerrado e é também persistente, resiste à intensa e frequente desfolhação e apresenta elevado vigor de rebrota (ALVIM et al., 2002).

Alvarado et al. (1990) constataram que a *Urochloa decumbens* tem grande potencial na produção de massa seca e excelentes características adaptativas para solos de Cerrado, determinando teores de proteína relativamente elevados de 9,4 e 8,8% para 42 e 56 dias de idade. Porém, o manejo inadequado e a falta de adubação corretiva no estabelecimento e manutenção do solo para repor nutrientes no solo contribuem para a degradação das pastagens cultivadas (ALVES et al., 2014).

Porém, em regiões tropicais, um grande desafio para a manutenção são as altas taxas de decomposição do material vegetal, o que demanda por grandes quantidades de palha (CHIODEROLI et al., 2012), devendo-se considerar a utilização de gramíneas e leguminosas, anuais ou semiperenes para essa finalidade (CARNEIRO; AMARANTE, 2008). Assim, a utilização de plantas com sistemas radiculares capazes de explorar diferentes profundidades do solo, com potencial diferenciado de ciclagem, proporciona melhor equilíbrio dos nutrientes e na atividade biológica do solo (CHIODEROLI et al., 2012).

Na região dos Cerrados, estima-se que a área de pastagens cultivadas seja de 48 milhões de hectares e que mais de 50% destes encontra-se em algum grau de degradação (CARVALHO et al., 2017; SOARES FILHO et al., 2008, SOARES FILHO et al., 1992), ou seja, em processo evolutivo de perda de vigor, sem possibilidade de recuperação natural e incapaz de sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais, bem como de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas invasoras (CARVALHO et al., 2017).

Diversas técnicas vêm sendo realizadas para recuperar as áreas de pastagens degradadas, como o uso de sistemas de integração lavoura pecuária floresta (ILPF), que consiste na criação de animais e, o plantio de árvores, plantas forrageiras e espécies agrícolas na mesma área. Esses sistemas tem potencial para melhorar a fertilidade do solo em pastagens, o que resulta no aumento do crescimento de gramíneas, bem como em seu valor nutritivo, em além de promover conforto térmico para animais em pastejo (FARIA et al., 2018).

A utilização de resíduos orgânicos pode ser uma forma de reduzir os custos com adubação, além de criar um descarte apropriado para os mesmos (DA SILVA CASTRO et al. 2016). De acordo com Silva et al. (2012), a adubação proveniente de dejetos de animais pode ser uma ótima alternativa para pastagens, oferecendo boas concentrações de nutrientes, principalmente do N. É uma alternativa de custo bem inferior a adubos formulados, tornando-se uma ótima opção para as empresas produtoras de carne, às quais necessitam descartar os resíduos produzidos pelos animais (DA SILVA CASTRO et al. 2016).

Os resíduos contêm nutrientes, tais como N, P, K, Ca, Mg, boro (B) e cobre (Cu) fundamentais para o desenvolvimento dos vegetais (FRANCO et al., 2010). Diante disso, a sua aplicação no solo interfere nos atributos químicos, aumentando a disponibilidade de nutrientes às plantas, sendo importante dar destino a esses compostos (NOBILE et al., 2012). Cerca de 100 % do K, 67% do N, 33% do P disponibilizado pelo resíduo encontram-se na forma mineral, prontamente assimilável para as plantas (GOMES FILHO et al., 2001; PRIOR et al., 2015).

A fonte orgânica, como a água residuária de suinocultura (ARS), é uma alternativa de nutrientes, por conter além da matéria orgânica, macro e micronutrientes presentes na alimentação dos animais (CABRAL et al., 2011; SERPA FILHO et al., 2013; SOUZA et al., 2016). A ARS reduz a sua densidade aparente do solo, e melhora a estrutura e a estabilidade de seus agregados, aumentando a capacidade de infiltração de água, a aeração e, conseqüentemente melhorando a possibilidade de penetração radicular, apresentando assim interações benéficas com microrganismos do solo (ANDREOLA et al., 2000; GOMES et al., 2019).

Diante do proposto, este trabalho teve como objetivo avaliar as características bromatológicas e nutricionais da *Urochloa decumbens* sob aplicação de ARS em dois sistemas de sistema silvipastoril e em pastagem solteira sob simulação de pastejo.

### 3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em campo no período de dezembro de 2014 a dezembro de 2019, em área localizada na fazenda Bonsucesso na rodovia Uberlândia – Campo Florido (MGC – 455) km 20, no município de Uberlândia – MG, nas coordenadas geográficas de latitude  $19^{\circ}06'04''S$ , longitude  $48^{\circ}22'10''W$  e altitude média de 815 metros (Figura 1).

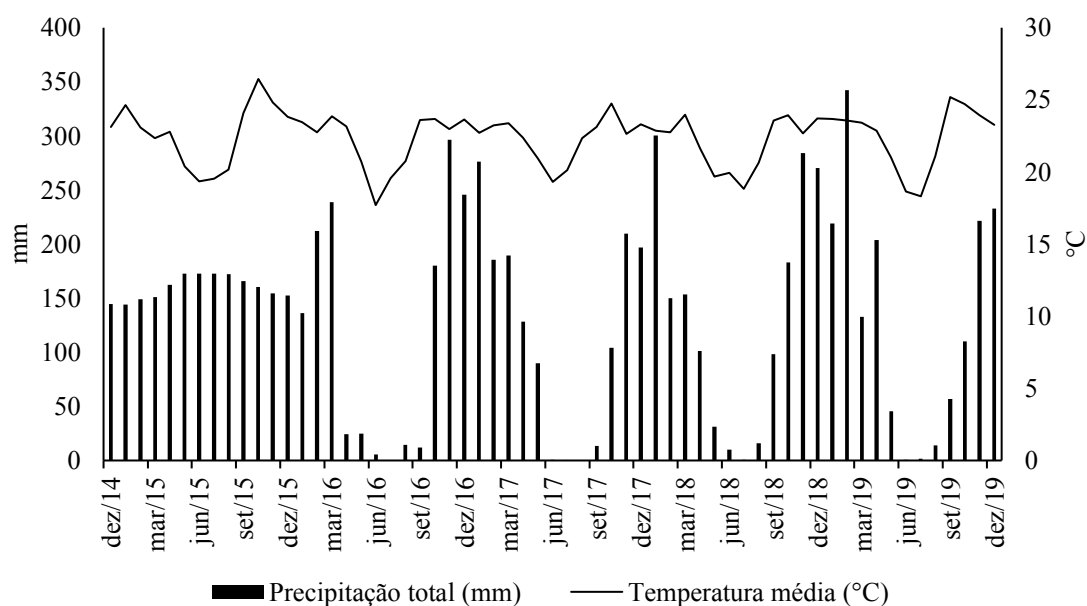
**Figura 1.** Foto de satélite da vista aérea do local de execução e elaboração dos experimentos na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG



Fonte: Google Earth, 2022

O clima da região foi classificado pelo método de Köppen, como Aw, tropical quente e úmido, com inverno frio e seco (BECK et al. 2018). A precipitação anual média é de 1606 mm e a temperatura média anual é de  $21,5^{\circ}C$  (ROLIM; APARECIDO, 2016). Os dados climáticos foram coletados no Laboratório de Climatologia e Meteorologia Ambiental - CLIMA - ICIAG – UFU localizada na Fazenda Experimental Água Limpa, Universidade Federal de Uberlândia, na rodovia Uberlândia – Campo Florido (MGC – 455) km 12, no município de Uberlândia – MG, nas coordenadas geográficas de latitude  $19^{\circ}05'22,5''O$ , longitude  $48^{\circ}21'30''S$  do período experimental e encontram-se na Figura 2.

**Figura 2.** Precipitação e temperatura média do ar durante o período experimental, Uberlândia – MG.



O experimento foi implantado sob uma área de cerrado, já estabelecida com pastagem de *Urochloa decumbens* (syn *Brachiaria decumbens*). O solo foi classificado, segundo critérios estabelecidos por Santos et al. (2018), como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico típico, com horizonte A moderado. Antes da instalação do experimento realizou-se a coleta de solo e a análise química nas profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, para fins de averiguar a fertilidade e os atributos químicos do solo (Tabela 1 e Tabela 2). Foi também determinada a textura do solo, que obteve classificação como textura arenosa, composta por 31,0% de areia grossa, 48,8% de areia fina, 8,8% de silte e 11,4% de argila.

**Tabela 1.** Caracterização química do solo da área experimental, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG na implantação do experimento, 2014.

Prof. m	pH H <sub>2</sub> O	P ---mg dm <sup>-3</sup> --	K	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al <sup>3+</sup>	SB	T	V --- % ---	m	M.O. --dag kg <sup>-1</sup> --
0-0,20	5,7	9,6	29	0,0	0,9	0,5	1,8	1,47	3,27	45	0	1,7
0,20-0,40	5,7	3,3	15	0,0	0,7	0,2	1,8	0,94	2,74	34	0	0,7
0,40-0,60	5,4	1,3	13	0,3	0,5	0,2	1,6	0,73	2,33	31	29	0,8

P, K = (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>); P disponível (extrator Mehlich<sup>-1</sup>); Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); H+Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); SB = Soma de Bases; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio. Argila: Método da pipeta. M.O. = Matéria Orgânica pelo Método Colorimétrico. (TEIXEIRA et al., 2017).

**Tabela 2.** Teores de micronutrientes e argila no solo da área experimental, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG na implantação do experimento, 2014.

<b>Prof.</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
m	----- mg dm <sup>-3</sup> -----				
0-0,20	0,11	0,8	36	3,6	1,2
0,20-0,40	0,07	0,8	23	1,8	0,5
0,40-0,60	0,07	0,6	16	1,4	0,1

B = (BaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O 0,0125% à quente); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol L<sup>-1</sup> + TEA 0,01 mol<sup>-1</sup> + CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> a pH 7.3) (TEIXEIRA et al., 2017).

De acordo com Ribeiro et al. (1999), o pH do solo nas três profundidades, 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, está em nível bom, com acidez classificada como média, não sendo necessário realizar a correção da acidez do solo. O magnésio (Mg) nas três profundidades, encontrava-se com os teores considerados médios. Os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), nas três profundidades, encontravam-se baixo. O ferro (Fe) foi classificado como adequado e o cobre (Cu) nas três profundidades e o zinco (Zn) na profundidade de 0-0,20 m, encontravam-se com os teores considerados médios. O boro (B) e o manganês (Mn) nas três profundidades e o zinco (Zn) nas profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, encontravam-se baixo. A acidez potencial (H<sup>+</sup>Al<sup>3+</sup>), o teor de matéria orgânica (MO), soma de bases (SB) e CTC total (T) foram classificados como baixa. Já a saturação de bases (V) na profundidade de 0-0,20 m foi classificada como média e nas profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, encontravam-se baixo (Tabela 1 e 2).

Para instalação do desenho experimental definiu-se a implantação de 3 sistemas distintos: pastagem solteira, sistema agroflorestal 1 (linhas simples) e sistema agroflorestal 2 (linhas duplas).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) fatorial 3x5, em que o primeiro fator consistiu em sistemas de produção de forrageira e o segundo fator doses de ARS. Os sistemas de produção de forrageira utilizados foram *Urochloa decumbens* solteira, sistema silvipastoril linha simples e sistema silvipastoril linha dupla e as doses de ARS foram 0 (ausência de ARS), 200, 400, 600 e 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de ARS.

Pastagem de *Urochloa decumbens* solteira com quatro repetições. As parcelas do experimento foram de 4 metros de comprimento por 4 metros de largura, com uma área de 16 m<sup>2</sup> (Figura 3).



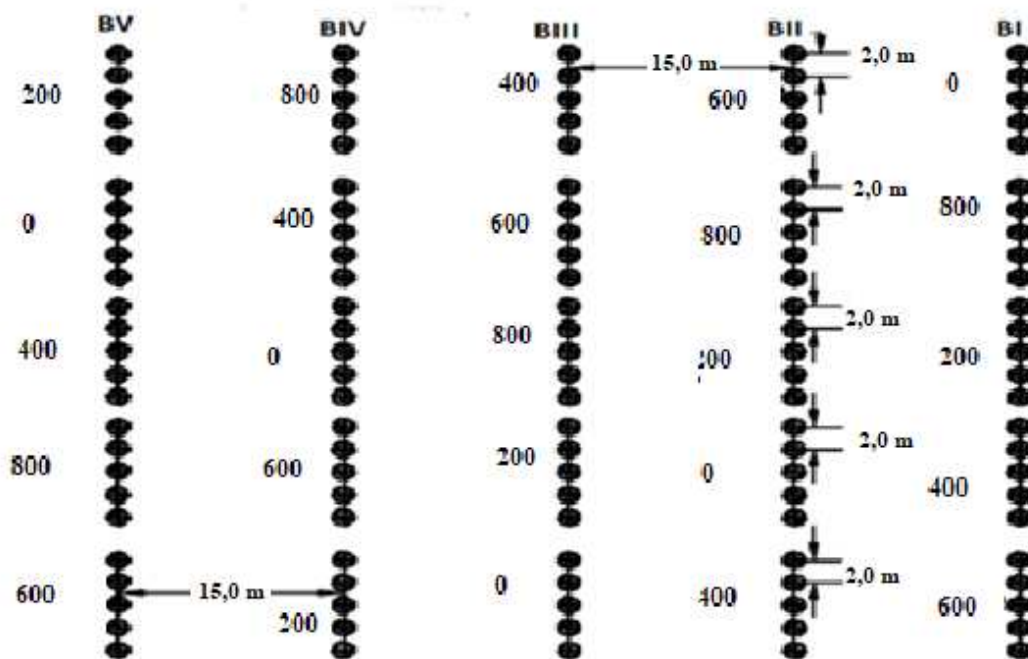
**Figura 3.** Croqui do experimento com *Urochloa decumbens* solteira, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG

BIV	BIII	BII	BI	
400	800	600	200	
0	600	400	800	
200	0	200	400	
600	400	0	600	
800	200	800	0	4,00m
				4,00m

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Sistema silvipastoril, *Corymbia citriodora* em linha simples e *Urochloa decumbens* com cinco repetição. O espaçamento utilizado no plantio em linhas simples foi de 2 metros entre plantas e 15 metros entre as linhas simples. Na entrelinha, manteve-se a pastagem de *Urochloa decumbens*. As parcelas constituíam de 10 metros de comprimento, contendo 5 plantas em cada linha, totalizando 5 plantas na parcela, por 3 metros de largura, com uma área de 30 m<sup>2</sup> (Figura 4). O plantio das mudas de *Corymbia citriodora* foi realizado no mês de dezembro de 2014, com sistema em linhas simples.

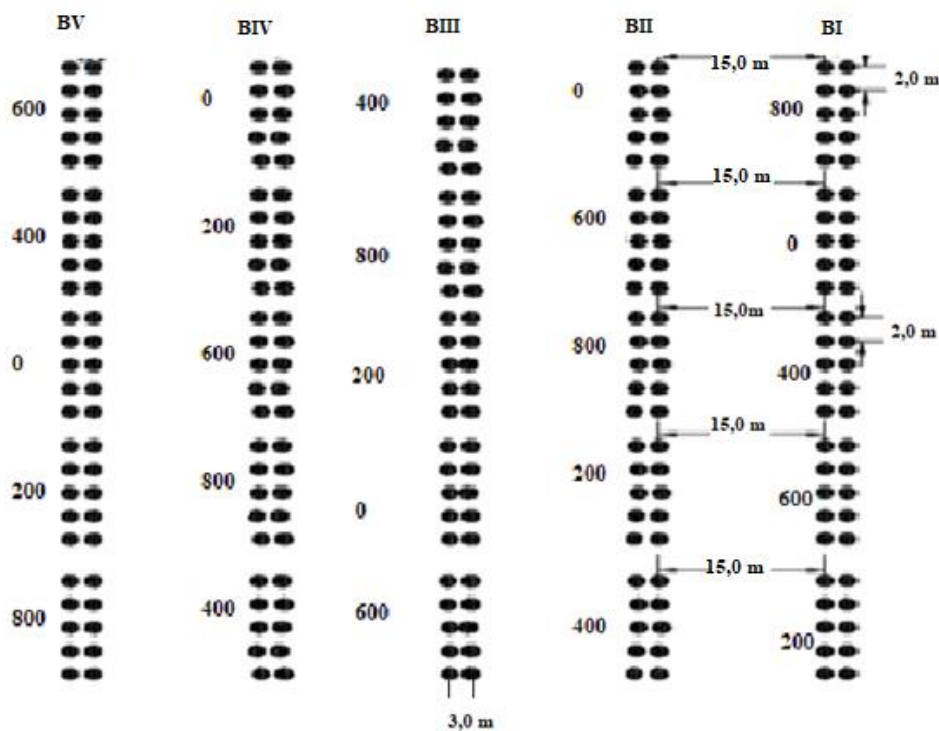
**Figura 4.** Croqui do experimento com sistema silvipastoril, *Corymbia citriodora* em linha simples e *Urochloa decumbens*, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Sistema silvipastoril, *Corymbia citriodora* em linha dupla e *Urochloa decumbens* com cinco repetição. O espaçamento utilizado no plantio de citriodora em linhas duplas foi de 2 metros entre plantas na linha mais 3 metros entre linhas e 15 metros entre as linhas duplas. Nas entrelinhas da citriodora manteve-se a pastagem de *Urochloa decumbens*. As parcelas constituíram de 10 metros de comprimento, contendo 5 plantas em cada linha simples, totalizando 10 plantas na parcela, por 6 metros de largura, com uma área de 60 m<sup>2</sup> (Figura 5).

**Figura 5.** Croqui do experimento com sistema silvipastoril, *Corymbia citriodora* em linha dupla e *Urochloa decumbens*, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Para implantação dos desenhos experimentais dos dois sistemas silvipastoris, linha simples e linhas duplas, dois meses antes do plantio das mudas de *Corymbia citriodora* foi realizado o controle de formigas da área experimental e num raio de aproximadamente 200 m nas áreas adjacentes. O plantio das mudas de *Corymbia citriodora* foi realizado no mês de dezembro de 2014. O sulcamento da linha de plantio foi realizado com sulcador a uma profundidade de 40 cm.

A adubação de plantio e cobertura para o *Corymbia* foi realizada de acordo com a análise de solo e necessidade da planta, segundo (RIBEIRO et al., 1999). No plantio das mudas, foram utilizados  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de superfosfato simples (18% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), aplicados na linha de plantio e a adubação de cobertura com 0,15 kg por planta do formulado 20-00-20, aos 90 e 150 dias após o plantio. O controle de plantas infestantes na área dos sistemas silvipastoril foi realizada na projeção da copa, com a capina manual, aos 60, 120 e 180 dias após o plantio, respectivamente, em uma faixa de 80 cm sobre a linha de plantio.

O sistema de irrigação para aplicação da ARS foi instalado no mês de fevereiro de 2015 (Figura 6). A irrigação foi feita por aspersão, em que antes de todas as aplicações era realizado o teste de vazão, de acordo com as doses utilizadas. A ARS utilizada em

todo o período do experimento foi proveniente da suinocultura da fazenda Bonsucesso, com plantel de 6.000 suínos na fase de engorda, gerando um volume médio de 110 m<sup>3</sup> de ARS por dia. Os dejetos são manejados com biodigestor de manta de PVC e lagoa de estabilização, ficando armazenados por aproximadamente 20 dias.

**Figura 6.** Irrigação da área dos experimentos na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG



**Fonte:** Faria, 2015

Foram coletadas amostras da ARS antes das aplicações, para caracterização química segundo Teixeira et al. (2017) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Caracterização da água residuária da suinocultura, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia.

Determinação	Unidade	Média das aplicações
pH	%	7,27
Densidade	%	1,00
Matéria orgânica	%	0,74
Carbono orgânico	%	0,41
Nitrogênio (N) total	%	0,32
Relação Carbono/Nitrogênio	%	1,56
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) total	%	0,07
Potássio (K <sub>2</sub> O) sol. em água	%	0,3
Cálcio (Ca)	%	0,6
Magnésio (Mg)	%	0,07
Sódio (Na)	mg L <sup>-1</sup>	400
Boro (B)	mg L <sup>-1</sup>	0,12
Cobre (Cu)	mg L <sup>-1</sup>	8,7
Ferro (Fe)	mg L <sup>-1</sup>	13,6
Níquel (Ni)	mg L <sup>-1</sup>	ns
Manganês (Mn)	mg L <sup>-1</sup>	16
Zinco (Zn)	mg L <sup>-1</sup>	6,3

Durante os quatro anos de aplicação de ARS, foram avaliadas as seguintes variáveis: teor foliar de macronutrientes, N, P, K, Ca, Mg e S, e micronutrientes, B, Cu, Fe, Zn e Mn, da parte aérea, e a concentração de PB (proteína bruta), FDN (fibra em detergente neutro) e FDA (fibra em detergente ácido).

Após 30 dias da aplicação da ARS na época das águas, coletou-se a última folha totalmente expandida por unidade de planta em forma aleatória, denominada folha referência, totalizando 30 unidades por parcela (MALAVOLTA, 2006). Estas foram colocadas em sacos de papel e levadas para estufa de circulação forçada de ar à uma temperatura de 65°C por um período de 72 horas. Após a secagem, as amostras foram passadas pelo processo de moagem em moinho tipo Willey (2 mm), identificadas e encaminhadas para o laboratório.

Os métodos utilizados para a determinação dos macro e micronutrientes foram: digestão sulfúrica do N (N Total), digestão nitro perclórica para Fósforo (P), Potássio (K),

Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn) e incineração para Boro (B) (MALAVOLTA, 2006).

Após 30 dias da aplicação da ARS na época das águas, foram coletadas 30 folhas de cada parcela para determinação dos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). Estas foram colocadas em sacos de papel e levadas para estufa de circulação forçada de ar à uma temperatura de 65°C por um período de 72 horas. As amostras foram moídas no tamanho de 1 mm, colocadas em cubeta próprias do equipamento e escaneadas em Espectrômetro de Reflectância Infravermelho Próximo (NIRS) NIR, modelo Spectra Star 2600 XT series of Near Infrared Analyzers (Unity Scientific®). Após a leitura de cada amostra foi feita a limpeza das cubetas para retirada de resíduos.

Os sistemas foram avaliados individualmente, em que os resultados foram primeiramente submetidos aos testes de pressuposições, homogeneidade, heterogeneidade e aditividade, a fim de avaliar a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias, respectivamente. Após isso, os dados foram submetidos à análise de variância. Para a avaliação dos efeitos das doses de ARS, utilizou-se regressões polinomiais e para avaliação dos sistemas de produção de forrageira, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o aplicativo R (R CORE TEAM, 2018).

### 3.3 Resultados e discussão

Os teores foliares dos macros, N, P, Ca e Mg, em *Urochloa decumbens* diferiram de acordo com o sistema utilizado, independente da dose de ARS utilizada. A pastagem *Urochloa decumbens* solteira e sistema silvipastoril em linha dupla, tiveram um maior incremento dos teores foliares de N em *Urochloa decumbens* quando comparado com sistema silvipastoril em linha simples (Tabela 4).

**Tabela 4.** Teor foliar de N, P, K, Ca, Mg e S em g kg<sup>-1</sup> na braquiária em área de pastagem *Urochloa decumbens* solteira e sistemas silvipastoris, linha simples e linha dupla, após quatro anos de aplicação de ARS, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

Doses <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )			P (g kg <sup>-1</sup> )			K (g kg <sup>-1</sup> )		
	BS	LS	LD	BS	LS	LD	BS	LS	LD
0	16,82	16,31	14,91	2,14	1,41	1,35	16,25	13,79	14,45
200	16,77	15,88	13,57	2,19	1,31	1,38	17,08	15,38	16,44
400	19,01	15,60	13,94	2,15	1,34	1,50	17,07	15,38	18,03
600	20,58	17,40	15,85	1,98	1,21	1,31	17,07	17,11	18,57
800	16,12	17,19	15,18	2,06	1,29	1,36	17,24	17,24	18,25
<b>Média</b>	17,86a	14,69b	16,48a	2,10a	1,38b	1,31b	16,94a	16,87a	15,78a
	<sup>1</sup> KS= <b>0,180</b>			<sup>1</sup> KS= <b>0,360</b>			<sup>1</sup> KS= <b>0,558</b>		
	F <sub>levene</sub> = <b>0,695</b>			F <sub>levene</sub> = <b>0,669</b>			F <sub>levene</sub> = <b>0,961</b>		
	F <sub>aditividade</sub> = <b>2,718</b>			F <sub>aditividade</sub> = <b>1,913</b>			F <sub>aditividade</sub> = <b>3,212</b>		
Doses <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Ca (g kg <sup>-1</sup> )			Mg (g kg <sup>-1</sup> )			S (g kg <sup>-1</sup> )		
	BS	LS	LD	BS	LS	LD	BS	LS	LD
0	8,46	12,25	10,84	3,27	5,08	4,63	0,97a	0,98a	1,15a
200	9,20	11,99	10,79	3,14	4,43	4,36	1,62a	1,02b	0,94b
400	9,46	11,97	10,90	3,25	4,44	4,17	1,19a	0,86b	0,84b
600	9,97	14,39	11,22	3,45	4,39	4,39	1,43a	0,96b	0,90b
800	10,24	11,39	13,28	3,47	4,46	4,11	1,33a	1,11b	0,88b
<b>Média</b>	9,47b	11,41a	12,40a	3,31b	4,33a	4,56a	1,31	0,96	0,97
	<sup>1</sup> KS= <b>0,076</b>			<sup>1</sup> KS= <b>0,076</b>			<sup>1</sup> KS= <b>0,337</b>		
	F <sub>levene</sub> = <b>0,702</b>			F <sub>levene</sub> = <b>0,540</b>			F <sub>levene</sub> = <b>0,453</b>		
	F <sub>aditividade</sub> = <b>1,293</b>			F <sub>aditividade</sub> = <b>2,211</b>			F <sub>aditividade</sub> = <b>3,374</b>		

BS: Braquiária solteira; LS: Linha simples; LD: Linha dupla. Médias seguidas por letras minúsculas na linha, diferem entre si pelos testes de Tukey e F, respectivamente a 0,05 de significância; <sup>1</sup>KS, F<sub>levene</sub>, F<sub>aditividade</sub>: estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene, Teste de Tukey para Aditividade. Valores em negrito indicam blocos com efeito aditivos, resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância, respectivamente.

Ao analisar os teores foliares dos macronutrientes constatou-se que estes encontraram na seguinte ordem, N>K>Ca>P>Mg>S. Uma vez que entre os macronutrientes primários, o K e N são os nutrientes em maior proporção nas folhas e P o que foi acumulado em menor quantidade. Braz et al. (2004) observou que o Ca foi mais acumulado que o P corroborando com o resultado encontrado (Tabela 4). A explicação

para o K ter sido um dos nutrientes mais acumulados na parte aérea da planta, pode ser relacionada a forma predominante livre que esse elemento se encontra na planta, a forma iônica  $K^+$  e, mesmo sendo um elemento extremamente importante para o crescimento e desenvolvimento dessa, este não participa de componentes funcionais e estruturais da planta (BRAZ et al., 2004).

Kiehl (1985) e Vieira (1997), destacaram como vantagens da utilização de esterco na agricultura o aumento do poder tampão, a intensificação das atividades microbianas e enzimáticas dos solos, e Drumond (2003) constataram a elevação dos teores de N, K, P, S, Ca e Mg do solo, tornando esses nutrientes disponíveis para as plantas. Moreira et al. (2015) observaram que o biofertilizante suíno é fonte de macro e micronutrientes e sua produção pode ser uma alternativa racional para a destinação final de dejetos suínos e produção de forragens.

As áreas de pastagens brasileiras são cultivadas em sua maioria sem a reposição correta dos nutrientes, e diante disso, constata-se que mesmo em área fertilizadas por diferentes técnicas como adubação orgânica e/ou química é necessário que a reposição constante dos nutrientes extraídos ou perdido seja realizada, a fim de garantir a produção sustentável das forrageiras ao longo do tempo, notadamente para aqueles nutrientes de maior demanda pelas plantas como N, P e K (TEIXEIRA et al., 2012).

Em todos os tratamentos (Tabela 4) obteve-se valores de N dentro do intervalo de teores adequados para capim-braquiária (*Urochloa decumbens*), 12 a 20 g kg<sup>-1</sup>, de acordo com Werner et al. (1996). Através da mineralização do tecido foliar de culturas, volatilização, lixiviação, percolação e escoamento por erosão laminar, mas mesmo com essas perdas, estima-se que 60% a 70% do N encontrado na biomassa vegetal é reciclado e novamente absorvido pelas plantas (BRAZ et al., 2004).

A matéria orgânica (MO) é uma ótima fonte de N, e nesse experimento utilizou-se a ARS como o fertilizante. O N é um dos principais componentes da ARS, sendo facilmente perdido por volatilização, lixiviação ou desnitrificação (BARROS et al., 2011; BATAGLIA et al., 1983), como a aplicação de doses foi realizada duas vezes ao ano em volumes significativamente altos.

A pastagem antes do início do experimento encontrava-se em estado de degradação, em que o solo da área encontrava-se com baixo teor de MO (Tabela 1), e após quatro anos de experimento essa área foi recuperada, aumentando a cobertura vegetal, o que pode ter contribuído para a melhoria dos atributos físicos do solo, como a porosidade e estrutura. Outro fator é que o uso de duas culturas com os sistemas



radiculares diferentes, contribui para a melhoria da estrutura do solo, facilitando uma melhor exploração das raízes do capim braquiária.

A maioria dos trabalhos que avaliaram a ARS, focaram as pesquisas no potencial fertilizante, com ênfase ao N, por esse ser o nutriente exigido em maior quantidade, além de estar em maior concentração no dejetos líquido de suínos e por ter uma dinâmica complexa no solo (ASSMANN et al., 2007). A ARS é considerada uma excelente fonte de nutrientes (ADELI; VARCO, 2001). E devido a isso, é uma ótima fonte significativa dos outros nutrientes, como P e K (ADELI; VARCO, 2001; ASSMANN et al., 2007) e, quando manejado corretamente, pode suprir parcial ou totalmente o fertilizante químico (MENEZES et al., 2003), melhorando as características químicas, físicas e microbiológicas do solo (MEDEIROS et al., 2007).

A pastagem *Urochloa decumbens* solteira teve um acréscimo de 52% e 60% no teor foliar de P na *Urochloa decumbens* após quatro anos consecutivos de aplicação de ARS, quando comparadas aos sistemas silvipastoris com linha simples e linha dupla, respectivamente (Tabela 4). Isso pode ser relacionado a menor densidade de plantas na área de *Urochloa decumbens* solteira, reduzindo a competição pelos os íons de P.

O experimento foi conduzido na região do Cerrado, sendo característico dos solos dessa região a adsorção do P nos colóides, e constatou na análise realizada na implantação do experimento que o teor de P no solo estava baixo (Tabela 1). Torres et al. (2014) observou que a utilização de sistemas de manejo que promovem adição de matéria orgânica ao solo pode contribuir para a disponibilidade de P para as plantas. A utilização de fontes orgânicas disponibiliza P imobilizado, e através da ação da biofauna do solo, esse P passa pela mineralização, como é um processo mais lento, esse P fica prontamente disponível para as plantas lentamente, sendo melhor aproveitado por estas.

O aumento do P nas folhas pode estar relacionado a presença deste na ARS, de forma semelhante ao N, sendo um nutriente presente na ARS que só se torna disponível quando os microrganismos do solo decompõem a matéria orgânica e, posteriormente mineralizarem o P, liberando os íons fosfato inorgânico (fósforo disponível) (NOBILE et al., 2012; RAGHOTHAMA, 1999). Devido mineralização dos nutrientes contidos na ARS, a utilização desta na fertirrigação pode ser uma das alternativas de reciclagem desse dejetos, pois, esses são disponibilizados à absorção pelas plantas (BATISTA et al., 2014).

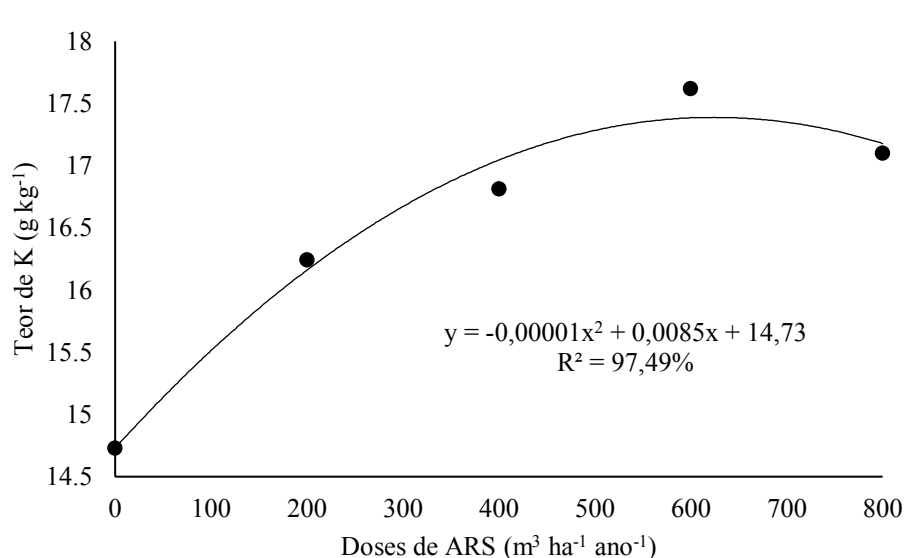
De acordo com Silva et al. (2012), na digestão anaeróbica, os compostos orgânicos são convertidos pela ação de vários tipos de bactérias em componentes com estrutura mais simples. Em um biodigestor é realizado a digestão dos dejetos de suínos por um processo

anaeróbico, pelo qual é produzido o biogás, utilizado como biocombustível, e o efluente do biodigestor, o biofertilizante, adequado na fertilização de solo (SILVA et al., 2012; VILELA JÚNIOR et al., 2003). Devido ao processo anaeróbico, os nutrientes do biofertilizante estão mais prontamente disponíveis para as plantas do que os do fertilizante orgânico não digerido (SILVA et al., 2012; VILELA JÚNIOR et al., 2003).

O P é um elemento vital para o desenvolvimento das plantas, pois constitui o ATP (adenosina trifosfato), que é a maior fonte de energia que um organismo necessita para desempenhar suas funções biológicas, sendo importante para manter o vigor e desenvolvimento das plantas (CECATO et al., 2007).

O teor foliar do P encontra-se dentro do intervalo adequado, 0,8 a 3,0 g kg<sup>-1</sup> (WERNER et al., 1996), em todo o experimento (Tabela 4), isso pode ser relacionado a recuperação da pastagem degradada, visto que ocorreu um aumento do sistema radicular da *Urochloa decumbens* e conseqüentemente uma melhor absorção de água e nutrientes. O desenvolvimento rápido das raízes laterais com abundância em pêlos radiculares são responsáveis pela melhoria na habilidade da planta em explorar o solo em busca de novas reservas de P e assim extrair eficientemente quando é encontrada áreas com alto teor de P (ALMEIDA, 2016). Além disso, a ARS possui altas concentrações de P, que ao ser aplicado no solo superficialmente sem incorporação contribui para elevar os seus níveis (CERETTA et al., 2010; SCHERER et al., 2007).

Os teores foliares do K em *Urochloa decumbens* não sofreram interferência dos sistemas de produção de forrageira, independente da dose de ARS utilizada (Tabela 4). As doses de ARS interferiram nos teores foliares de K em *Urochloa decumbens*, independente dos sistemas de produção de forrageira utilizado (Figura 7).



**Figura 7.** Teor foliar de K ( $\text{g kg}^{-1}$ ) para doses de ARS independentemente do tipo de sistemas de produção de forrageira após quatro anos consecutivos de aplicação de ARS, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

Os teores foliares de K na *Urochloa decumbens* se encaixaram no modelo quadrático, em que o maior teor foliar de K,  $21,34 \text{ kg ha}^{-1}$ , foi obtido na dose de  $736,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de ARS. A partir dessa dose, o teor foliar desse nutriente decresceu (Figura 7). Bertoncini (2011) constatou que 70 a 95% do K absorvido pelos suínos através da ração, é excretado, podendo isso ser a explicação para o aumento dos teores foliares desse nutriente com o aumento das doses, como os teores foliares de K no presente experimento (Tabela 4; Figura 7) estão dentro do adequado para *Urochloa decumbens*, 12 a  $25 \text{ kg ha}^{-1}$ , de acordo com Werner et al. (1996).

A partir da dose de  $736,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , ocorreu uma redução no teor de K foliar, o que pode ser relacionado a competição desse com as demais bases, Ca, Mg e Na. Visto que altos teores de Ca e Mg no solo geram inibição competitiva com o K (ARANTES; NOGUEIRA, 1986; MOREIRA et al., 1999; SALVADOR et al., 2011), e assim em solos arenosos esse nutriente pode ser facilmente lixiviado. Diante disso, para que esses elementos na planta estejam no nível adequado, é importante que os cátions da solução do solo encontrem-se em equilíbrio, pois isso interferirá nos níveis de absorção desses elementos pela planta (BULL, 1986; SALVADOR et al., 2011).

Apesar de não fazer parte de nenhuma estrutura ou biomoléculas, o K desempenha um importante papel em muitos processos fisiológicos, incluindo a fotossíntese, o equilíbrio entre cátions e ânions, turgor do tecido vegetal, processos de transporte de elétrons, regulação osmótica, a ativação de muitas enzimas, além de participar na síntese

proteica (FERREIRA et al., 2019; OOSTERHUIS et al., 2014). Esse elemento possibilita um maior crescimento e desenvolvimento da planta, por estar envolvido na translocação do floema de assimilados (LEBAUDY et al., 2007). De acordo com Scherer (1998), para a obtenção de 90% do máximo rendimento de produção, é necessário que o teor foliar de K em plantas de soja próximo a  $14 \text{ g kg}^{-1}$ , e o que foi constatado ao analisar os resultados encontrados no presente trabalho (Tabela 4). Isso pode ser relacionado ao fato que até 95% do K absorvido na alimentação dos suínos é excretado por esses animais (BERTONCINI, 2011)

Os macronutrientes secundários, Ca, Mg e S, possuem papel fundamental no crescimento e desenvolvimento das gramíneas forrageiras devido ao seu envolvimento nos inúmeros processos bioquímicos e celulares das plantas (WERNER et al., 2020). O Ca é um nutriente que participa nas funções estruturais, osmóticas e de mensageiro citoplasmático (MARSCHENER, 1995; SALVADOR et al., 2011; WHITE, 1998). E, o Mg é o único elemento constituinte da molécula de clorofila, contendo em sua composição porfirinas magnesianas, que correspondem a 2,7% de seu peso molecular (SOUSA et al., 2007). Esses nutrientes são essenciais para a produção de forragem e devem estar na quantidade adequada para a *Urochloa decumbens*.

E, ao analisar os teores foliares de Ca e Mg em *Urochloa decumbens* observou que nos sistemas silvipastoris em linha simples e em linha dupla foram melhores quando comparados ao sistema de pastagem *Urochloa decumbens* solteira (Tabela 4). Segundo Werner et al. (1996), todos os tratamentos estão adequados para os teores foliares, 2 a 6  $\text{kg ha}^{-1}$  para Ca e 1,5 a 4  $\text{kg ha}^{-1}$  para Mg na *Urochloa decumbens*, visto que 50 a 80% do Ca e 70 a 95% do Mg fornecidos aos suínos através da ração, é excretado pelos animais (BERTONCINI, 2011).

O solo do Cerrado possui limitações para a produção agrícola, seja na produção de grãos seja nas forrageiras, devido aos altos teores de alumínio (Al) trocável e os baixos teores de Ca e Mg que demandam na utilização de corretivos da acidez do solo, como os calcários (FONTANA et al., 2016). Porém, nessa área não foi realizada a correção do solo desde o início do experimento, já que pela análise inicial o pH encontrava-se no valor adequado (Tabela 1). CERETTA et al. (2003) demonstrou que devido ao seu potencial fertilizante, a ARS pode melhorar condições de baixa disponibilidade de nutrientes e alta concentração de alumínio tóxico ( $\text{Al}^{3+}$ ) em pastagens. Além disso, a ARS contém íons de Na, K e  $\text{NH}_4^+$ , que em que em competição pelos sítios de troca com os íons de  $\text{Ca}^{2+}$  e o

Mg<sup>2+</sup>, são deslocados para camadas mais profundas através da lixiviação (KING et al., 1985; MAGGI et al., 2011).

Furtini Neto et al. (2001) a aplicação de resíduos orgânicos ao solo intensifica a lixiviação de Ca pelo fato de que a água residuária pode ocasionar elevação do pH favorecendo a mineralização, aumentando a liberação de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente; a lixiviação de Ca (HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> com a água, isso pode ser relacionado ao aumento das concentrações deste íon com a aplicação de ARS (MAGGI et al., 2011).

Barnabé et al. (2007), constatou-se que o aumento das doses dos dejetos de suínos em *Urochloa brizanta* cv. Marandu promoveu acréscimo nos teores foliares de K, Ca e Mg. Azevedo (1991), avaliando o efeito do referido dejetos na nutrição de capim gordura (*Melinis minutiflora*) também obteve acréscimos dos teores foliares de K, Ca e Mg. Já, Teixeira et al. (2012) constataram que os teores de nutrientes nas folhas e no solo cultivado com gramínea forrageira cv. Marandu, em geral, não variaram em função da adubação residual de dejetos de suíno e/ou adubo químico.

Os teores foliares de S na *Urochloa decumbens* sofreu interferência da interação ( $p < 0,05$ ) entre as doses de ARS e o sistemas de produção de forrageira utilizado. Ao analisar as doses, constatou-se que no tratamento onde não foi aplicado a ARS não houve diferenças nos teores foliares de S em relação aos sistemas de plantios avaliados. Já nas doses de 200, 400, 600 e 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, o teor foi maior nos tratamentos da pastagem *Urochloa decumbens* solteira, variando entre 20% a 72% (Tabela 4).

O S é importante para planta por desempenhar um papel no metabolismo da planta, fazendo parte de aminoácidos, proteínas, moléculas de cloroplasto, coenzimas, sulfolipídeos, flavonóides, lipídeos, glucosinolatos, polissacarídeos, compostos não saturados, compostos reduzidos entre outras funções metabólicas (OLIVEIRA et al., 2020; STIPP; CASARIN, 2010). Esse nutriente é encontrado principalmente na forma orgânica, porém é absorvido pelas plantas somente na forma inorgânica, e em um solo rico em matéria orgânica, através da mineralização garante um aporte de S para as plantas (OLIVEIRA et al, 2020). Além disso, o S é importante para as forrageiras, pois a relação N:S é essencial para a formação de proteína na forrageira (SANTOS; MONTEIRO, 1999).

O S é um elemento com baixa mobilidade dentro da planta, e seu transporte ocorre via xilema, sendo a redistribuição realizada nas partes basais foliares, o que torna essa redistribuição muito pequena (NOBILE et al., 2012). De acordo com Werner et al. (1996), o intervalo de teor foliar adequado de S para *Urochloa decumbens* é de 0,8 a 4,0 g kg<sup>-1</sup>,

no presente trabalho todos os tratamentos avaliados tiveram teores dentro desse intervalo (Tabela 4).

Ao analisar a quantidade de ARS aplicada, pode considerar que a competição entre as espécies, *Urochloa decumbens* e *Corymbia citriodora*, podem estar relacionadas ao menor teor foliar de S absorvido pela *U. decumbens*. Isso, ocorre devido a competição de absorção de nutrientes pelas duas espécies, porém como a *U. decumbens* possui um sistema radicular fasciculado e de rápido estabelecimento (SALTON; TOMAZI, 2014), e a *C. citriodora* possui um sistema radicular pivotante e mais profundo, a braquiária possui uma vantagem em relação ao *Corymbia* na extração de água e minerais do solo, tendo assim um melhor aproveitamento da ARS.

Os teores foliares dos micronutrientes, B, Cu, e Mn, em *Urochloa decumbens* diferiram de acordo com o sistema utilizado, independente da dose de ARS utilizada. Em que o sistema, pastagem *Urochloa decumbens* solteira, obteve um maior incremento dos teores foliares desses nutrientes em *Urochloa decumbens* quando comparado aos sistemas silvipastoris em linha simples e em linha dupla. Não houve diferença em relação a dose de ARS ou aos sistemas para os demais micronutrientes, Fe e Zn (Tabela 5).

**Tabela 5.** Teor foliar de B, Cu, Fe, Mn e Zn em mg kg<sup>-1</sup> nas folhas de braquiária em área de pastagem *Urochloa decumbens* solteira e sistemas silvipastoris, linha simples e linha dupla, após quatro anos de aplicação de ARS, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

Doses <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	B (mg kg <sup>-1</sup> )			Cu (mg kg <sup>-1</sup> )			Fe (mg kg <sup>-1</sup> )		
	BS	LS	LD	BS	LS	LD	BS	LS	LD
<b>0</b>	33,59	21,96	21,10	24,43	31,89	17,75	186,08	201,12	201,70
<b>200</b>	34,42	20,44	21,64	37,84	35,05	18,85	159,17	183,60	150,30
<b>400</b>	33,65	13,91	23,45	33,57	32,57	17,39	182,02	184,56	163,29
<b>600</b>	31,11	18,31	20,49	32,54	28,23	24,77	181,30	140,62	161,23
<b>800</b>	32,32	18,22	21,27	37,85	37,10	26,70	187,85	134,65	171,78
<b>Média</b>	33,01a	21,59b	18,57b	33,24a	21,09b	31,17b	179,28a	168,91a	169,66a
	<sup>1</sup> KS = <b>0,017</b>			<sup>1</sup> KS = <b>0,283</b>			<sup>1</sup> KS = <b>0,502</b>		
	F <sub>Levene</sub> = <b>0,022</b>			F <sub>Levene</sub> = <b>0,659</b>			F <sub>Levene</sub> = <b>0,979</b>		
	F <sub>aditividade</sub> = <b>8,241</b>			F <sub>aditividade</sub> = <b>1,646</b>			F <sub>aditividade</sub> = <b>2,059</b>		
Doses <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )			Zn (mg kg <sup>-1</sup> )					
	BS	LS	LD	BS	LS	LD			
<b>0</b>	156,97	104,60	129,67	32,36	28,61	33,26			
<b>200</b>	147,65	96,07	104,24	39,60	27,12	19,36			
<b>400</b>	165,33	124,83	102,66	32,30	27,87	19,05			
<b>600</b>	149,01	127,50	95,30	26,69	24,35	20,73			
<b>800</b>	159,18	153,59	109,05	27,20	27,73	30,31			
<b>Média</b>	155,63a	108,18b	121,32b	31,63a	24,54a	27,14a			
	<sup>1</sup> KS = <b>0,084</b>			<sup>1</sup> KS = <b>0,011</b>					
	F <sub>Levene</sub> = <b>0,437</b>			F <sub>Levene</sub> = <b>0,683</b>					
	F <sub>aditividade</sub> = <b>2,549</b>			F <sub>aditividade</sub> = <b>1,157</b>					

BS: Braquiária solteira; LS: Linha simples; LD: Linha dupla. Médias seguidas por letras minúsculas na linha, diferem entre si pelos testes de Tukey e F, respectivamente a 0,05 de significância; <sup>1</sup>KS, F<sub>Levene</sub>, F<sub>aditividade</sub>: estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene, Teste de Tukey para Aditividade. Valores em negrito indicam blocos com efeito aditivos, resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância, respectivamente.

Os teores foliares de B encontram-se no intervalo considerado adequado, 10 – 25 mg kg<sup>-1</sup> para os sistemas silvipastoris de linha dupla e linha simples, mas para a pastagem *Urochloa decumbens* solteira, em todos os tratamentos os teores estavam acima do adequado (Tabela 5) (WERNER et al., 1996).

Os teores foliares de Fe e Mn em todos os tratamentos (Tabela 5), encontram-se dentro do intervalo de teores adequados, 5 a 250 mg kg<sup>-1</sup> e 40 a 250 250 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente (WERNER et al., 1996).

Os teores foliares de Cu em todos os tratamentos (Tabela 5), encontram-se em valores altos, comparando com o intervalo de teores adequados, 4 a 12 mg kg<sup>-1</sup>, constatados por Werner et al. (1996). Podemos relacionar esses valores altos com a maior retenção de Cu na camada superficial pela complexação com a matéria orgânica (MATOS

et al., 1997). Os teores foliares de Zn em todos os tratamentos (Tabela 5), encontram-se dentro do intervalo de teores adequados, 20 a 50 mg kg<sup>-1</sup>, constatados por Werner et al. (1996).

O teor máximo de Cu a partir do qual há risco para a saúde humana e para o meio ambiente varia muito e depende da legislação de cada país. A legislação dos Estados Unidos, a mais tolerante em relação aos limites, estabelece como teor máximo permitido de Cu no solo 750 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto a Dinamarca e Suécia, os mais restritivos, exigem 40 mg kg<sup>-1</sup> (SEGANFREDO, 2000). Jackson (1964) estabeleceu o teor total de Cu nos solos tropicais entre 5 e 40 mg kg<sup>-1</sup>, no presente experimento todos os tratamentos estava com teores abaixo de 40 mg kg<sup>-1</sup>.

Segundo Konzen (1983) e Seganfredo (1998), a quantidade de Cu adicionado por dejetos de suínos a um solo argiloso contendo 30 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica é de 271 e 1.113,0 g ha<sup>-1</sup>. O teor de Cu na ARS é alto, devido aos animais das granjas excretarem 70 a 95% do nutriente fornecido pela alimentação (BERTONCINI, 2011) e de acordo com Hseu (2006), L'Herroux et al. (1997), Qiao et al. (2003) e Zheljzakov & Warman (2004), constataram que em solos submetidos a adições de alta quantidade de dejetos de suínos ou lodo de esgoto possuem um acúmulo do Cu e Zn ocorre tanto na fração mineral quanto na fração orgânica. Dessa forma é possível prever que adições frequentes de dejetos líquidos de suínos, por apresentarem altas concentrações de Cu e Zn, possam incrementar significativamente as quantidades desses metais em formas solúveis e trocáveis, potencializando a toxidez às plantas e sua transferência, via sedimentos, para mananciais de águas superficiais (GIROTTI et al., 2010).

O Cu desempenha um papel significativo em processos fisiológicos como fotossíntese e respiração, entre outros (KARIMI et al., 2012; YRUELA, 2009). Todavia, em condições ambientais onde o Cu é encontrado em excesso no solo, as plantas podem apresentar sintomas de toxicidade que culminam em distúrbios fisiológicos que inibem o crescimento das plantas (KABATA-PENDIAS, 2011; KARIMI, et al., 2012).

A toxicidade causada pelo Cu causa danos e distúrbios na integridade das membranas dos tilacóides e comprometimento da fotossíntese, que resulta em clorose ou necrose e inibição do crescimento de raízes e brotos (FIDALGO et al., 2013; YRUELA, 2009). Mesmo com os teores do Cu elevado, no presente trabalho não foi observado sintomas de toxidez do Cu. De acordo com Ferreira et al. (2001) e Rappaport et al. (1988), a toxicidade de Cu não é comum, mesmo quando o elemento é aplicado em grandes doses.



No início do experimento, os teores dos nutrientes Zn e Cu nos solos encontravam-se médio (Tabela 2) e, devido à alta concentração de elementos-traço como o Cu e o Zn nos dejetos (GIROTTTO et al., 2010; GRÄBER et al., 2005), espera-se, ao longo dos anos, o acúmulo excessivo desses elementos no solo (GIROTTTO et al., 2010), o que foi constatado nesse experimento apenas para o Cu.

McLaughlin et al. (2004) avaliando a aplicação da ARS em grama bermuda, observou teores de Cu variando de 2,6 a 7,0 mg kg<sup>-1</sup>. Berenguer et al. (2008) ao estudarem a aplicação de doses de ARS na cultura do milho durante vários anos, quando as plantas encontravam-se fisiologicamente maduras, obtiveram teores de Cu, variando de 1,22 a 2,11 mg kg<sup>-1</sup>. No mesmo estudo os autores encontraram teores de Zn inferiores, variando de 13,4 a 17,5 mg kg<sup>-1</sup> dependendo da dose e do ano de aplicação.

De acordo com Mann et al. (2002), como o Mn, tem propriedades químicas semelhantes (o raio iônico) aos nutrientes Ca<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, e, especialmente, Mg<sup>2+</sup>, a presença destes pode inibir sua absorção e até o transporte. Salienta-se, que a absorção do Cu, Zn e Fe, pode dobrar com a deficiência de Mn. Entretanto, o contrário também é verdadeiro, com ênfase para o Fe. Por fim, salienta-se que a eficiência de absorção de manganês pelas plantas submetidas à baixa concentração do nutriente, é controlada geneticamente, por alguns genes (NOBILE et al., 2012).

Ambrosini et al. (2016) explicam que o excesso de Cu e Fe causa deficiência na absorção de P, pois o estresse ocasionado pode danificar a estrutura das raízes e reduzir a absorção de água e nutrientes, incluindo P, o que acarreta um decréscimo ao crescimento e produtividade das plantas.

Apesar dos altos teores de Zn na ARS aplicada, este elemento apresenta maior potencial de lixiviação (LUCAS et al., 2013), absorção pelo milho (LAVADO et al., 2001) e de ligação à fase mineral do solo (GIROTTTO et al., 2010). De acordo Wang; Evangelou (1994), no citoplasma da célula ocorre a complexação do metal (Zn) com ácidos orgânicos (citrato) e inorgânicos (H<sub>2</sub>S), fitatos e fitoquelatinas. Todos esses compostos formados são armazenados nos vacúolos na forma menos tóxica para a planta.

Cada nutriente possui papel específico no metabolismo das plantas e o desequilíbrio entre as proporções destes, pode causar deficiência ou toxidez, limitando o seu crescimento ou mesmo levando-as à morte (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Os percentuais de PB, FDA e FDN em *Urochloa decumbens* diferiram de acordo com o sistema utilizado, independente da dose de ARS utilizada. O percentual de PB em *Urochloa decumbens* foi maior para os sistemas de plantio, pastagem *Urochloa*

*decumbens* solteira e sistema silvipastoril em linha simples quando comparado com sistema silvipastoril em linha dupla. A pastagem *Urochloa decumbens* solteira obteve um percentual de FDA e FDN maior quando comparado com sistema silvipastoril em linha simples e sistema silvipastoril em linha dupla (Tabela 6).

**Tabela 6.** Percentual de PB, FDA e FDN nas folhas de braquiária em área de pastagem *Urochloa decumbens* solteira e sistemas silvipastoris, linha simples e linha dupla, após quatro anos de aplicação de ARS, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

Doses <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	PB (%)			FDN (%)			FDA (%)		
	BS	LS	LD	BS	LS	LD	BS	LS	LD
0	12,01	10,45	11,71	77,32	77,35	76,38	37,15	36,08	35,55
200	11,55	10,25	11,89	79,57	78,33	74,71	38,48	36,81	34,27
400	12,29	10,33	11,40	78,01	76,73	75,38	37,35	35,11	33,95
600	12,78	11,29	11,24	78,73	74,74	75,77	37,80	34,22	34,10
800	12,46	10,82	11,75	78,39	76,26	75,16	37,31	35,59	33,87
<b>Média</b>	12,09a	11,60a	10,63b	78,40a	76,68b	75,48b	37,62a	34,35b	35,56b
		<sup>1</sup> KS= <b>0,5416</b>			<sup>1</sup> KS= <b>0,8955</b>			<sup>1</sup> KS= <b>0,4122</b>	
		F <sub>levене</sub> = <b>0,6738</b>			F <sub>levене</sub> = <b>0,9054</b>			F <sub>levене</sub> = <b>0,7277</b>	
		F <sub>aditividade</sub> = <b>3,631</b>			F <sub>aditividade</sub> = <b>3,525</b>			F <sub>aditividade</sub> = <b>4,594</b>	

BS: Braquiária solteira; LS: Linha simples; LD: Linha dupla. Médias seguidas por letras minúsculas na linha, diferem entre si pelos testes de Tukey e F, respectivamente a 0,05 de significância; <sup>1</sup>KS, F<sub>levене</sub>, F<sub>aditividade</sub>: estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene, Teste de Tukey para Aditividade. Valores em negrito indicam blocos com efeito aditivos, resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância, respectivamente.

A qualidade de uma planta forrageira depende de seus constituintes bromatológicos, que foram representados neste trabalho pelo percentual de FDA, FDN e PB.

A concentração de PB em todos os tratamentos utilizados (Tabela 6) encontrou-se acima de 8% de PB, valor considerado mínimo para atender as exigências de compostos nitrogenados dos microrganismos ruminais, não comprometendo com a utilização dos substratos energéticos disponíveis (LAZZARINI et al., 2009). Esse resultado é altamente desejável, visto que o teor de N está diretamente correlacionado com o teor de PB da forragem e este componente é responsável pelos maiores custos no momento de formulação de dietas para ruminantes. Resultados semelhantes foram verificados por Assmann et al. (2007) que ao estudarem doses de dejetos líquido suíno, 0, 20, 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, sobre a forragem produzida por uma pastagem composta de aveia e azevém, encontraram incremento de 0,9 g kg<sup>-1</sup> de N para cada m<sup>3</sup> de dejetos aplicado.

A FDN e a FDA são expressas na base seca e predizem o consumo e a digestibilidade da forragem, (SERAFIM; GALBIATTI et al., 2012). Van Soest (1994) destacou a importância dos valores de FDN para verificar a qualidade das plantas forrageiras. O percentual de FDN é o componente da forrageira mais consistentemente

associada ao consumo, já o alto percentual de FDA indica maior proporção dos componentes fibrosos mais resistentes a digestão, o que constitui um dos fatores responsáveis pela baixa digestibilidade da forragem.

A FDN é composta basicamente por celulose, lignina e hemicelulose, portanto elevados níveis desta fração contida na matéria seca, indicam menor espessamento da parede celular, e menores teores de nutrientes digestíveis como a proteína, lipídeos, vitaminas, dentre outros presentes no conteúdo celular (SERAFIM; GALBIATTI et al., 2012). A participação das frações FDN e FDA (celulose e lignina) na massa seca de gramíneas varia em função do estágio de maturidade da planta, parte da planta, frequência e altura de corte, fertilidade do solo e condições climáticas (WERNER, 1993). Serafim (2010), em que para o manejo das pastagens é desejado um percentual de FDN menor ou igual a 65%, não promovendo prejuízo no consumo de MS pelos bovinos, garantindo aos microrganismos ruminais um maior aproveitamento dos nutrientes da dieta (LIMA et al., 2019).

O percentual de FDN do presente trabalho (Tabela 6) corroborou com os resultados encontrados na literatura, constatando que este encontrou-se no intervalo registrados por Moraes et al. (2005) na *Urochloa decumbens*, Velásquez et al. (2010) para *Urochloa brizantha* cv. Marandu, Corrêa et al. (2007) para o capim-coastcross e Paciullo et al. (2009) para *Urochloa decumbens*. Na prática da produção animal, busca-se, através de um manejo de pastagem adequado, a obtenção de forragens com teores de FDN menores ou iguais a 65%, para que não haja prejuízos no consumo de matéria seca pelos bovinos. Níveis abaixo de 65% garantem aos microrganismos ruminais um maior aproveitamento dos nutrientes da dieta consumida pelo animal, e conseqüentemente, proporcionam um melhor desempenho do mesmo (VAN SOEST, 1994).

A proteína é o segundo componente nutritivo mais exigido pelos ruminantes, sua deficiência, abaixo de 7% de PB na MS da dieta, provoca redução do consumo (OBEID et al., 2007), o que não foi constatado em nenhum tratamento do presente estudo (Tabela 6). Gonçalves e Costa (1991), constataram que os teores de proteína bruta inferiores a 7% limitam à produção animal, devido a baixos consumos voluntários, menores coeficientes de digestibilidade e balanço negativo de N.

O efeito da aplicação de níveis crescentes de ARS sobre a PB da *Urochloa brizantha* cv. Marandu foi estudado por Serafim (2010) ao utilizar doses de 0, 100, 200, 300 e 600 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de ARS. Foram observados teores de PB iguais a 8,43; 11,04; 12,78; 13,04 e 14,39%, respectivamente. Com a aplicação de ARS, os níveis de proteína superaram

o teor de 7% preconizado pelos autores supracitados, oferecendo melhores condições ruminais aos bovinos para aproveitar melhor a pastagem.

### 3.4 Conclusões

A aplicação de água residuária de suínos durante 4 anos, promove um incremento no teor foliar de K, sendo o maior teor foliar de 21,32 g kg<sup>-1</sup> na dose de 736,9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

A pastagem *Urochloa decumbens* solteira promove um maior teor foliar dos nutrientes N, P, S, B, Cu e Mn em *Urochloa decumbens* e no percentual de PB, FDA e FDN em *Urochloa decumbens*.

Os sistemas silvipastoris em linha simples e linha dupla melhora os teores foliares de Ca, Mg em *Urochloa decumbens*

O sistema silvipastoril em linha dupla melhora o percentual de PB em *Urochloa decumbens*.

A partir dos resultados recomenda-se a dose de 400 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para a pastagem de *Urochloa decumbens* solteira, e os sistemas silvipastoris simples e duplo.

## REFERÊNCIAS

- ADELI, A.; VARCO, J. J. Swine lagoon effluent as a source of nitrogen and phosphorus for summer forage grasses. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 5, p. 1174-1181, 2001. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2001.9351174x>. Acesso em: 12 set. 2021.
- ALMEIDA, I. C. F. **Eficiência do uso de fósforo em genótipos de feijão caupi**. 2016. 41 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/tede/606>. Acesso em: 13 out. 2021.
- ALVARADO, A.; ARRIOJAS, L.; CHACÓN, E.; RODRIGUEZ, S.; CHACIN, F. Estudios sobre henificación del pasto barrera (*Brachiaria decumbens* Stapf) en condiciones de sabanas del piedemonte barinés. I. Producción y valor nutritivo de la materia seca. **Zootecnia tropical**, Maracay, v. 8, n. 1-2, p. 17-36, 1990.
- ALVES, F. G. DA S.; FELIX, B. A.; PEIXOTO, M. S. M.; DOS SANTOS, P. M.; DA COSTA, R. B.; DE OLIVEIRA SALES, R. Considerações sobre manejo de pastagens na região semiárida do Brasil: Uma Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, Fortaleza, v. 8, n. 4, p. 259-283, 2014. Disponível em: <http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/212>. Acesso em: 13 out. 2021.
- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; XAVIER, D. F. **As principais espécies de *Brachiaria* utilizadas no País**. Juiz de Fora-MG: Embrapa Gado de Leite, 2002, 4 p. (Circular Técnica 22)
- AMBROSINI, V. G.; SORIANI, H. H.; ROSA, D. J.; TIECHER, T. L.; GIROTTO, E.; SIMÃO, G. D.; ... BRUNETTO, G. Impacto do excesso de cobre e zinco no solo sobre videiras e plantas de cobertura. In: MELO, G. W. B. de; ZALAMENA, J.; BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A. **Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa uva e Vinho, p. 91-110, 2016. (Embrapa uva e Vinho. Documentos, 100).
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 867-874. 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-0683200000400018>. Acesso em: 13 out. 2021
- ARANTES, E. M.; NOGUEIRA, F. D. Efeito da relação Ca/Mg do corretivo e níveis de potássio na produção de matéria seca, nas concentrações de K, Ca e Mg, e nas relações catiônicas da parte aérea. **Ciência Prática**, Bebedouro, v. 10, p. 136-145, 1986
- ASSMANN, T. S.; ASSMANN, J. M.; CASSOL, L. C.; DIEHL, R. C.; MANTELI, C.; MAGIERO, E. C. Desempenho da mistura forrageira de aveia-preta mais azevém e atributos químicos do solo em função da aplicação de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1515-1523, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600028>. Acesso em: 14 abr. 2021.

- AZEVEDO, M. L.A. **Utilização de esterco de suínos in natura em pastagem de capim gordura (*Melinis minutiflora*, Beauv.)**. Viçosa. 1991. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- BARNABÉ, M. C.; ROSA, B. R.; LOPES, E. L.; ROCHA, G. P.; FREITAS, K. R.; PINHEIRO, E. P. Produção e composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubada com dejetos de suínos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 3, p. 435-446, jul./set. 2007
- BARROS, F.; MARTINEZ, M.; MATOS, A.; ROCHA, F. A.; SILVA, D. Mineralização de nitrogênio em dejetos de suínos. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, 2011.
- BATAGLIA, O. C.; BERTON, R. S.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S. Resíduos orgânicos como fonte de nitrogênio para capim braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.7, p. 277-284, 1983.
- BATISTA, R. O.; MARTINEZ, M. A.; PAIVA, H. N. D.; BATISTA, R. O.; CECON, P. R. O efeito da água residuária da suinocultura no desenvolvimento e qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, p. 127-135, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509813330>. Acesso em: 23 set. 2021.
- BECK, H.E.; ZIMMERMANN, N.E.; MCVICAR, T.R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E.F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, London, v. 1, p. 1-12, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>. Acesso em: 23 set. 2021.
- BERCHIELLI, T. T.; MESSANA, J. D.; CANESIN, R. C. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, São Paulo, v. 13, p. 954-968, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-9940201000400010>. Acesso em: 15 out. 2021.
- BERENGUER, P.; CELA, S.; SANTIVERI, F.; BOIXADERA, J.; LLOVERAS, J. Copper and zinc soil accumulation and plant concentration in irrigated maize fertilized with liquid swine manure. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 4, p. 1056-1061, 2008.
- BERTONCINI, E. I. Dejetos da suinocultura-desafios para o uso agrícola. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 1-10, 2011.
- BRAZ, A. J. B. P.; DA SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 2, p. 83-87, 2004.
- BULL, L. T. **Influência da relação K/(Ca+Mg) do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramínea e leguminosa forrageiras**. 1986. 107 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.
- CABRAL, J.R.; FREITAS, P.S.L.; REZENDE, R.; MUNIZ, A.S.; BERTONHA, A. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capimelefante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8,

p.823–831, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000800009>. Acesso em: 24 nov. 2021.

CARNEIRO, R. D.; AMARANTE, A. F. T. Efeito sazonal de três espécies de gramíneas sobre os estágios de vida livre de *Haemonchus contortus*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, p. 864-872, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000400014>. Acesso em: 23 set. 2021.

CARVALHO, W. T. V.; MINIGHIN, D. C.; GONÇALVES, L. C.; VILLANOVA, D. F. Q.; MAURICIO, R. M.; PEREIRA, R. V. G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação. **Pubvet**, Londrina, v. 11, p. 0947-1073, 2017.

CECATO, U.; SKROBO, V. D.; FAKIR, G. M.; JOBIM, C. C.; BRANCO, A. F.; GALBEIRO, S.; JANEIRO, V. Características morfogênicas do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) adubado com fontes de fósforo, sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1699-1706, 2007. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i1.7450>. Acesso em: 18 out. 2021.

CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, L.A.R. & VIEIRA, F.C.B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, p. 729-735, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000600009>. Acesso em: 18 out. 2021.

CERETTA, C. A.; LORENSINI, F.; BRUNETTO, G.; GIROTTO, E.; GATIBONI, L. C.; LOURENZI, C. R.; TIECHER, T. L.; CONTI, L. D. E.; TRENTIN, G.; MIOTTO, A. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 6, p. 593-602, 2010.

CHIODEROLI, C. A.; SILVA, R. P. D.; NORONHA, R. H. D. F.; CASSIA, M. T.; SANTOS, E. P. D. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 71, p. 112-121, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052012005000003>. Acesso em: 18 out. 2021.

CORRÊA, L. de A.; CANTARELLA, H.; PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R. de; SILVA, A.G. de. Efeito de fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade da forragem de capim-coastcross. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, p.763-772, 2007.

COSTA, K. D. P.; ROSA, B.; DE OLIVEIRA, I. P.; CUSTÓDIO, D. P.; SILVA, D. C. **Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2005.

DA SILVA CASTRO, C.; LOBO, U. G. M.; RODRIGUES, L. M.; BACKES, C.; SANTOS, A. J. M. Eficiência de utilização de adubação orgânica em forrageiras tropicais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 3, n. 4, p. 48-54, 2016. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v3i4.1144>. Acesso em: 18 out. 2021.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. **Elementos requeridos à nutrição de plantas**. Embrapa Uva e Vinho-Capítulo em livro científico (ALICE), 2007.



- DRUMOND L. C. D. **Aplicação de água residuária de suinocultura por aspersão em malha: desempenho hidráulico do sistema e produção de capim Tifton 85.** 2003, 120f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2003.
- FARIA, B. M.; MORENZ, M. J. F.; PACIULLO, D. S. C.; LOPES, F. C. F.; GOMIDE, C. A. D. M. Growth and bromatological characteristics of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria ruziziensis* under shading and nitrogen. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 3, pp. 529-536, 2018. DOI <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180060>. Acesso em: 18 out. 2021.
- FERREIRA, K. S.; RUFINI, J. C. M.; FAGUNDES, M. C. P.; MOREIRA, S. G.; DE OLIVEIRA FERREIRA, E. V.; BARBOSA, M. A. P. Crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas de aceroleiras em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 15, n. 2, p. 37-50, 2019.
- FERREIRA, M.E.; CRUZ, P.M.C.; RAIJ, B.van; ABREU, C.A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura.** Jaboticabal, CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. 600p.
- FIDALGO, F.; FIDALGO, F.; AZENHA, M.; SILVA, A. F.; SOUSA, A.; SANTIAGO, A.; FERRAZ, P.; TEIXEIRA, J. Copper-induced stress in *Solanum nigrum* L. and antioxidant defense system responses. **Food and Energy Security**, London, v.2, n.1, p.70–80, 2013. DOI: <http://doi/10.1002/fes3.20/full>. Acesso em: 18 out. 2021.
- FRANCO, H. C. J.; TRIVELINI, P. C. O.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; OTTO, R. Stalk yield and technological attributes of planted cane as related to nitrogen fertilization. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, p. 579-590, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000500012>. Acesso em: 18 out. 2021.
- FONTANA, A.; TEIXEIRA W. G.; BALIEIRO F. de C.; MOURA, T. P. A. de; MENEZES, A. R. de; SANTANA, C. I. Características e atributos de Latossolos sob diferentes usos na região Oeste do Estado da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1457-1465, set. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900044>. Acesso em: 23 out. 2021.
- FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252p
- GIROTTO, E.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D. R. D.; SILVA, L. S. D.; LOURENZI, C. R.; ... SCHMATZ, R. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 955-965, 2010.
- GOMES, L. A.; da SILVA, F. D. A.; PEREIRA, F. H. F.; JUNIOR, J. E. C.; NOBREGA, J. S. Initial growth of corn under application of cattle manure. **Revista Ambientale**, Arapiraca, v. 11, n. 2, p. 12-21, 2019. DOI: <https://doi.org/10.48180/ambientale.v11i2.94>. Acesso em: 23 out. 2021.

GOMES FILHO, R. R.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D. MARTINEZ, H E.P. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p. 131-134. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662001000100024>. Acesso em: 23 out. 2021.

HSEU, Z.-Y. Extractability and bioavailability of zinc over time in three tropical soils incubated with biosolids. **Chemosphere**, Oxford, v. 63, n. 5, p. 762-771, 2006.

KABATA-PENDIAS, A. **Trace elements in soils and plants**. 4 ed. Boca Raton: CRC Press, 2011. 534p.

KARIMI, P.; KHAVARI-NEJAD, R. A.; NIKNAM, V.; GHAREMANINEJAD, F.; NAJAFI, F. The effects of excess copper on antioxidative enzymes, lipidperoxidation, proline, chlorophyll, and concentration of Mn, Fe, and Cu in *Astragalus neo-mobayenii*. **The Scientific World Journal**, New York, v. 2012, p.1-6, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1100/2012/615670>. Acesso em: 09 set. 2021.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492p

KING, L. D.; WESTERMAN, P. W.; CUMMINGS, G. A.; OVERCASH, M. R.; BURNS, J. C. Swine lagoon effluent applied to 'Coastal' Bermudagrass: II Effects on soil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 14, p. 14-21, 1985.

KONZEN, E.A. **Manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia, Embrapa-CNPSA, 1983. 32p. (EmbrapaCNPSA. Circular Técnica)

LAVADO, R. S.; PORCELLI, C. A.; ALVAREZ, R. Nutrient and heavy metal concentration and distribution in maize, soybean and wheat as affected by different tillage systems in the Argentine Pampas. **Soil & Tillage Research**, New York, v. 62 n.1-2, p.55-60. 2001

LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A.; OLIVEIRA, F.A. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.10, p.2021-2030, 2009.

LEBAUDY, A.; VÉRY, A. A.; SENTENAC, H. K<sup>+</sup>channel activity in plants: genes, regulations and functions. **FEBS Letters**, Amsterdam, v. 581, n. 12, p. 2357-2366, 2007.

L'HERROUX, L.; LE ROUX, S.; APPRIOU, P.; MARTINEZ, J. Behaviour of metals following intensive pig slurry applications to a natural field treatment process in Brittany (France). **Environmental Pollution**, Barking, v. 97, n. 1-2, p. 119-130, 1997.

LIMA, L. C.; FREITAS, R. A. S. DE M.; BARBERO, L. M.; LANA, R. M. Q.; BASSO, F. C.; CARDOSO, A. F.; CAMARGO, R. *Urochloa* Hybrid Submitted to Biostimulant Application in Grazing Simulation. **Journal of Agricultural Science**, Ontario, v. 11, n. 6, p. 556-568, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n6p556>. Acesso em: 23 jul. 2021.

LUCAS S.D.M.; SAMPAIO, S. C.; OPAZO, M. A. U.; GOMES S D.; KESSLER N.; PRADO, N. V. Long-term behavior of Cu and Zn in soil and leachate of an intensive

no-tillage system under swine wastewater and mineral fertilization. **African Journal of Agricultural Research**, Nairóbi, v. 8, p. 639-647, 2013.

MAGGI, C. F.; DE FREITAS, P. S.; SAMPAIO, S. C.; DIETER, J. Leaching of nutrients in cultivated soils under application of residual water of pig farming. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 170-177, 2011.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 638 p., 2006.

MANN, E. N.; RESENDE, P. M. D.; MANN, R. S.; CARVALHO, J. G. D.; VON PINHO, E. V. D. R. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1757-1764, 2002.

McLAUGHLIN, M. R.; FARBROTHER, T. E.; ROWE, D. E. Nutrient uptake by warm-season perennial grasses in a swine effluent spray field. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, n. 02, p. 484-493, 2004.

MEDEIROS, L. T.; REZENDE, A. V. D.; VIEIRA, P. D. F.; CUNHA NETO, F. R. D.; VALERIANO, A. R.; CASALI, A. O.; GASTALDELLO JUNIOR, A. L. Produção e qualidade da forragem de capim-marandu fertirrigada com dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 309-318, 2007.

MENEZES, J.F.S.; ALVARENGA, R.C.; ANDRADE, C. L. T.; KONZEN, E. A.; PIMENTA, F. F. Aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de grãos em sistemas de produção de forrageira direto e avaliação do impacto ambiental. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 1, p. 30-35, 2003.

MORAES, E. H. B. K.; PAULINO, M. F.; ZERVOUDAKIS, J. T.; VALADARES FILHO, S. D. C.; MORAES, K. D. Avaliação qualitativa da pastagem diferida de *Urochloa decumbens* Stapf., sob pastejo, no período da seca, por intermédio de três métodos de amostragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.1, p.30-35, 2005.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G. de; EVANGELISTA, A. R. Influência da relação cálcio: magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 249-255, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v34n2/8735.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2021.

MOREIRA, E. D. S.; FERNANDES, L. A.; COLEN, F.; CRUZ, L. R. Características agronômicas e produtividade de milho e milheto para silagem adubados com biofertilizante suíno sob irrigação. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 72, n. 3, p. 185-192, 2015. DOI: <https://doi.org/10.17523/bia.v72n3p185>. Acesso em: 23 jul. 2021.

NOBILE, F. O.; GALBIATTI, J. A.; MURAISHI, R. I. Fertilizantes orgânicos e resíduo de bauxita na disponibilidade de nutrientes e nutrição da cana-de-açúcar irrigada com água potável e residuária. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 3, n. 2, p. 115-122, 2012. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v3i2.75>. Acesso em: 23 jun. 2021.

OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G.; PEREIRA, D. H.; VALADARES FILHO, S. C.; CARVALHO, I. P. C.; MARTINS, J. M. Consumo e digestibilidade total e parcial de componentes nutritivos em bovinos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 921-927, 2007.

OLIVEIRA, R. J.; DA SILVA, R. C. D.; DA SILVA JÚNIOR, G. S.; MUNIZ, P. H. P. C.; PELÁ, A. Oxidação de enxofre elementar em diferentes fontes e doses de fertilizantes. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 5, p. 27735-27745, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-282>. Acesso em: 23 jun. 2021.

OOSTERHUIS, D. M.; LOKA, D. A.; KAWAKAMI, E. M.; PETTIGREW, W. T. The physiology of potassium in crop production. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 126, p. 203–233, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800132-5.00003-1>. Acesso em: 24 mar. 2021.

PACIULLO, D. S. C.; LOPES, F. C. F.; MALAQUIAS JUNIOR, J. D.; VIANA FILHO, A.; RODRIGUEZ, N. M.; MORENZ, M. J. F.; AROEIRA, L. J. M. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1528-1535, 2009.

PRIOR, M.; SAMPAIO, S. C.; NÓBREGA, L. H.; DIETER, J.; COSTA, M. S. D. M. Estudo da associação de água residuária de suinocultura e adubação mineral na cultura do milho e no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, p. 744-755, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p744-755/2015>. Acesso em: 24 mar. 2021.

QIAO, X. L.; LUO, Y. M.; CHRSTIE, P.; WONG, M. H. Chemical speciation and extractability of Zn, Cu and Cd in two contrasting biosolids-amended clay soil. **Chemosphere**, Oxford, v. 50, p. 823-829, 2003.

RAGHOTHAMA, K. G. Phosphate acquisition. **Annual review of plant biology**, Palo Alto, v. 50, n. 1, p. 665-693, 1999.

RAPPAPORT, B.D.; MARTENS, D.C.; RENEAU JUNIOR, R.B.; SIMPSON, T.W. Metal availability in sludge-amended soil with elevated metal levels. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 17, p. 42-47, 1988

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. 2018. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 19 out. 2021

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais, 1999. 359 p. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/1119/1/texto%20completo.pdf#page=73>. Acesso em: 23 jul. 2021.

- ROLIM, G. S.; APARECIDO, L. E. O. Camargo, Köppen and Thornthwaite climate classification systems in defining climatical regions of the state of São Paulo, Brazil. **International Journal of Climatology**, Chichester, v. 36, n. 2, p. 636-643, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.4372>. Acesso em: 19 out. 2021.
- SALTON, J. C.; TOMAZI, M. Sistema Radicular de Plantas e Qualidade do Solo. Comunicado Técnico 198. **Embrapa Agropecuária Oeste**. Dourados, 6 p., 2014.
- SALVADOR, J. T.; CARVALHO, T. C.; LUCCHESI, L. A. C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 27-32, 2011. DOI: <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v9i1.11060> . Acesso em: 19 out. 2021.
- SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. DE. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa. 356p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em: 19 out. 2021.
- SANTOS, A.R.; MONTEIRO, F.A. Produção e perfilhamento de *Brachiaria decumbens* Stapf. em função de doses de enxofre. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.3, p.689-692, 1999.
- SCHERER, E.E. Níveis críticos de potássio para a soja em Latossolo húmico de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 57-62, 1998.
- SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T.; NESI, C.N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 123-131, 2007.
- SEGANFREDO, M.A. Efeito de dejetos de suínos sobre o nitrogênio total, amônio e nitratos na superfície do solo. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2., Santa Maria, 1998. **Anais [...]**. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. CD-ROM
- SERAFIM, R. S. **Produção e composição química da *Brachiaria brizantha* cv Marandu adubada com água residuária de suinocultura**. 2010. 89 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, Brasil, 2010.
- SERAFIM, R. S.; GALBIATTI, J. A. Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura na *Brachiaria Brizantha* cv Marandu. **Revista Colombiana de Ciencia Animal**, Sincelejo, v. 4, n. 1, p. 185-203, 2012.
- SERPA FILHO, R.; SEHNEM, S.; CERICATO, A.; SANTOS JUNIOR, S.; FISCHER, A. Compostagem de dejetos de suínos. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v. 6, n. 1, p. 47-78, 2013.
- SILVA, A. A.; SIMIONI, G. F.; LUCENA, A. Efeito da adubação orgânica no crescimento do capim *Brachiaria brizantha* cv. marandu em parecis/rondônia. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n.16, p. 923 -932, 2012.

- SOARES FILHO, C. V.; MONTEIRO, F. A.; CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. **Pasturas Tropicales**, v. 14, n. 2, p. 2-6, 1992.
- SOARES FILHO, C. V.; RODRIGUES, L. R. A.; PERRI, S. H. V. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 24, p. 1377-1384, 2008.
- SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. G. de; OLIVEIRA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J.C. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 205-274
- SOUZA, E.; BRITO, C.; FONSECA, V.; BEBÉ, F. Crescimento de milho em Latossolo com aplicação de água residuária de suinocultura. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 13, n. 23, 2016. DOI: [https://doi.org/10.18677/Enciclopedia\\_Biosfera\\_2016\\_032](https://doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2016_032). Acesso em: 30 jul. 2021.
- SOUZA, F. M. D.; LEMOS, B. J. M.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C. D.; MAGNABOSCO, C. U.; CASTRO, L. M. D.; LOPES, F. B.; BRUNES, L. C. Introdução de leguminosas forrageiras, calagem e fosfatagem em pastagem degradada de *Brachiaria brizantha*. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, São Paulo, v. 17, p. 355-364, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402016000300003>. Acesso em: 30 jul. 2021.
- STIPP, S. R.; CASARIN, V. A importância do enxofre na agricultura brasileira. **Informações agrônomicas**, Piracicaba, v. 129, n. 1, p. 14-20, 2010.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017. 574 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/194786/1/Pt-5-Cap-1-Micromorfologia-do-solo.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2021.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; DE MORAES, A. G. L.; BEUTLER, S. J. Frações granulométricas e oxidáveis da matéria orgânica em sistemas de colheita de cana-de-açúcar. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 16-23, 2014.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Cornell University Press. Ithaca. 1994, 476 pp.
- VELÁSQUEZ, P. A. T; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A.; RIVERA, A. R.; DIAN, P. H. M.; TEIXEIRA, I. A. M. A. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade in vitro de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.6, p.1206-1213, 2010.
- VIEIRA, L. **Produção de minhocas em dejetos suínos estabilizados e valor nutritivo da farinha de minhoca para suínos**. 1997, 56f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1997
- WANG, J.; EVANGELOU, V. P. **Metal tolerance aspects of plant cell wall and vacuole-handbook of plant and crop physiology**. Tucson:The University of Arizona, 1994. 325p.



WERNER, F.; JUNIOR, A. A. B.; FERREIRA, A. S.; DE OLIVEIRA JUNIOR, A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; ... DE AGUIAR, M. A. Liberação de cálcio, magnésio e enxofre da palha de pastagem de braquiária para a soja em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 20, n. 1, p. 41-52, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811712012021041>. Acesso em: 21 set. 2021.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H. Forrageiras. *In*: RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (ed.).

**Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 263-273 (Boletim técnico, 100).

WHITE, P. J. Calcium channels in the plasma membrane of roots cells. **Annals of Botany**, London, v. 81, p. 173-183, 1998.

YRUELA, I. Copper in plants: acquisition, transport and interactions. **Functional Plant Biology**, v.36, p. 409-430, 2009. Disponível em:

<http://www.publish.csiro.au/fp/FP08288>. Acesso em: 30 ago.2021.

ZHELJAZKOV, V. D.; WARMAN, P. R. Phytoavailability and fractionation of copper, manganese, and zinc in soil following application of two composts to four crops.

**Environmental pollution**, Barking, v. 131, n. 2, p. 187-195, 2004.

#### 4. CAPÍTULO III

### ACIDEZ DO SOLO DECORRENTE DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA EM ÁREA DE PASTAGEM

#### RESUMO

O aumento da produção de água residuária de suínos (ARS) devido a intensificação da produção suína tornou-se uma preocupação ambiental em relação ao descarte desses. Devido ao seu potencial fertilizante, a utilização da ARS na fertilização do solo vem sendo considerado uma das melhores alternativas, porém é necessário o estudo dos critérios para as aplicações contínuas a fim de evitar os impactos negativos ao ambiente e as plantas. Diante disso, o experimento foi conduzido na fazenda Bonsucesso, em Uberlândia - MG, com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de ARS na acidez do solo na profundidade de 0 a 20 centímetros no período de quatro anos em uma pastagem de *Urochloa decumbens*. Os tratamentos consistiram de uma testemunha (ausência de ARS) e quatro doses de água residuária de suinocultura (ARS), 200, 400, 600 e 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, em delineamento em blocos casualizados com 4 repetições. Avaliou-se o pH em H<sub>2</sub>O, alumínio (Al<sup>3+</sup>), acidez potencial (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), matéria orgânica (M.O.) e posteriormente, calculou-se CTC efetiva (t), CTC pH 7,0 (T), soma de bases (S.B.), saturação por bases (V %) e saturação por alumínio (m), na profundidade de 0-0,20 m do solo. Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando para a comparação de médias, o teste de Regressão a 5% de significância para as doses de ARS e o teste de Tukey a 5% de significância para a avaliação dos anos de aplicação de ARS. A aplicação de ARS durante 4 anos, promove uma redução no pH e um aumento na concentração de Al<sup>3+</sup> e na saturação por alumínio (m) e uma alteração na concentração de K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>, nos valores de pH, na soma de bases (SB), na CTC efetiva (t), na saturação de alumínio (m), na CTC pH 7,0 (T), nas relações Mg/T, Na/T e K/T em solo arenoso com pastagem de *Urochloa decumbens*. As doses de ARS promove uma alteração na concentração de Ca<sup>2+</sup> e H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>, na saturação de bases (V) e na relação Ca/T. Ao analisar os resultados obtidos recomenda-se a dose de 400 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para a pastagem de *Urochloa decumbens*.

**Palavras-chave:** fertirrigação, forragem, resíduo animal, *Urochloa decumbens*.



## ABSTRACT

The increase in the production of swine wastewater (SW) due to the intensification of pig production has become an environmental concern concerning its disposal. Due to its fertilizing potential, the use of SW in soil fertilization has been considered one of the best alternatives, but it is necessary to study the criteria for continuous applications to avoid negative impacts on the environment and plants. The experiment was conducted at Bonsucesso Farm, in Uberlândia - MG, with the objective of evaluating the effect of the application of different doses of SW on soil acidity at a depth of 0 to 0.20 meters over a period of four years in a pasture of *Urochloa decumbens*. The treatments consisted of a control (absence of SW) and four doses of swine wastewater (SW), 200, 400, 600 and 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, in a randomized block design with four repetitions. The pH in H<sub>2</sub>O, aluminum (Al<sup>3+</sup>), potential acidity (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>), potassium (K<sup>+</sup>), calcium (Ca<sup>2+</sup>), magnesium (Mg<sup>2+</sup>), and organic matter (M.O.) were evaluated and later the effective CTC (t), CTC pH 7.0 (T), base sum (S.B.), base saturation (V %) and aluminum saturation (m) were calculated at soil depths of 0-0.20 m. The data were submitted to variance analysis, using for comparison of means and the Regression test at 5% significance level for the doses of SW and the Tukey test at 5% significance level for the evaluation of the years of SW application. The application of SW during 4 years promotes a reduction in pH and an increase in Al<sup>3+</sup> concentration and in aluminum saturation (m) and a change in K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>2+</sup> and Al<sup>3+</sup> concentration, in pH values, in base sum (SB), in effective CTC (t), in aluminum saturation (m), in CTC pH 7.0 (T), in Mg/T, Na/T and K/T relations in sandy soil with *Urochloa decumbens* pasture. The SW doses promote a change in the concentration of Ca<sup>2+</sup> and H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>, in the base saturation (V) and in the Ca/T ratio. By analyzing the results obtained, a dose of 400 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> is recommended for *Urochloa decumbens* pasture.

**Keywords:** animal waste, fertigation, forage, *Urochloa decumbens*.

## 4.1 Introdução

Após a exploração da madeira, a primeira atividade com o uso econômico do solo, foi a pecuária, transformando a vegetação nativa em pastagens, e depois em áreas de atividades agrícolas e formação de cidades (GIBBS et al., 2010; GOENER et al., 2007; GRIFFITH, 2016; OLIVEIRA et al., 2022; PINHEIRO et al., 2016). No Brasil, a pecuária é uma das principais atividades agropecuárias, possuindo um rebanho de 218,2 milhões de cabeças (IBGE, 2020), sendo o país considerado o maior produtor e exportador de carne bovina do mundo (ABIEC, 2021).

A intensificação da produção da pecuária bovina de corte vem sendo pressionada devido à preocupação ambiental, ao crescimento da demanda por terras agricultáveis e por proteína animal e ao esgotamento do avanço da fronteira agrícola, (ARMENTERAS, 2013; OLIVEIRA et al., 2022). Para preservar áreas com vegetação nativa remanescente, inclusive floresta e redutora da emissão de gases de efeito estufa, em virtude da redução do ciclo produtivo, além de acelerar o fluxo de receitas é necessário o uso racional dos recursos naturais (CARO et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2022). Porém, o uso a longo prazo do solo pelas atividades agropecuárias provoca o manejo inadequado do solo, levando os solos a processo de degradação.

Estima-se que 80% das pastagens brasileiras, encontra-se em algum estado de degradação (DIAS-FILHO, 2014), principalmente reduzindo o potencial produtivo das principais áreas pecuárias bovinas (SOUSA et al., 2018). Esse processo de degradação é relacionado a diminuição da concentração de matéria orgânica do solo (MOS) e da capacidade de troca catiônica (CTC) em áreas sob pastagens, lavouras ou reflorestamento fertilizadas quando comparados aos solos sob Cerrado nativo (PIGNATARO NETTO et al., 2009).

Diante disso, a busca de estratégias de manejo que minimizem a degradação, e consequentemente melhora a eficiência dos nutrientes na pastagem tornou-se necessária, o uso de resíduos orgânicos provenientes das atividades pecuárias, vem sendo utilizadas para a fertilização do solo. Sendo a reutilização desses resíduos de grande interesse, pois além de dar destino aos mesmos, torna-os úteis, já que sua aplicação no solo interfere nos atributos químicos, aumentando a disponibilidade de nutrientes às plantas (NOBILE et al., 2012).

A suinocultura é uma atividade de importância global nas áreas econômica, social e ambiental, visto que a carne de porco é a fonte de proteína animal mais consumida no mundo. Porém, um dos principais problemas da suinocultura é a gestão do grande volume

de efluentes gerados na produção, que pode acarretar em diversos problemas ambientais quando descartados de maneira inadequada no ambiente, sendo necessário o desenvolvimento de novas técnicas para o uso alternativo e a destinação ambientalmente correta da ARS no Brasil (BATISTA et al., 2014).

Uma das alternativas para a destinação da ARS é a sua utilização como fonte de nutrientes nos sistemas de produção agrícola, uma vez que este efluente possui nutrientes, que mineralizados ficam disponíveis para as plantas (ARRUDA et al., 2010; CORRÊA et al., 2011). Se os critérios técnicos de recomendação para aplicação forem atendidos, o uso do resíduo líquido torna-se uma prática agrícola sustentável (CORRÊA et al., 2011).

A ARS como fertilizante orgânico, pode fornecer ao solo macro e micronutriente como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn) e cobre (Cu), que contribuem para o aumento da fertilidade do solo (CABRAL et al., 2011), sendo necessária a caracterização completa de seus atributos físicos, químicos e biológicos a fim de evitar a liberação rápida dos macros e micronutrientes e minimizar os impactos ambientais negativos. Podendo assim, complementar ou até substituir os fertilizantes minerais comumente utilizados nos programas de adubação (ARRUDA et al., 2010; CABRAL et al., 2011).

Diversos estudos já foram realizados sobre a aplicação de ARS no solo (BOLZANI et al., 2022; SANCHES et al., 2022; SOUZA et al., 2019; SILVA et al., 2015) e de acordo com Seganfredo (2000), se realizada de forma inadequada, esse efluente pode causar contaminação microbiológica das culturas e do lençol freático, acumulação de elementos tóxicos, desequilíbrio de nutrientes, salinização e impermeabilização do solo. Sendo necessário, os estudos para determinação das doses corretas de ARS a fim de promover uma produção agrícola eficiente reduzindo riscos ambientais (ARBAT et al., 2013)

Perante o exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de ARS na acidez do solo na profundidade de 0 a 20 centímetros durante período de quatro anos, em uma pastagem de *Urochloa decumbens*.

## 4.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em campo no período de dezembro de 2014 a dezembro de 2019, em área localizada na fazenda Bonsucesso na rodovia Uberlândia – Campo Florido (MGC – 455) km 20, no município de Uberlândia – MG, nas coordenadas geográficas de latitude 19°06'04"S, longitude 48°22'10"W e altitude média de 815 metros (Figura 1).

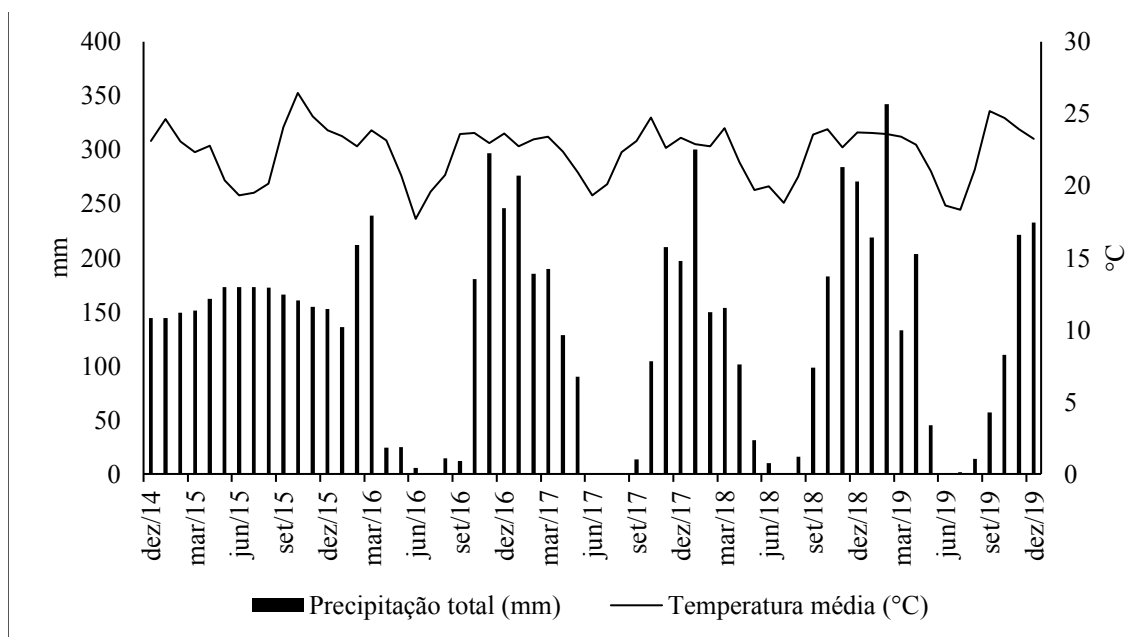
**Figura 1.** Foto de satélite da vista aérea do local de execução e elaboração dos experimentos na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG



Fonte: Google Earth, 2022

O clima da região foi classificado pelo método de Köppen, como Aw, tropical quente e úmido, com inverno frio e seco (BECK et al. 2018). A precipitação anual média é de 1606 mm e a temperatura média anual é de 21,5 °C (ROLIM; APARECIDO, 2016). Os dados climáticos foram coletados no Laboratório de Climatologia e Meteorologia Ambiental - CLIMA - ICIAG – UFU localizada na Fazenda Experimental Água Limpa, Universidade Federal de Uberlândia, na rodovia Uberlândia – Campo Florido (MGC – 455) km 12, no município de Uberlândia – MG, nas coordenadas geográficas de latitude 19°05'22,5"O, longitude 48°21'30"S do período experimental e encontram-se na Figura 2.

**Figura 2.** Precipitação e temperatura média do ar durante o período experimental, Uberlândia – MG.



O experimento foi implantado sob uma área de cerrado, já estabelecida com pastagem de *Urochloa decumbens* (syn *Brachiaria decumbens*). O solo foi classificado, segundo critérios estabelecidos por Santos et al. (2018), como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico típico, com horizonte A moderado. Antes da instalação do experimento realizou-se a coleta de solo e a análise química nas profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, para fins de averiguar a fertilidade e os atributos químicos do solo (Tabela 1 e Tabela 2). Foi também determinada a textura do solo, que obteve classificação como textura arenosa, composta por 31,0% de areia grossa, 48,8% de areia fina, 8,8% de silte e 11,4% de argila.

**Tabela 1.** Caracterização química do solo da área experimental, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG na implantação do experimento, 2014.

Prof. m	pH H <sub>2</sub> O	P ---mg dm <sup>-3</sup> --	K	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al <sup>3+</sup>	SB	T	V --- % ---	m	M.O. --dag kg <sup>-1</sup> --
0-0,20	5,7	9,6	29	0,0	0,9	0,5	1,8	1,47	3,27	45	0	1,7
0,20-0,40	5,7	3,3	15	0,0	0,7	0,2	1,8	0,94	2,74	34	0	0,7
0,40-0,60	5,4	1,3	13	0,3	0,5	0,2	1,6	0,73	2,33	31	29	0,8

P, K = (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>); P disponível (extrator Mehlich<sup>-1</sup>); Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); H+Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); SB = Soma de Bases; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio. Argila: Método da pipeta. M.O. = Matéria Orgânica pelo Método Colorimétrico. (TEIXEIRA et al., 2017).

**Tabela 2.** Teores de micronutrientes e argila no solo da área experimental, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG na implantação do experimento, 2014.

<b>Prof.</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
m	----- mg dm <sup>-3</sup> -----				
0-0,20	0,11	0,8	36	3,6	1,2
0,20-0,40	0,07	0,8	23	1,8	0,5
0,40-0,60	0,07	0,6	16	1,4	0,1

B = (BaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O 0,0125% à quente); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol L<sup>-1</sup> + TEA 0,01 mol<sup>-1</sup> + CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> a pH 7.3) (TEIXEIRA et al., 2017).

De acordo com Ribeiro et al. (1999), o pH do solo nas três profundidades, 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, está em nível bom, com acidez classificada como média, não sendo necessário realizar a correção da acidez do solo. O magnésio (Mg) nas três profundidades, encontrava-se com os teores considerados médios. Os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), nas três profundidades, encontravam-se baixo. O ferro (Fe) foi classificado como adequado e o cobre (Cu) nas três profundidades e o zinco (Zn) na profundidade de 0-0,20 m, encontravam-se com os teores considerados médios. O boro (B) e o manganês (Mn) nas três profundidades e o zinco (Zn) nas profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, encontravam-se baixo. A acidez potencial (H<sup>+</sup>Al<sup>3+</sup>), o teor de matéria orgânica (MO), soma de bases (SB) e CTC total (T) foram classificados como baixa. Já a saturação de bases (V) na profundidade de 0-0,20 m foi classificada como média e nas profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, encontravam-se baixo (Tabela 1 e 2).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial, 5x4 e quatro repetições, em que o primeiro fator constituiu de cinco doses de ARS e o segundo fator constituiu de quatro épocas aplicações anuais de água residuária de suínos (ARS). As doses foram compostas por doses de ARS, 0 (ausência de ARS) e, 200, 400, 600 e 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e as épocas foram compostas de quatro anos de aplicação de ARS, 1º, 2º, 3º e 4º ano. As parcelas são de 4 metros de comprimento por 4 metros de largura, totalizando uma área de 16 m<sup>2</sup> por parcela (Figura 3).

**Figura 3.** Croqui do experimento com *Urochloa decumbens* solteira, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG

BIV	BIII	BII	BI	
400	800	600	200	
0	600	400	800	
200	0	200	400	
600	400	0	600	
800	200	800	0	4,00m
				4,00m

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

O sistema de irrigação para aplicação da ARS foi instalado no mês de fevereiro de 2015 (Figura 4). A irrigação foi feita por aspersão, em que antes de todas as aplicações foi realizado o teste de vazão, de acordo com as doses utilizadas. A ARS utilizada em todo o período do experimento foi proveniente da suinocultura da fazenda Bonsucesso, com plantel de 6.000 suínos na fase de engorda, gerando um volume médio de 110 m<sup>3</sup> de ARS por dia. Os dejetos são manejados com biodigestor de manta de PVC e lagoa de estabilização, ficando armazenados por aproximadamente 20 dias.

**Figura 4.** Irrigação da área dos experimentos na Fazenda Bonsucesso, Uberlândia-MG



Fonte: Faria, 2015

Foram coletadas amostras da ARS antes das aplicações, para caracterização química segundo Teixeira et al. (2017) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Caracterização da água residuária da suinocultura, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia.

Determinação	Unidade	Média das aplicações
pH	%	7,27
Densidade	%	1,00
Matéria orgânica	%	0,74
Carbono orgânico	%	0,41
Nitrogênio (N) total	%	0,32
Relação Carbono/Nitrogênio	%	1,56
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) total	%	0,07
Potássio (K <sub>2</sub> O) sol. em água	%	0,3
Cálcio (Ca)	%	0,6
Magnésio (Mg)	%	0,07
Sódio (Na)	mg L <sup>-1</sup>	400
Boro (B)	mg L <sup>-1</sup>	0,12
Cobre (Cu)	mg L <sup>-1</sup>	8,7
Ferro (Fe)	mg L <sup>-1</sup>	13,6
Níquel (Ni)	mg L <sup>-1</sup>	ns
Manganês (Mn)	mg L <sup>-1</sup>	16
Zinco (Zn)	mg L <sup>-1</sup>	6,3

Durante quatro anos de aplicação de ARS, foi avaliado as seguintes variáveis: pH em H<sub>2</sub>O, alumínio (Al<sup>3+</sup>), acidez potencial (H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), matéria orgânica (M.O.) e posteriormente, calculadas CTC efetiva (t), CTC pH 7,0 (T), soma de bases (S.B.), saturação por bases (V %) e saturação por alumínio (m).

As avaliações do solo foram realizadas nos meses de novembro de cada ano. Foi utilizada para análise do solo uma amostra composta representativa em cada parcela obtida pela coleta de três amostras simples em pontos diferentes, com a utilização de um



trado holandês. As amostras de solos foram coletadas nas profundidades de 0-0,20 m e foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 45 °C durante 48 h, sendo caracterizadas como terra fina seca em estufa (TFSE), em seguida, foram trituradas com uso de destorroador manual, passando por peneira de 2 mm de diâmetro para remover os torrões e impurezas.

Os atributos analisados em cada amostra de solo foram pH em H<sub>2</sub>O, alumínio (Al<sup>3+</sup>), acidez potencial (H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), matéria orgânica (M.O.) e posteriormente, calculadas CTC efetiva (t), CTC pH 7,0 (T), soma de bases (S.B.), saturação por bases (V %) e saturação por alumínio (m) conforme metodologia proposta por Teixeira et al. (2017).

Os resultados foram primeiramente submetidos aos testes de pressuposições, homogeneidade, heterogeneidade e aditividade, a fim de avaliar a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias, respectivamente. Após isso, os dados foram submetidos à análise de variância. Para a avaliação dos efeitos das doses de ARS, utilizou-se regressões polinomiais a 5% de significância, e para a avaliação dos anos de aplicação de ARS utilizou-se o teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o aplicativo R (R CORE TEAM, 2018).

### 4.3 Resultados e discussão

Para o teor de Ca no solo constatou que houve interação entre as aplicações anuais e as doses de ARS. O pH, a SB e os teores de K, Mg e Na sofreram interferência dos anos de aplicação de ARS independente das doses de ARS (Tabela 4).

**Tabela 4.** Média dos valores de pH, SB ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e teores dos macronutrientes, K, Ca, Mg e Na ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) para diferentes doses de água residuária de suínos (ARS) aplicadas quatro anos consecutivos em uma área com pastagem de *Urochloa decumbens*, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

<sup>1</sup> Doses de ARS ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )	pH				K ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ )				Mg ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ )			
	Anos de aplicação de ARS				Anos de aplicação de ARS				Anos de aplicação de ARS			
	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
0	5,23	5,05	4,92	4,92	0,20	0,18	0,28	0,06	0,30	0,30	0,40	0,20
200	5,00	5,13	4,65	4,49	0,15	0,13	0,40	0,03	0,30	0,27	0,53	0,23
400	4,93	4,88	4,68	4,48	0,20	0,23	0,63	0,05	0,28	0,32	0,55	0,33
600	4,80	4,75	4,58	4,40	0,08	0,18	0,60	0,04	0,20	0,28	0,63	0,25
800	4,68	4,65	4,63	4,35	0,25	0,25	0,53	0,07	0,30	0,32	0,60	0,20
<b>Média</b>	4,93a	4,89a	4,64b	4,44c	0,18b	0,19b	0,49a	0,08b	0,28b	0,30b	0,54a	0,24b
	<sup>2</sup> KS = <b>0,144</b>				<sup>2</sup> KS = <b>0,010</b>				<sup>2</sup> KS = <b>0,571</b>			
	F <sub>levене</sub> = <b>0,953</b>				F <sub>levене</sub> = <b>0,029</b>				F <sub>levене</sub> = <b>0,3901</b>			
	F <sub>aditividade</sub> = <b>0,091</b>				F <sub>aditividade</sub> = <b>0,082</b>				F <sub>aditividade</sub> = <b>0,016</b>			
<sup>1</sup> Doses de ARS ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )	Na ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ )				Ca ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ )				SB ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ )			
	Anos de aplicação de ARS				Anos de aplicação de ARS				Anos de aplicação de ARS			
	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
0	1,76	0,90	0,85	0,68	0,38a	0,43a	0,50a	0,71a	2,63	1,55	2,08	1,66
200	1,72	0,41	0,98	0,62	0,58ab	0,78a	0,40b	0,59ab	2,73	1,65	2,33	1,48
400	1,36	0,52	0,90	0,60	0,40b	0,73a	0,33b	0,83a	2,25	1,98	2,40	1,81
600	0,90	0,54	0,68	0,55	0,35b	0,60ab	0,38b	0,85a	1,55	1,55	2,28	1,40
800	1,61	0,53	1,08	0,65	0,40a	0,65a	0,37a	0,42a	2,53	1,75	2,55	1,33
<b>Média</b>	1,47a	0,63b	0,90b	0,73b	0,42	0,64	0,40	0,62	2,34a	1,70b	2,33a	1,77b
	<sup>2</sup> KS = <b>0,010</b>				<sup>2</sup> KS = <b>0,002</b>				<sup>2</sup> KS = <b>0,195</b>			
	F <sub>levене</sub> = <b>0,135</b>				F <sub>levене</sub> = <b>0,996</b>				F <sub>levене</sub> = <b>0,890</b>			
	F <sub>aditividade</sub> = <b>0,228</b>				F <sub>aditividade</sub> = <b>0,245</b>				F <sub>aditividade</sub> = <b>0,801</b>			

SB: Soma de bases; Ca: cálcio; K: potássio; Mg: magnésio; Na: sódio. <sup>1</sup>Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelos teste de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância; <sup>2</sup>KS, Flevене, Faditividade: estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene, Teste de Tukey para Aditividade. Valores em negrito indicam blocos com efeito aditivos, resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância, respectivamente.

Os teores de Ca no solo, foram maiores no segundo ano de aplicação de ARS na dose de  $200 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ . E na dose de  $400 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  foi no segundo e quarto ano de aplicação de ARS, e para a dose de  $600 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  foi maior no quarto ano de aplicação de ARS (Tabela 4). Ao comparar os valores iniciais (Tabela 1) com os valores após a aplicação, observou um decréscimo pequeno ao longo dos anos e das doses de ARS. Essas pequenas variações em escala dos teores de Ca no solo podem estar relacionadas com a sua baixa concentração nas ARS ou através da retenção desse elemento pela MO (matéria

orgânica), muito presente na ARS (MENDONÇA; ROWELL; 1994), o que dificulta a ação do extrator (CERETTA et al., 2003).

Observou-se que a maior concentração do K e Mg no solo foram no terceiro ano de aplicação de ARS (Tabela 4). Segundo Andries et al. (2018) e Kiehl (2010), a espécie e a idade dos animais, a matéria prima usada na fabricação da ração e a proporção de nutrientes ingeridos pelos animais, além das características físicas, químicas e biológicas das ARS, os fatores de diluição e do uso e manejo da água nas fazendas de suínos influencia a composição do dejetos, o que pode ter contribuído no presente trabalho pela variação desses nutrientes. Outro ponto, é o problema de lixiviação dessas bases, devido a maior competição pelos sítios de troca de absorção por conta da similaridade de raio iônico e potencial eletroquímico de absorção das bases, como Ca, Mg e K. Como no presente experimento, a ARS utilizada era coletada antes da aplicação de ARS, sua composição pode ter variado em relação a cada aplicação.

Comparando os teores, antes e após aplicação de ARS (Tabelas 1 e 4), observou que para o Mg, os teores só foram alterados depois de três anos que iniciou a aplicação de ARS, porém para o K constatou um acréscimo nos três anos de aplicação quando comparados aos teores iniciais do solo, podendo ser relacionado ao que foi afirmado por Bertoncini (2011), onde 70 a 95% do K fornecido pela ração é excretado pelos animais.

Ao avaliar a acidez do solo, observou que ao longo dos anos de aplicação ocorreu uma redução do pH (Tabela 4) após início do experimento (Tabela 1). Esta variação indica que aumentaram os teores de  $H^+$  no solo. Este aumento pode causar o efeito prejudicial na absorção de cátions, Ca, K e Mg, lixiviando esses elementos para profundidades maiores, isso se agrava em solos arenosos em que a capacidade troca catiônica (CTC) é menor, ou seja, são solos com pequena capacidade para reter cátions em forma trocável podendo ter maiores perdas por lixiviação (RONQUIM, 2010).

No quarto ano de aplicação de ARS, observou um teor de K no solo menor que os anos anteriores (Tabela 4). Oliveira et al. (1999), constatou que ocorre uma rápida liberação de K da palha (OLIVEIRA et al., 1999), o que provavelmente foi responsável pelo aumento da lixiviação de K no quarto ano de aplicação de ARS, visto que esse nutriente compete sítios de absorção com as demais bases. Além disso, a aplicação de ARS contribuiu para a recuperação da pastagem, além de melhorar a estrutura do solo, devido a MO, melhorando o sistema radicular das plantas e conseqüentemente a absorção dos nutrientes. No decorrer dos anos, um aumento na concentração de  $K^+$  na camada superficial do solo traz algumas conseqüências, como o desequilíbrio de nutrientes,

promovendo a deficiência de Mg nas plantas (QUEIROZ et al., 2004) e o escoamento superficial desse nutriente (SCHERER et al. 2010).

O Na aumentou no primeiro ano de aplicação de ARS e reduziu nos demais anos (Tabela 4). Oliveira et al. (200) constatou que a aplicação de ARS pode ocasionar a salinização do solo com o Na. Visto que é utilizado a cloreto de sódio (NaCl) nas rações para melhorar a palatabilidade (PEREIRA JUNIOR, 2016) e conseqüentemente a presença deste resulta em um aumento na salinidade da ARS (LI-XIAN et al., 2007). Essa redução da concentração do Na pode ser relacionada a competição por sítio de absorção com os demais elementos, principalmente o  $H^+$ , visto que ao longo dos anos de aplicação observou-se uma redução no pH do solo, o que pode ter promovido a lixiviação do Na para maiores profundidades.

Os impactos causados nas propriedades do solo pelo Na vão depender muito da quantidade e da frequência em que se aplica ARS. Esse nutriente é monovalente e tem grande raio hidratado, tem baixa afinidade pelas cargas negativas do solo. Dessa forma, o Na presente na solução do solo pode ser lixiviado rapidamente para as camadas subsuperficiais, desde que haja fluxo descendente de água, podendo causar a salinização do solo (ALMEIDA, 2008).

O uso de ARS no solo ocasiona a salinização do solo, que interfere na condutividade elétrica, relação de absorção de nutrientes pelas plantas e contribui para a dispersão da argila, o que ocasiona a impermeabilização do solo (MEURER et al., 2012). O Na em excesso nas plantas, prejudica o comportamento germinativo, vegetativo e produtivo devido a influência na concentração dos íons potencialmente tóxicos e no potencial osmótico (GONÇALVES et al., 2011). Porém, no presente trabalho, não constatou um aumento na concentração de  $Na^{2+}$  durante o período de condução do experimento, podendo relacionar a textura arenosa do solo e a sua menor CTC, uma vez que ocorre uma inibição competitiva, onde as bases competem pelo mesmo sítio de absorção, promovendo assim uma lixiviação maior do  $Na^{2+}$ .

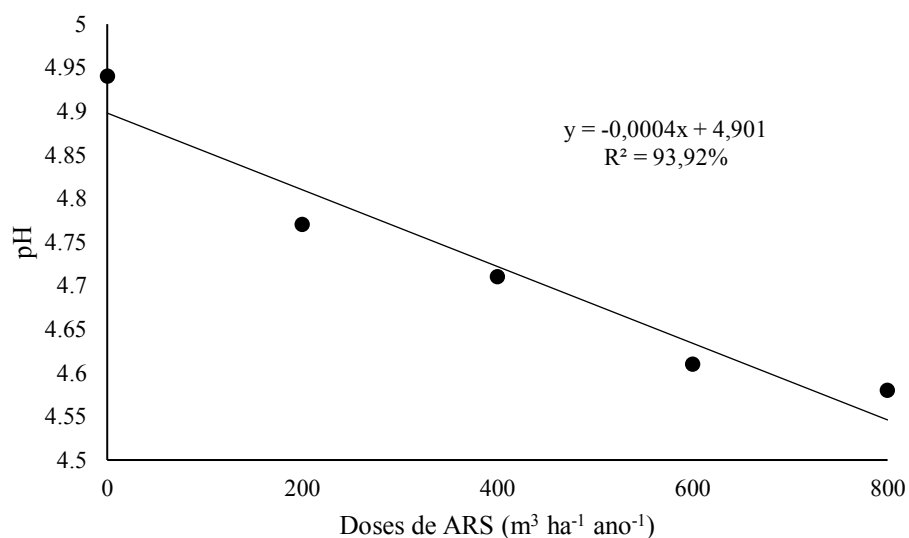
Ao analisar a soma de bases (SB), observou-se que no primeiro e no terceiro ano de aplicação de ARS obtiveram os maiores valores (Tabela 4). A SB é calculada a partir da soma de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  e  $Na^{2+}$ . Assim, no primeiro ano, constatou o maior valor de Na e no terceiro os maiores valores de Mg e K. Como demonstrado por Homem et al., (2014) que concluíram que o parâmetro SB é influenciado por esses nutrientes no solo.

No primeiro e segundo ano de aplicação de ARS, observou que os valores do pH foram maiores quando comparados ao terceiro e quarto ano (Tabela 4). Na implantação

do experimento constatou que o pH estava a nível bom (Tabela 1), diante disso não foi necessária a realização da correção deste com calcário e como o objetivo do trabalho era identificar os efeitos da ARS ao longo dos anos de aplicação, não foi realizada calagem na área durante o experimento, o que pode ter contribuído para o aumento da acidez do solo. Outro ponto, é que no início do experimento, a pastagem estava com alto nível de degradação caracterizada por pouca presença da gramínea. Sendo recuperada ao longo dos anos, aumentando assim a cobertura vegetal no solo e uma maior competição por nutrientes para a planta, interferindo nos atributos químicos deste solo.

Autores como Freitas et al. (2016); Konrad; Castilhos (2002); Pires et al. (2008); Reis; Rodella (2002) constataram o aumento do pH no solo após a incubação com resíduos orgânicos, porém Freitas et al. (2015), constataram que esse aumento foi principalmente nos tratamentos em que se utilizou fontes de calcário.

Ao analisar as variações dos valores de pH em relação as doses de ARS, constatou um comportamento linear, sendo que com o aumento das doses promoveu um decréscimo no valor do pH (Figura 5). Essa redução pode ser relacionada à liberação de íons  $H^+$  proveniente da mineralização da matéria orgânica existente no solo (FREITAS et al., 2016; PAVINATO; ROSOLEM, 2008).



**Figura 5.** Média dos valores de pH para diferentes doses de água residuária de suínos (ARS) em uma área com pastagem de *Urochloa decumbens*, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

O valor do pH depende da composição dos resíduos animais aplicados no solo (WHALEN et al., 2000). A magnitude do efeito de ARS nos componentes da acidez do solo também depende do poder tampão do solo e da dose aplicada, sendo, geralmente, necessárias doses elevadas e repetidas para serem observadas mudanças significativas (CASSOL et al., 2011). Os resultados obtidos neste trabalho (Tabela 4 e Figura 5) divergiram com os de Cabral et al. (2011), que ao avaliar seis doses de ARS não observaram mudanças nos valores de pH no solo na camada de 0-0,20 m.

A aplicação de resíduo é recomendada para a fertilização do solo devido aos seus benefícios, como a elevação do pH do solo, a redução da acidez potencial e aumento na disponibilidade de macronutrientes (RODRIGUES et al., 2011). Smanhotto et al. (2010) observaram que o uso de ARS alterou o pH, porém autores como Caovilla et al. (2005) e Gomes et al. (2004), não observaram diferença nos valores de pH, em função dos tratamentos com ARS. Durante quatro anos de aplicação de ARS, porém não foi realizada a correção do pH, nesse período ocorreu a recuperação da pastagem e o aumento da densidade do sistema radicular, o que aumentou a absorção de bases, como Ca, Mg e K, e isso pode ter liberado o espaço da CTC, promovendo um aumento de  $H^+$  no solo e reduzindo o pH do solo.

A interação entre as aplicações anuais e as doses de ARS, interferiram na concentração de  $H^+ + Al^{3+}$ , porém não interferiu na concentração de  $Al^{3+}$ . Haja visto a saturação por alumínio (m) e a CTC efetiva (t) (Tabela 5). Resultados semelhantes foram obtidos por Lourenzi et al. (2016), onde as aplicações de composto orgânico de dejetos líquido de suínos com maravalha, em sistema plantio direto não interferiram na concentração de  $H^+ + Al^{3+}$ . Também Brunetto et al. (2012), ao utilizar doses de cama sobreposta e de dejetos líquidos de suínos não verificaram efeito das aplicações dos tratamentos sobre os teores de  $H^+ + Al^{3+}$  até 0,10 m de profundidade.

**Tabela 5.** Média dos valores de CTC efetiva (t) e saturação por alumínio (m) e os teores de  $Al^{3+}$  e  $H^+ + Al^{3+}$  ( $cmol_c dm^{-3}$ ) para diferentes doses de água residuária de suínos (ARS) aplicadas quatro anos consecutivos em uma área com pastagem de *Urochloa decumbens*, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

<sup>1</sup> Doses de ARS ( $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ )	$Al^{3+}$ ( $cmol_c dm^{-3}$ )				$H^+ + Al^{3+}$ ( $cmol_c dm^{-3}$ )			
	Anos de aplicação de ARS				Anos de aplicação de ARS			
	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
0	0,40	0,45	0,20	0,30	2,1a	2,8b	2,5b	2,4ab
200	0,45	0,40	0,28	0,35	2,0a	2,7b	2,7b	2,1ab
400	0,58	0,43	0,38	0,58	2,2a	3,2b	2,2a	1,9a
600	0,65	0,68	0,40	0,80	2,3ab	3,0c	2,6bc	1,9a
800	0,53	0,55	0,33	0,73	2,0a	3,1b	2,6b	1,6a
<b>Média</b>	0,50b	0,52b	0,32a	0,55b	2,0	2,9	2,5	2,0
<sup>2</sup> KS= <b>0,111</b>				<sup>2</sup> KS= <b>0,048</b>				
F <sub>levене</sub> = <b>0,231</b>				F <sub>levене</sub> = <b>0,778</b>				
F <sub>aditividade</sub> = <b>0,112</b>				F <sub>aditividade</sub> = <b>0,236</b>				
<sup>1</sup> Doses de ARS ( $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ )	t ( $cmol_c dm^{-3}$ )				m (%)			
	Anos de aplicação de ARS				Anos de aplicação de ARS			
	Ano 1	Ano 1	Ano 1	Ano 1	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
0	3,05	2,00	2,28	1,95	12,5	23,4	7,9	15,6
200	3,23	2,08	2,60	2,20	15,3	21,0	10,8	18,2
400	2,83	2,40	2,78	2,32	22,8	18,5	14,5	23,9
600	2,23	2,25	2,68	2,45	30,3	30,9	15,2	28,9
800	3,10	2,30	2,88	2,58	18,8	26,5	11,2	31,4
<b>Média</b>	2,89a	2,21b	2,64ab	2,32ab	20,0ab	24,1b	11,9a	23,6b
<sup>2</sup> KS= <b>0,517</b>				<sup>2</sup> KS= <b>0,044</b>				
F <sub>levене</sub> = <b>0,261</b>				F <sub>levене</sub> = <b>0,278</b>				
F <sub>aditividade</sub> = <b>0,469</b>				F <sub>aditividade</sub> = <b>0,218</b>				

t: CTC efetiva; m: saturação por alumínio. <sup>1</sup>Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelos teste de Tukey, respectivamente a 0,05 de significância; <sup>2</sup>KS, Flevене, F<sub>aditividade</sub>: estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene, Teste de Tukey para Aditividade. Valores em negrito indicam blocos com efeito aditivos, resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância, respectivamente.

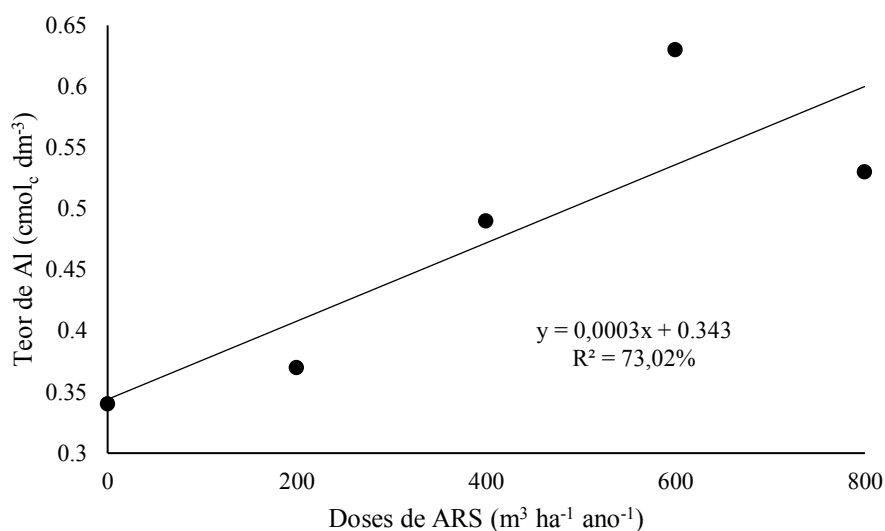
Houve variação na concentração de  $Al^{3+}$  após os anos de aplicação de ARS. Este comportamento repetiu-se na saturação por alumínio (m) e na CTC efetiva (t), independente da dose de ARS utilizada (Tabela 5). Ao analisar a concentração inicial de  $Al^{3+}$  na área (Tabela 1) observou que o solo não possuía traços desse elemento, podendo ser oriundo de processos de calagem aplicados na área em épocas anteriores ao experimento. Porém, notou-se que ao longo dos anos de aplicação, o comportamento da concentração de  $Al^{3+}$  (Tabela 5) no solo relacionou-se aos valores do pH (Tabela 4), podendo ser relacionado a dependência desse elemento ao pH do solo, como demonstrado por Vendrame et al. (2007), que observaram redução do pH sob com a liberação do Al total na solução do solo.

A concentração dos íons  $Al^{3+}$  no solo apresentou relação direta com as doses de ARS aplicada (Tabela 5). O resultado corrobora com Scherer et al. (2007), que constatou o aumento nas concentrações de  $Al^{3+}$  com a aplicação de ARS nas camadas mais superficiais (0-0,20m).

Ao analisar a saturação por alumínio (m), constatou que o menor valor foi no segundo ano de aplicação de ARS, ao comparar com o primeiro ano (Tabela 5). A saturação por alumínio é o percentual de cargas negativas do solo ocupada pelo  $Al^{3+}$  trocável expressando a toxidez do solo por este elemento, e ao analisar os resultados anterior a aplicação de ARS (Tabela 1), observou que tanto a saturação por alumínio quanto a concentração de  $Al^{3+}$  no solo obtiveram resultados iguais a 0,0.

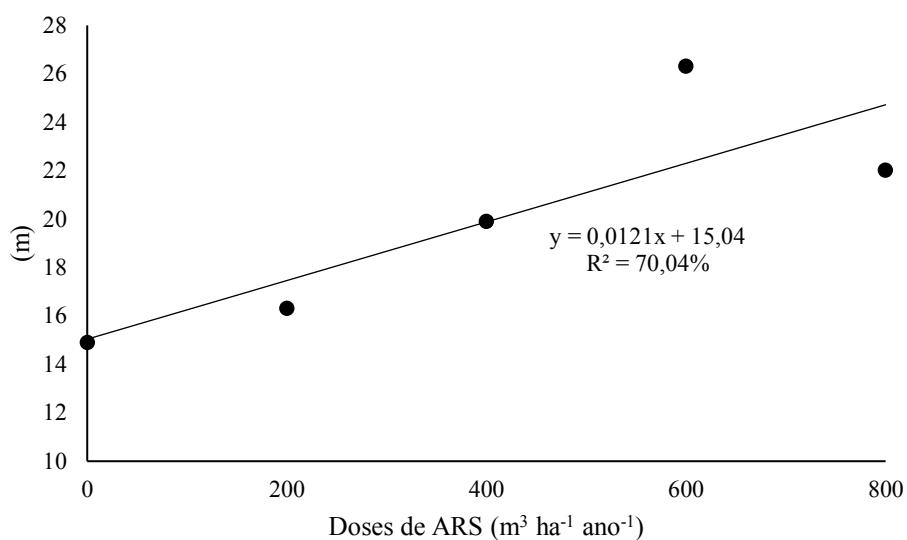
As doses de ARS interferiram na concentração inicial de  $Al^{3+}$ , verificando um comportamento linear dos teores de  $Al^{3+}$ , em que o aumento das doses promoveu um incremento na concentração desse elemento (Figura 6). Esse aumento pode ser relacionado à liberação de íons  $H^+$  proveniente da mineralização da matéria orgânica existente no solo (FREITAS et al., 2016; PAVINATO; ROSOLEM, 2008). A complexação é favorecida pela presença de cátions e carbono orgânico solúvel, além do ácido fúlvico, outros ácidos como láctico, acético, cítrico, malêico e oxálico que podem fazer parte deste complexo metálico, o que faz com o acúmulo de matéria orgânica possibilite que seus agentes ligantes reduzam a toxidez do Al (MIYAZAWA et al., 2000). O Al liga-se a ácidos húmicos, fúlvicos e orgânicos de baixo peso molecular provenientes de exsudados de raízes ou degradação oxidativa da própria MOS, criando moléculas solúveis, ou não, dependendo do pH (GIONGO, 1997).





**Figura 6.** Média teores de  $\text{Al}^{3+}$  ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) para diferentes doses de água residuária de suínos (ARS) em uma área com pastagem de *Urochloa decumbens*, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

Após a aplicação da ARS, constatou que a m sofrendo alteração das doses de ARS, independente das doses de ARS (Figura 7), o aumento do teor de Al e m (Tabela 5), consequentemente acompanhou o comportamento do valor do pH. Corroborando com Ceretta et al. (2003) que afirmaram a possibilidade de alterações no pH do solo com a aplicação de ARS serem mínimas. Porém, autores como Duarte et al. (2008), avaliando efeito da aplicação de resíduos na cultura do pimentão concluíram que o uso da ARS não provocou alterações no pH.



**Figura 7.** Média da saturação por alumínio (m) para diferentes doses de água residuária de suínos (ARS) em uma área com pastagem de *Urochloa decumbens*, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

Os valores considerados adequados para a CTC efetiva (t) concentram-se entre 4,61 e 8,00  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  (Ribeiro et al., 1999) e a saturação devem estar abaixo de 20%. No presente trabalho, constatou que os valores de t estiveram abaixo desse valor, no intervalo de 1,95 a 3,23  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  e o percentual de m esteve no intervalo de 11,2 a 30,9 (Tabela 4).

As doses de ARS interferiram na saturação de alumínio (m), verificando um comportamento linear da saturação de alumínio, em que o aumento das doses promoveu um incremento (Figura 7).

A interação entre as doses de ARS e os anos de aplicação de ARS interferiram nos percentuais da saturação de bases (V). Em que no primeiro ano de aplicação de ARS, a testemunha (sem aplicação de ARS) e as doses de 200  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  e 800  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , foram as que obtiveram os melhores resultados. Já no quarto ano de aplicação de ARS, a dose de 600  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  teve um valor melhor e nenhum ano de aplicação de ARS, a dose de 400  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  interferiu no percentual de V (Tabela 6).

**Tabela 6.** Média do percentual de saturação de bases e do teor de matéria orgânica (dag dm<sup>-3</sup>) para diferentes doses de água residuária de suínos (ARS) aplicadas quatro anos consecutivos em uma área com pastagem de *Urochloa decumbens*, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

<sup>1</sup> Doses de ARS (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	MO (dag kg <sup>-1</sup> )				V (%)			
	Anos de aplicação de ARS				Anos de aplicação de ARS			
	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
<b>0</b>	0,9	1,1	1,1	1,2	54,9a	35,4b	45,4ab	40,5ab
<b>200</b>	0,9	0,8	1,2	1,1	57,2a	37,6b	46,1ab	45,0ab
<b>400</b>	0,9	0,9	1,0	1,1	51,9a	37,7a	51,7a	49,5a
<b>600</b>	1,1	0,8	1,2	1,0	30,0b	34,2ab	46,0ab	50,3a
<b>800</b>	0,7	0,9	1,0	1,2	55,4a	35,5b	49,8ab	48,4ab
<b>Média</b>	0,9a	0,9a	1,1a	1,1a	49,9	36,1	47,8	46,7
	<sup>2</sup> KS = <b>0,199</b>				<sup>2</sup> KS = <b>0,042</b>			
	F <sub>levene</sub> = <b>0,586</b>				F <sub>levene</sub> = <b>0,867</b>			
	F <sub>aditividade</sub> = <b>0,105</b>				F <sub>aditividade</sub> = <b>0,663</b>			

MO: Matéria orgânica; V: saturação de bases. <sup>1</sup>Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelos teste de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância; <sup>2</sup>KS, F<sub>levene</sub>, F<sub>aditividade</sub>: estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene, Teste de Tukey para Aditividade. Valores em negrito indicam blocos com efeito aditivos, resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância, respectivamente.

A interação entre as doses de ARS e os anos de aplicação de ARS promoveu diferença entre os percentuais da saturação de bases (V). A testemunha e as doses de 200 e 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de ARS, promoveram os maiores valores de V no primeiro ano de aplicação quando comparados ao segundo ano de aplicação de ARS. Já para a dose de 600 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de ARS, os maiores valores de V foram no quarto ano de aplicação de ARS (Tabela 6). Scherer et al. (2010) avaliando a utilização de dejetos de suínos, observaram que sua adição no solo não incrementou nos teores de MO em nenhum dos solos e camadas amostradas, como constatado no presente trabalho (Tabela 6).

Para a qualidade do solo, é imprescindível a manutenção da MO. Uma das maneiras de incrementar seus teores é a utilização de resíduos orgânicos na fertilização do solo. No presente trabalho, observou-se que os teores de MO após a aplicação de ARS ao longo dos anos foi classificado como baixa de acordo com Ribeiro et al. (1999) (Tabela 4). A aplicação de dejetos animais em áreas com baixo teor de argila, 150 kg ha<sup>-1</sup>, favorece a decomposição da MOS, fazendo com que a argila adicionada e perdida seja equivalente (CERETTA et al., 2003)

Devido a adição de carbono no solo pela a utilização dos resíduos orgânicos, pode ocorrer mudanças quantitativas e qualitativas na MO (HERNÁNDEZ et al., 2006; LOURENZI et al., 2011). Porém no presente trabalho, o aumento da MO não foi

relacionado com as doses de ARS, o que pode ser relacionado as aplicações serem realizadas na superfície, sem posterior incorporação, em pastagens manejadas corretamente, isto é, apresentando cobertura morta no solo, em que a reciclagem da MO produzida é intensa e a renovação de tecidos da parte aérea e do sistema radicular é bastante efetiva, assegurando rebrota rápida e vigorosa (ZANINE et al., 2005)

Houve a variação da CTC pH a 7,0 (T) ao longo dos anos de aplicação de ARS, independente da dose utilizada. E a T (soma de bases) não foi influenciada pela aplicação de ARS (Tabela 7), resultados semelhantes foram constatados por Scherer et al. (2007) e Falleiro et al. (2003), e que pode ser atribuído aos altos teores de MO em todos os tratamentos (Tabela 6). Relação direta entre aumento da MO e a CTC do solo foram observados por autores como, Canellas et al. (2003) e Falleiro et al. (2003), que constataram que parte da variação da CTC é devida a MO.

**Tabela 7.** Média dos valores da CTC pH 7,0 (T) ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e das relações K/T, Ca/T, Mg/T e Na/T para diferentes doses de água residuária de suínos (ARS) aplicadas em quatro anos consecutivos em uma área com pastagem de *Urochloa decumbens*, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia

Doses de ARS ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )	T ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ )				Ca/T				Mg/T			
	Anos de aplicação de ARS				Anos de aplicação de ARS				Anos de aplicação de ARS			
	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
0	4,8	4,4	4,5	4,1	8,5b	9,6ab	11,1ab	15,8a	7,4	5,2	8,9	6,7
200	4,7	4,3	5,0	3,8	12,6bc	17,6ab	7,9c	22,9a	6,9	5,6	10,4	7,8
400	4,2	5,1	4,6	3,8	10,7bc	14,2b	7,2c	22,8a	6,6	6,3	11,5	9,2
600	3,8	4,5	4,9	3,9	9,1b	13,3b	7,8b	25,9a	3,6	5,9	13,2	11,7
800	4,5	4,8	5,1	3,2	9,0b	13,4ab	7,3b	17,2a	6,7	6,7	11,7	8,6
<b>Média</b>	4,4a	4,6a	4,8a	3,8b	10,0	13,6	8,24	20,1	6,2b	5,9b	11,1a	8,8b
	$^2\text{KS} = \mathbf{0,377}$				$^2\text{KS} = \mathbf{0,416}$				$^2\text{KS} = \mathbf{0,631}$			
	$F_{\text{Levene}} = \mathbf{0,164}$				$F_{\text{Levene}} = \mathbf{0,682}$				$F_{\text{Levene}} = \mathbf{0,845}$			
	$F_{\text{aditividade}} = \mathbf{0,789}$				$F_{\text{aditividade}} = \mathbf{0,595}$				$F_{\text{aditividade}} = \mathbf{0,036}$			
Doses de ARS ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )	K/T				Na/T							
	Anos de aplicação de ARS				Anos de aplicação de ARS							
	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4				
0	4,9	3,4	6,8	2,1	34,1	17,3	18,6	18,8				
200	3,5	3,1	8,0	1,0	34,3	11,4	19,8	17,4				
400	4,9	4,4	13,0	2,2	29,6	13,0	19,9	19,8				
600	0,9	3,1	11,6	1,5	26,7	11,9	13,5	15,3				
800	5,0	5,1	9,6	2,9	34,7	10,4	21,3	24,0				
<b>Média</b>	3,8b	3,8b	9,8a	1,9c	31,9b	12,8a	18,6a	19,1b				
	$^2\text{KS} = 0,008$				$^2\text{KS} = \mathbf{0,180}$							
	$F_{\text{Levene}} = \mathbf{0,018}$				$F_{\text{Levene}} = \mathbf{0,311}$							
	$F_{\text{aditividade}} = \mathbf{0,018}$				$F_{\text{aditividade}} = \mathbf{0,594}$							

T: CTC pH 7,0. <sup>1</sup>Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelos teste de Tukey, respectivamente a 0,05 de significância; <sup>2</sup>KS,  $F_{\text{Levene}}$ ,  $F_{\text{aditividade}}$ : estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene, Teste de Tukey para Aditividade. Valores em negrito indicam blocos com efeito aditivos, resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância, respectivamente.

A interação entre os anos de aplicações e as doses de ARS influenciou na relação Ca/T. Já as relações Mg/T, K/T e Na/T foram influenciados pelos anos de aplicação de ARS, independente da dose de ARS (Tabela 7).

Se analisar as relações Mg/T e K/T, observou que o terceiro ano de aplicação de ARS foi o que proporcionou os melhores valores (Tabela 7), esse mesmo comportamento foi observado para os teores de Mg e K (Tabela 4). Já para a relação Na/T, os anos com melhores valores foram no segundo e terceiro ano de aplicação de ARS. A relação Ca/T, para todas as doses analisadas obteve os maiores no quarto ano de aplicação de ARS (Tabela 7). Brunetto et al. (2012), observaram uma estreita relação entre os teores de MO

do solo e a T do solo e, salientaram que o aumento da T do solo favorece a adsorção de cátions presentes nos dejetos, como K, Ca e Mg.

Lourenzi et al. (2011), avaliando a aplicação de ARS durante oito anos, observou que as variáveis continuaram sofrendo alterações significativas, não indicando efeito máximo, como constatados em todas as variáveis analisadas no presente trabalho. Justificando que o estudo de ARS necessitaria de mais tempo para observar as alterações nas propriedades da acidez do solo.

#### 4.4 Conclusões

A aplicação de água residuária de suínos durante 4 anos, promove uma redução no pH e um aumento na concentração de  $\text{Al}^{3+}$  e na saturação por alumínio (m) em solo com pastagem de *Urochloa decumbens*.

Os anos de aplicação de ARS promovem uma alteração na concentração de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ , nos valores de pH, na soma de bases (SB), na CTC efetiva (t), na saturação de alumínio (m), na CTC pH 7,0 (T), nas relações Mg/T, Na/T e K/T em solo arenoso com pastagem de *Urochloa decumbens*.

As doses de ARS promove uma alteração na concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ , na saturação de bases (V) e na relação Ca/T.

Ao analisar os resultados obtidos recomenda-se a dose de  $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para a pastagem de *Urochloa decumbens*.

## REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de carne - ABIEC. **Perfil da Pecuária no Brasil**, Brasília, DF, 2021. Portal Disponível em <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2021/>. Acesso em: 02 mar.2021.
- ALMEIDA, B. G. **Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo. 2008. Tese** (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.11.2008.tde-18112008-100808>. Acesso em: 29 jan. 2022.
- ANDRIES, R. G.; MATOS, A. T. de; FREITAS, W. da S. Estimation of plant productivity and nutrient extraction capacity along the length of horizontal subsurface flow constructed wetland treating swine wastewater. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 13, n. 3, e1979, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1979>. Acesso em: 29 jan. 2022.
- ARBAT, G.; ROSELLÓ, A.; OLIVÉ, F. D.; PUIG-BARGUÉS, J.; LLINÀS, E. G.; DURAN-ROS, M.; ... DE CARTAGENA, F. R. Soil water and nitrate distribution under drip irrigated corn receiving pig slurry. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 120, p. 11-22, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.08.001>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- ARMENTERAS, D.; RODRIGUEZ, N.; RETANA, J. Landscape dynamics in northwestern amazonia: an assessment of pastures, fire and illicit crops as drivers of tropical deforestation. **Plos One**, São Francisco, v. 8, n. 1, p. e 54310, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054310>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- ARRUDA, C. A. O.; ALVES, M. V.; MAFRA, Á. L.; CASSOL, P. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; SANTOS, J. C. P. Aplicação de dejetos suínos e estrutura de um Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 804-809, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000400002>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- BATISTA, R. O., MARTINEZ, M. A., PAIVA, H. N. D., BATISTA, R. O., & CECON, P. R. O efeito da água residuária da suinocultura no desenvolvimento e qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, p. 127-135, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5902/19805098133330>. Acesso em: 17 fev. 2022.
- BECK, H.E.; ZIMMERMANN, N.E.; MCVICAR, T.R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E.F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, London, v. 1, p. 1-12, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- BERTONCINI, E. I. Dejetos da suinocultura-desafios para o uso agrícola. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 1-10, 2011.
- BOLZANI, H. R.; KANIGOSKI, I. D.; DO AMARAL OLVEIRA, D. L.; POMPEI, C. M. E. Dinâmica de íons em Nitossolo e Argissolo e lixiviados sob aplicação de dejetos líquido de suínos. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v.



11, n. 4, p. e46811427509-e46811427509, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27509>. Acesso em: 17 fev. 2022.

BRUNETTO, G.; COMIN, J.J.; SCHMITT, D.E.; GUARDINI, R.; MEZZARI, C.P.; OLIVEIRA, B.S.; MORAES, M.P. de; GATIBONI, L.C.; LOVATO, P.E.; CERETTA, C.A. Changes in soil acidity and organic carbon in a sandy Typic Hapludalf after medium-term pig slurry and deep-litter application. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.1620-1628, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000500026> Acesso em: 17 fev. 2022.

CABRAL, J. R.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; MUNIZ, A. S.; BERTONHA, A. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.823–831, 2011. Acesso em: 19 ago. 2021.

CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; SANTOS, G. A.; RAMALHO, J. F.; BRAZ FILHO, R.; RUMJANEK, V. M.; REZENDE, C.. Propriedade químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhicho e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 935-944, 2003.

CAOVILLA, F. A.; SAMPAIO, S. C.; PEREIRA, J. O.; VILAS BOAS, M. A.; GOMES, B. M.; FIGUEIREDO, A. C. Lixiviação de nutrientes proveniente de águas residuárias em colunas de solo cultivado com soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, p.283-287, 2005.

CARO, D.; DAVIS, S. J.; BASTIANONI, S.; CALDEIRA, K. Greenhouse gas emissions due to meat production in the last fifty years. *In*: AHMED M.; STOCKLE C. (ed.) **Quantification of climate variability, adaptation and mitigation for agricultural sustainability**. Springer, Cham, 2017. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-32059-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-32059-5_2). Acesso em: 17 fev. 2022.

CASSOL, P. C.; SILVA, D. C. P. da; ERNANI, P. R.; KLAUBERG FILHO, O.; LUCRÉCIO, W. Atributos químicos em Latossolo Vermelho fertilizado com dejetos suíno e adubo solúvel. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 10, n. 2, p. 103-112, 2014.

CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; VIEIRA, F. C. B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, p.729-735, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000600009>. Acesso em: 17 fev. 2022.

CORRÊA, J. C.; MIELE, M. A. A cama de aves e os aspectos agrônômicos, ambientais e econômicos. *In*: PALHARES J. C. P.; KUNZ, A. (ed.) **Manejo ambiental na avicultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p. 125-152. (Documentos/Embrapa Suínos e Aves, 149).

DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos** (INFOTECA-E), 2014.

DUARTE, A. S.; AIROLDI, R. P. S.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A.; SOARES, T. M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e

potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, p.302– 310, 2008.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A.; FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 1097-1104, 2003.

FREITAS, G. A.; CHAGAS, J. F. R.; DE NEGREIRO NETO, J. V.; DA COSTA LEITE, R.; DA SILVA, R. R. Resíduo orgânico bovino enriquecido com fontes de cálcio como corretivo da acidez do solo. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 8, n. 3, 2016.

GIBBS, H. K.; RUESCH, A. S.; ACHARD, F.; CLAYTON, M. K.; HOLMGREN, P.; RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J. A. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 107, n. 38, p. 16732-16737, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0910275107>. Acesso em: 17 fev. 2022.

GIONGO, V. **Alumínio em sistemas de culturas no sistemas de produção de forrageira direto**. 1997. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997. 90f.

GOENER, A.; GLOAGUEN, R.; MAKESCHIN, F. Monitoring of the Ecuadorian mountain rainforest with remote sensing. **Journal of Applied Remote Sensing**, Orlando, v.1, n. 1, p.013527-013527-12, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1117/1.2784111>. Acesso em: 17 fev. 2022.

GOMES, E. R. S.; SAMPAIO, S. C.; CORRÊA, M. M.; VILAS BOAS, M. A.; ALVES, L. F. A.; SOBRINHO, T. S. Movimento de nitrato proveniente de água residuária em colunas de solos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, p. 557-568, 2004.

GONÇALVES, I. V. C; FREIRE, M. B. G. DOS S.; SANTOS, M. A.; SOUZA, E.R.; FREIRE, F. J. Alterações químicas de um Neossolo Flúvico irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 589-596, 2011.

GRIFFITH, D. C. Migration, Labor Scarcity, and Deforestation in Honduran Cattle Country. **Journal of Ecological Anthropology**, Tampa, v. 18, n. 1, p.3, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5038/2162-4593.18.1.3>. Acesso em: 17 fev. 2022.

HERNÁNDEZ, D.; PLAZA, C.; SENESI, N.; POLO, A. Detection of copper(II) and zinc(II) binding to humic acids from pig slurry and amended soils by fluorescence spectroscopy. **Environmental Pollution**, Barking, v.143, p.212-220, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.11.038>. Acesso em: 17 fev. 2022.

HOMEM, B. G. C.; NETO, O. B. A.; CONDE, M. S.; SILVA, M. D.; FERREIRA, I. M. Efeito do uso prolongado de água residuária da suinocultura sobre as propriedades químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Científica**, Dracena, v. 42, n. 3, p. 299-309, 2014. DOI: <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2014v42n3p299-309>. Acesso em: 15 fev. 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2020) **Estatística da Produção Pecuária**, 2020.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492p

KONRAD, E. E.; CASTILHOS, D. D. Alterações químicas do solo e crescimento do milho decorrentes da adição de lodos de curtume. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 257-265, 2002.

LI-XIAN, Y.; GUO-LIANG, L.; SHI-HUA, T.; GAVIN, S.; ZHAO-HUAN, H. Salinity of animal manure and potential risk of secondary soil salinization through successive manure application. **Science of the total Environment**, Amsterdam, v. 383, n. 1-3, p. 106-114, 2007.

LOURENZI, C.R.; CERETTA, C.A.; SILVA, L.S. da; TRENTIN, G.; GIROTTI, E.; LORENSINI, F.; TIECHER, T.L.; BRUNETTO, G. Soil chemical properties related to acidity under successive pig slurry applications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.1827-1836, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000500037>. Acesso em: 15 fev. 2022.

LOURENZI, C. R.; SCHERER, E. E.; CERETTA, C. A.; TIECHER, T. L.; CANCIAN, A.; FERREIRA, P. A. A.; BRUNETTO, G. Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejetos líquido de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, p. 233-242, 2016. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000300005>. Acesso em: 15 fev. 2022.

MENDONÇA, E. S.; ROWELL, D. L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um latossolo argiloso sob cerrado e soja. **Revista Brasileira Ciência do solo**, Viçosa, v. 18, p. 295-303, 1994.

MEURER, E. J.; BISSANI, C.A.; CARMONA, F.C. Solos ácidos e solos afetados por sais. In: MEURER, E.J. (ed.) **Fundamentos de química do solo**. 5. ed. Porto Alegre: EVANGRAF, 2012.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. Resíduos vegetais: influência na química de solos ácidos. In: Simpósio sobre fertilidade do solo e nutrição de plantas no plantio direto, 2000, Ponta Grossa. **Anais [...]**. Ponta Grossa, AEACG, 2000. p.82-94.

NOBILE, F. O.; GALBIATTI, J. A.; MURAISHI, R. I. Fertilizantes orgânicos e resíduo de bauxita na disponibilidade de nutrientes e nutrição da cana-de-açúcar irrigada com água potável e residuária. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 3, n. 2, p. 115-122, 2012. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v3i2.75>. Acesso em: 15 fev. 2022.

OLIVEIRA, E. R. D.; SILVA, J. R.; BAUMANN, L. R. F.; MIZIARA, F.; FERREIRA, L. G.; MERELLES, L. R. D. O. Tecnologia e degradação de pastagens na pecuária no Cerrado brasileiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 32, p. 585-596, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-55795>. Acesso em: 15 fev. 2022.

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

- PEREIRA JUNIOR, A. M. **Uso de água residuária de suinocultura em sistema agroflorestal**. 2016. 73 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016. DOI: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2016.151>. Acesso em 30 nov. 2021.
- PIGNATARO NETTO, I.T.; KATO, E.; GOEDERT, W.J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1441-1448, 2009.
- PINHEIRO, T. F.; ESCADA, M. I. S.; VALERIANO, D.; HOSTERT, P. A. T. R. I. C. K.; GOLLNOW, F. L. O. R. I. A. N.; MÜLLER, H. Forest degradation associated with logging frontier expansion in the Amazon: the BR-163 region in Southwestern Pará, Brazil. **Earth Interactions**, Boston, v.20, n. 17, p.1-26, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1175/EI-D-15-0016.1>
- PIRES, A. A.; MONNERAT, P. H.; MARCIANO, C. R.; PINHO, L. G. R.; ZAMPIROLI, P. D.; ROSA, R. C. C.; MUNIZ, R. A. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro-amarelo nas características químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1997-2005, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000500021>. Acesso em: 30 nov. 2021.
- QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.05, p.1487-1492, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/XFtT9rGYBbJ8NQPDrkyCMPG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 30 nov. 2021
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, 2018. Portal. Disponível em: <https://www.R-project.or>. Acesso em: 19 out. 2021
- REIS, B. T. C.; RODELLA, A. A. Cinética de degradação da matéria orgânica e variação do pH do solo sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 619-626, 2002.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais, 1999. 359 p. <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/1119/1/texto%20completo.pdf#page=73>. Acesso em: 19 out. 2021
- RODRIGUES, P. N.; ROLIM, M. M.; BEZERRA NETO, E.; COSTA, R. N.; PEDROSA, E. M.; OLIVEIRA, V. S. Efeito do composto orgânico e compactação do solo no milho e nutrientes do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 788-793, 2011.
- ROLIM, G. S.; APARECIDO, L. E. O. Camargo, Köppen and Thornthwaite climate classification systems in defining climatical regions of the state of São Paulo, Brazil. **International Journal of Climatology**, Chichester, v. 36, n. 2, p. 636-643, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.4372>. Acesso em: 19 out. 2021.

- SANCHES, L. R.; MISSIO, R. F.; CORDEIRO, J. Influência da fertirrigação com água residuária sobre o solo e crescimento de mudas arbóreas. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 2, p. e53411223043-e53411223043, 2022. DOI. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.23043>. Acesso em: 30 out. 2021.
- SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. DE. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa. 356p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em: 30 out. 2021.
- SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T.; NESI, C.N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 123-131, 2007.
- SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1375-1383, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400034>. Acesso em: 30 out. 2021.
- SEGANFREDO, M. A. A questão ambiental na utilização de dejetos de suínos como fertilizante do solo. **Embrapa Suínos e Aves-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2000.
- SILVA, A. D. A.; LANA, Â. M.; LANA, R. M.; COSTA, A. M. Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, p. 254-265, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n2p254-265/2015>. Acesso em: 30 out. 2021.
- SMANHOTTO, A.; SOUSA, A. DE P; SAMPAIO, S. C; NÓBREGA, L. H. P; PRIOR, M.; SAMPAIO, S. C. Cobre e zinco no material percolado e no solo com a aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, p. 347-357, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/qw4dkPd7HxgGSmYSW79jxmS/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 30 out. 2021.
- SOUSA, M. D. C.; REIS, V.; BRASIL, E.; MUNIZ, L.; COSTA, J.; REGO, C. D. M. Transferência de tecnologia integração lavoura-pecuária-floresta para pecuaristas na amazônia maranhense. **Embrapa Cocais-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2018.
- SOUZA, M. V. N.; Barros, E. C.; de MIRANDA, C. R.; Sandi, A. J. Avaliação econômica de tecnologias para tratamento dos resíduos líquidos da suinocultura e valoração dos nutrientes reciclados. *In*: Embrapa Suínos e Aves-Artigo em anais de congresso (ALICE) – SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS, 6., 2019, Florianópolis, SC. **Anais [...]** Concórdia: Sbera/Embrapa, 2019. p. 497-500.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017. *E-book* (574 p.) Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/194786/1/Pt-5-Cap-1-Micromorfologia-do-solo.pdf>. Acesso em: 30 out. 2021

VENDRAME, P. R. S.; BRITO, O. R.; QUANTIN, C.; BECQUER, T. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na região do cerrado.

**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 859-864, 2007.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; DE JESUS FERREIRA, D. Possíveis causas da degradação de pastagens. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, Malaga, v. 6, n. 11, p. 1-23, 2005.

WHALEN, J.K.; CHANG, C.; CLAYTON, G.W. *et al.* Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.64, p 962-966, 2000.