

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRARIAS

MURILLO CARVALHO SILVA

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL LINHA DUPLA
APÓS APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA

UBERLÂNDIA
2023

MURILLO CARVALHO SILVA

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL LINHA DUPLA
APÓS APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel, em Agronomia.

Área de concentração: Ciências do Solo e Fitotecnia

Orientador (a): Adriane de Andrade Silva

Coorientador (a): Luara Cristina de Lima

UBERLÂNDIA

2023

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S586 2023	<p>Silva, Murillo Carvalho, 1996- ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL LINHA DUPLA APÓS APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA [recurso eletrônico] / Murillo Carvalho Silva. - 2023.</p> <p>Orientadora: Adriane de Andrade Silva. Coorientadora: Luara Cristina de Lima. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Agronomia. Modo de acesso: Internet. Inclui bibliografia.</p> <p>1. Agronomia. I. Silva, Adriane de Andrade, 1972-, (Orient.). II. Lima, Luara Cristina de, 1987-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Agronomia. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 631</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2: Gizele
Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

MURILLO CARVALHO SILVA

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL LINHA DUPLA
APÓS APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Ciências do Solo e Fitotecnia

Uberlândia, 22 de junho de 2023.

Banca Examinadora:

Adriane de Andrade Silva – Doutora (UFU)
(orientadora)

Luciano Cavalcante de Jesus França – Doutor (UFU)

Regina Maria Gomes – Doutora (UFU)

Dedico este trabalho aos meus pais e namorada,
pelo estímulo, carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Aos professores e amigos o incentivo, motivação e orientação nesta caminhada acadêmica.

À Fazenda Bonsucesso pelo apoio durante os anos da condução do experimento.

Agradeço a Professora Regina Maria Quintão Lana e José Geraldo Mageste da Silva pelo apoio e conselhos na condução deste trabalho.

A banca de avaliação pelas suas considerações Valorsas, Luciano Cavalcantede Jesus França e Regina Maria Gomes.

Agradeço também, ao ICIAG e todos os seus servidores que contribuíram na minha formação.

RESUMO

Os sistemas agroflorestais têm diferentes arranjos estruturais e permite a consorciação de diferentes culturas combinadas com o componente arbóreo. Os sistemas integrados de produção podem ser considerados mais sustentáveis por diversificar as estratégias de manejo e condução, permitir ganhos econômicos em produtos em diversos períodos, além de permitir os mais diversos usos da propriedade. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes doses de água Residuária de Suinocultura (ARS), em três profundidades, em plantio de *Corymbia citriodora* linha dupla consorciado com *Urochloa decumbens* nas propriedades químicas do solo, em uma área implantada com sistema silvipastoril, após 4 anos. Utilizou-se um delineamento em blocos casualizados, com 5 repetições, em que aplicou-se as doses de dejetos de suínos em esquema fatorial (3 x 5) em que o primeiro fator constituiu de três profundidades do solo: 0 – 20, 20 – 40 e 40 – 60 cm, o segundo fator constituiu de cinco doses de ARS. A época de aplicação foi o 4º ano de aplicação de ARS e as doses foram compostas pela dose de ARS, (i) 0 (ausência de ARS), (ii) 200, (iii) 400, (iv) 600 e (v) 800 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Observou-se que houve diferença entre os fatores durante os anos de avaliação. Conclui-se que a aplicação da ARS após quatro anos em um sistema silvipastoril com *Corymbia citriodora* em linhas duplas, promovem alterações nos teores nutricionais do solo. Porém, os incrementos não elevaram os valores a níveis que elevem as concentrações no solo. Devendo-se para os macronutrientes, serem incorporados fontes suplementares minerais para melhoria da fertilidade do solo. Em relação aos micronutrientes, todos apresentaram valores elevados no solo, devendo ser observados nas culturas a possibilidade de fitotoxidez pelo excesso desses elementos.

Palavras-chave: Sistemas Agroflorestais; *Corymbia Citriodora*; Integração de culturas;

ABSTRACT

Agroforestry systems have different structural arrangements and allow the intercropping of different crops, always with a tree component. Integrated production systems can be considered more sustainable by diversifying management and management strategies, allowing economic gains in products in different periods, in addition to allowing the most diverse uses of the property. The objective was to evaluate changes in soil chemical attributes in a silvopastoral system after application of swine manure in a double row system of *Corymbia citriodora* and *Urocloa decumbens* between the rows. A randomized block design was used, with 5 replications, in which the doses of pig manure were applied in a factorial scheme, 3 x 5, in which the first factor consisted of three soil depths, 0 - 0.20, 0.20 – 0.40 and 0.40 – 0.60 m, the second factor consisted of five doses of ARS. The time of application was the 4th year of ARS application and the doses were composed by the ARS dose, 0 (absence of ARS) and, 200, 400, 600 and 800 m³ ha⁻¹ year⁻¹. It was observed that there was a difference between the factors during the years of evaluation. It is concluded that the application of ARS after four years in a silvopastoral system with *Corymbia citriodora* in double lines, promote changes in the nutritional contents of the soil. However, the increments did not raise the values to levels that raise soil concentrations. It is due to macronutrients to be incorporated mineral supplementary sources to improve soil fertility. In relation to micronutrients, all showed high values in the soil, and the possibility of phytotoxicity due to the excess of these elements should be observed in cultures.

Keywords: Agroforestry Systems; *Corymbia Citriodora*; Integration of cultures;.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Localização da área experimental em uma imagem do Google Earth, 2022.....	14
Figura 2.	Precipitação e temperatura média do ar durante o período experimental, Uberlândia – MG.....	14
Figura 3.	Demonstração dos espaçamentos utilizados.....	17
Figura 4.	Imagem dos canos utilizados na irrigação de ARS	18
Figura 5.	Curva de regressão de P em função das doses de ARS independente das profundidades, em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Caracterização química do solo da área experimental, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG na implantação do experimento, 2014.....	15
Tabela 2 -	Teores de micronutrientes e argila no solo da área experimental, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG na implantação do experimento, 2014.	15
Tabela 3 -	Caracterização da água residuária da suinocultura, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia.....	18
Tabela 4 -	Teores de P em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.	20
Tabela 5 -	Teores de K em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.	22
Tabela 6 -	Teores de S em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.	22
Tabela 7 -	Teor de Ca em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.....	23
Tabela 8 -	Teores de Mg em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.	24
Tabela 9 -	Teores de B em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.	25
Tabela 10 -	Teores de Cu em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.	25
Tabela 11 -	Teores de Zn em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS	26
Tabela 12 -	Teores de Mn em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.	27
Tabela 13 -	Teores de Fe em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ARS	Água Residuária da Agricultura
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
IBGE	Instituto Brasileira de Geografia e Estatística
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
CTC	Capacidade de troca catiônica
CLIMA	Laboratório de Climatologia e Meteorologia Ambiental
ICIAG	Instituto de Ciências Agrárias
MG	Minas Gerais
m	Metro
cm	Centímetros
DBC	Delineamento de Blocos casualizados
TFSE	Terra fina seca a estufa
P	Fósforo
K	Potássio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
S	Enxofre
Cu	Cobre
Fe	Ferro
Zn	Zinco
Mn	Manganês

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	SISTEMA AGROSILVIPASTORIL.....	15
2.1.1	<i>CORYMBIA CITRIODORA</i>	15
2.1.2	<i>UROCHLOA DECUMBENS</i>.....	16
2.2	ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA	16
3	OBJETIVOS	17
4	MATERIAL E MÉTODOS	18
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6	CONCLUSÕES.....	35
7	REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura é caracterizada como uma das principais atividades do agronegócio brasileiro, devido à inserção do país no mercado de suínos mundial. A expansão da atividade suinícola no país e o incremento tecnológico nos sistemas de produção produzem um aumento na geração de dejetos, principalmente pelo elevado grau de confinamento dos animais e necessidade de instalação de sistemas de tratamento de dejetos ambientalmente seguros como os biodigestores (ANGONESE et al., 2006), para que os dejetos e efluentes não sejam descartados em rios e mananciais. Alternativas que reaproveitem estes dejetos estão sendo estudadas e utilizadas, principalmente na forma de adubo e geração de energia, mas pouco se sabe de seu uso em sistemas agroflorestais é um exemplo.

A instituição do Programa Agricultura de Baixo Carbono visa difundir uma agricultura sustentável, auxiliando na redução do aquecimento global e na liberação de gás carbônico na atmosfera. Dentre as metas deste programa, destaca-se o tratamento de resíduos animais. A iniciativa aproveita os dejetos de suínos e de outros animais para a produção de energia (gás) e de composto orgânico, reduzindo a emissão de gases (RODRIGUES, 2012). Os principais sistemas de tratamento de dejetos de suínos na forma líquida incluem o uso de compostagem (OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006), biodigestores (KUNZ e OLIVEIRA, 2008), esterqueiras, sistemas de decantação e uso de lagoas anaeróbicas e aeróbicas (PRÁ et al., 2005).

Mesmo possuindo elementos potencialmente tóxicos em sua composição, em função de elevados acúmulos de micronutrientes (considerados como metais pesados) e de nutrientes como o (N e P) que se descartado de forma errônea podem causar contaminação ambiental, a Água Residuária de Suínos (ARS) é altamente rica em nutrientes e se tratada corretamente, pode ser utilizada em plantações agrícolas como fertirrigação (BATISTA et al., 2010), reduzindo assim, o uso de fertilizantes de origem mineral nas lavouras, além de contribuir com a reciclagem de nutrientes e a autonomia das propriedades em redução do uso de insumos externos.

O uso da ARS como fertilizante melhora as condições do solo, bem como sua estrutura, facilitando assim, a penetração das raízes, reduzindo à plasticidade e coesão, aumentando a capacidade de retenção de água, minimização da variação da temperatura do solo, aumento da CTC (capacidade de troca catiônica) para fornecer nutrientes para a planta, assim como aumenta

o poder tampão do solo, diminui a densidade aparente e aumenta a porosidade (TAMANINI, 2004), apresentando grande importância no fornecimento de nutrientes às culturas.

O uso da ARS vem sendo cada vez mais enfatizado como alternativa para minimizar custos com a adubação mineral e promover aumento da produtividade das culturas e massa seca de forragem (SERAFIM, 2010). Quando o manejo adotado é bem escolhido e conduzido, permite o aproveitamento integral dos dejetos, dentro das condições estabelecidas em cada propriedade (ANGONESE et al., 2006).

Diante disso, estudar a dose de ARS aplicada ao solo para verificar a mais adequada com a reposição dos nutrientes retirados pela planta, sua contribuição para fertilidade dos solos, minimizando os riscos da contaminação dos mesmos, considerando o tipo de solo, as características da própria ARS, são de fundamental importância para um ambiente produtivo e sustentável (DAL BOSCO, 2007). Porém a sua utilização em algumas culturas agrícolas, como as pastagens solteiras, demonstrou que o uso contínuo levou a acúmulo de nutrientes pela baixa extração dessas culturas (Konzen, 2005). O que acabava, principalmente em propriedades de pequeno e médio porte, de uma dificuldade de disposição da ARS, pois os níveis elevados e desbalanceados de nutrientes no solo também poderiam comprometer o uso.

Assim, começou-se a avaliar a importância de estudos com espécies arbóreas como o Eucalypto, o Corymbia e outras espécies utilizadas em florestas plantadas, e em sistemas integrados de produção, como uma opção para o aproveitamento dessa ARS, em função de seu porte e sistema radicular profundo, capaz de aproveitar os nutrientes mesmo após a infiltração em camadas mais profundas (superiores a 60 cm), outro aspecto positivo é que essas espécies são utilizadas em sistemas silvipastoris, e as pastagens degradadas necessitam de serem re-incorporadas ao sistemas produtivos, pois a sua renovação por melhoria da fertilidade de solo, e consórcio com outros cultivos reduz a necessidade de desmatamento de novas áreas, e o extrato arbóreo também pode ser cortado e produzir renda ao produtor após essa etapa de renovação do solo pela incorporação de nutrientes.

Uma opção viável para a aplicação de ARS seria a utilização de sistemas agrosilvipastoris. Esse tipo de sistema consiste em um modo de manejo sustentável da terra que combina a produção de espécies lenhosas com cultivos agrícolas e, ou animais, de forma simultânea ou consecutiva, na

mesma unidade de terreno, otimizando o uso da terra e a rentabilidade do empreendimento (SILVA, 2009).

A espécie florestal deve ser escolhida de acordo com o tipo de exploração que a floresta a ser implantada se destina. Dentre as diversas espécies que podem ser utilizadas no sistema, a *Corymbia citriodora* destaca-se pela facilidade de cultivo, adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, rápido crescimento, potencial para usos múltiplos, boa fonte de renda para o produtor e principalmente por apresentar uma arquitetura de copa que permita a sua consorciação tanto com a cultura quanto com o pasto (VIANA et al., 2013).

Os benefícios para o solo, decorrentes da implantação de sistemas silvipastoris resultariam da melhoria, a médio e longo prazo, na ciclagem de nutrientes, causada pela absorção desses elementos pelas raízes das árvores, de camadas mais profundas do solo e a posterior deposição no solo superficial de parte desses nutrientes, pela decomposição de folhas, raízes etc. Sistemas silvipastoris possuem, também, a capacidade de utilizar a água das camadas mais profundas do solo, a qual seria normalmente perdida em sistemas tradicionais de pastagens (GYENGE et al. 2002), bem como, o baixo ou nenhum uso de insumos químicos e de mecanização. Também o extrato arbóreo contribui para o melhor bem-estar animal, com sombra e conforto ambiental aos animais, o que o sistema convencional de pastagens solteiras não auxilia.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. SISTEMA AGROSILVIPASTORIL

Segundo Dias-Filho (2000), a forrageira *Urochloa decumbens*, quando na presença de espécies arbóreas, apresenta maior qualidade e quantidade de matéria seca, além de apresentar maiores qualidades nutricionais quanto mais perto estiverem das árvores, no entanto, menor quantidade de biomassa produzida, e boa viabilidade para o cultivo da madeira e para as proteínas dedicadas aos animais, por hectare.

No Brasil, a atividade pecuária é amplamente difundida, sendo a maior parte em pastagem com áreas degradadas com uso de braquiárias, causadas por manejo incorreto, resultando em problemas com plantas invasoras, solos compactados, toxidez de alumínio e deficiências nutricionais (BRAZ et al., 2004). A utilização do sistema Silvistoril é uma das opções para a correção dessas degradações, baseando-se no consórcio de pastagens com espécies de árvores (Rozados- Lorenzo et al., 2007; Paciullo et al., 2008). Seus efeitos são benéficos ao gado, como melhoria do conforto térmico (Paes Leme et al., 2005).

De acordo com DIAS-FILHO (2011), as pastagens são degradadas por vários fatores, que interagem e refletem em uma capacidade de menor de atender o produtor, sendo necessário entender sua causa e realizar um manejo de forma correta para se obter bons resultados.

2.1.1. *Corymbia citriodora*

A *Corymbia citriodora* no Brasil, está presente em várias propriedades, pois sua madeira gera ganhos em várias áreas, como serraria, carvão e celulose, sendo uma fonte extra de ganho do agricultor. A demanda pela madeira gera o desenvolvimento maior do sistema florestal, além poder integrar sistemas agrosilvipastoris (SANTAROSA, 2014). Segundo BERNARDI et al. (2012), a produção de mudas tem sido um desafio, devido a apresentarem, em geral, menor crescimento, e alta suscetibilidade às doenças e exigência de nutrientes, fazendo com que haja baixa absorção dos elementos em cobertura, devido ao processo de lixiviação acontecer forma rápida.

2.1.2. *Urochloa decumbens*

De acordo com KISSMANN (1997), a *Urochloa decumbens*, antigamente classificada como *Brachiaria decumbens*, uma espécie forrageira, de grande importância, devido a sua adaptabilidade e eficiência para realização de reflorestamento, onde consegue ter fácil controle, de tal forma que consegue formar uma boa área de pastagem. Tal espécie tolera bem à períodos de estiagem, se estabilizando de jeito satisfatório em áreas tropicais com boa umidade, em diferentes solos, em áreas de terra arenosa a argilosa e com grande competitividade, recomendando-se apenas evitar regiões de baixas temperaturas (CONSTANTIN; OLIVEIRA JUNIOR; MACIEL, 2000).

2.2. ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA

A suinocultura tem um grande desafio que é a correta manutenção e aplicabilidade de seus dejetos que são produzidos, podendo os mesmos, sem os devidos cuidados aplicados, poluírem o ar com fontes de Nitrogênio, Carbono e Enxofre, e também pode afetar leitões de água na superfície e embaixo da terra, com algumas fontes nitrogenadas, por isso, quando há o devido cuidado, os danos causados são menores do que o normal (SERAFIM, 2010).

A limpeza dos locais onde os suínos ficam, os excrementos dos suínos, o restante da sua alimentação que ficam ali espalhadas e outros processos ali feitos, resulta no produto final, a ARS, quando feita sua aplicação no solo, auxilia na matéria orgânica e alguns elementos, além de apresentar pontos positivos para a parte física e química, e de acordo com a fase em que os animais se encontram, há diferenças na composição da ARS, pois o tratamento na alimentação se difere de acordo com a necessidade (VIELMO, 2008).

De acordo com PAIVA (2019), após três anos de aplicação de ARS em área de consórcio de *Urochloa decumbens* e *Corymbia citriodora*, houve maior concentração de micronutrientes nas profundidades de 0 a 20 cm, além do aumento de K, Mg e Ca, e com as indicações de crescimento nos anos subsequentes. As doses adequadas para promover aumento de Cu, foram as de 400 e 800 m³ ha⁻¹ ano⁻¹.

Segundo AMARAL (2020), a ARS tem influência na porcentagem apresentada de cálcio em relação à CTC total, sendo que uma dose de 642,85 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ em uma área com pasto

pela cultura *Urochloa decumbens*, apresenta menor proporção deste na terra em questão.

3. OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações nos atributos químicos de solo em um sistema silvipastoril após aplicação de dejetos de suínos em um sistema de linhas duplas de *Corymbia Citriodora*, e *Urochloa decumbens* nas entrelinhas, após 4 anos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área experimental

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). Ressalta-se que os dados aqui apresentados se referem ao quarto ano de aplicação de ARS (2019).



Figura 1. Localização da área experimental. Fonte: Google Earth (2022).

O clima da região é classificado pelo método de Köppen, como Aw, tropical quente e úmido, com inverno frio e seco. A precipitação anual média regional é de 1.606 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 contexto geográfico do município 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. Sendo os dados deste ano de estudo correspondente ao ano de 2019.

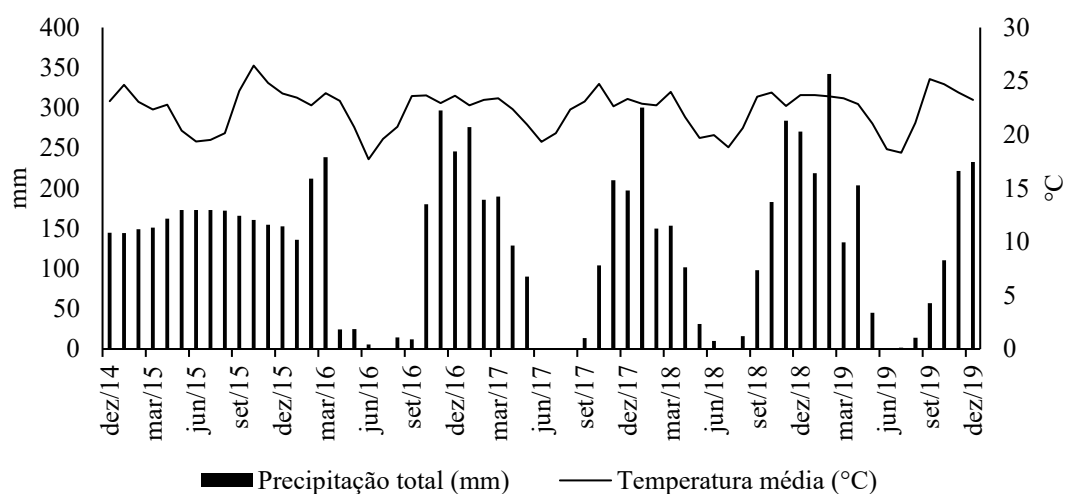


Figura 2. Precipitação e temperatura média do ar durante o período experimental, referente à região de Uberlândia – MG.

O experimento foi implantado em área de domínio de cerrado e com estabelecimento de pastagem de *Urochloa decumbens* (syn *Brachiaria decumbens*), que foi implantada cerca de 20 anos antes do experimento, que se encontrava degradada. Antes da instalação do experimento a área era pastejada por animais solteiros, (novilhas e bezerros de animais especializados para a bovinocultura de leite), e durante o período de condução do experimento a área foi mantida sem o pastoreio, com a função de manutenção do delineamento experimental, e a pastagem era roçada e simulado o pastejo, com retirada da massa vegetal da pastagem da área.

Tabela 1. Resultado da caracterização química do solo da área experimental, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia (MG) na etapa de implantação do experimento, em 2014.

Prof.	pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V	m	M.O.
cm	H ₂ O	--mg dm ⁻³ --	-----cmol _e dm ⁻³ -----					--- % ---		-dag kg ⁻¹		
0-20	5,7	9,6	29	0,0	0,9	0,5	1,8	1,47	3,27	45	0	1,7
20-40	5,7	3,3	15	0,0	0,7	0,2	1,8	0,94	2,74	34	0	0,7
40-60	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⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹); P disponível (extrator Mehlich⁻¹); Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L⁻¹); 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).

O solo foi classificado, segundo critérios estabelecidos por Santos et al. (2018), como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico típico, com horizonte A moderado, textura arenosa. Antes da instalação do experimento realizou-se a coleta de solo e a análise química nas profundidades de (i) 0 - 20; (ii) 20 - 40 e (iii) 40 - 60 cm, 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 2. Teores de micronutrientes e argila no solo da área experimental, Fazenda Bonsucesso, Uberlândia, MG na implantação do experimento, 2014.

Prof.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
cm	----- mg dm ⁻³ -----				
0-20	0,11	0,8	36	3,6	1,2
20-40	0,07	0,8	23	1,8	0,5
40-60	0,07	0,6	16	1,4	0,1

B = (BaCl₂.2H₂O 0,0125% à quente); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol L⁻¹ + TEA 0,01 mol⁻¹ + CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ a pH 7.3) (TEIXEIRA et al., 2017).

Baseado em premissas técnicas preconizadas por Ribeiro et al. (1999), o pH do solo (Tabela 1) 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, o que refletiu a não necessidade de realização da correção da acidez do solo. O magnésio (Mg) (Tabela 1) 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 0-20 cm, encontravam-se com os teores considerados médios. O boro (B) e o manganês (Mn) nas três profundidades e o zinco (Zn) nas profundidades de 20-40 e 40-60 cm, encontravam-se baixo. A acidez potencial (H^+Al^{3+}), 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 20-40 e 0,40-0,60 m, encontravam-se baixo (Tabela 1 e 2).

4.2. Desenho experimental

Para instalação do desenho experimental definiu-se a implantação de sistema silvipastoril composto por *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 e 3 metros entre linhas, e 15 metros entre as linhas duplas - blocos (FIGURA 3). Nas entrelinhas da citriodora manteve-se a pastagem de *Urochloa decumbens*.

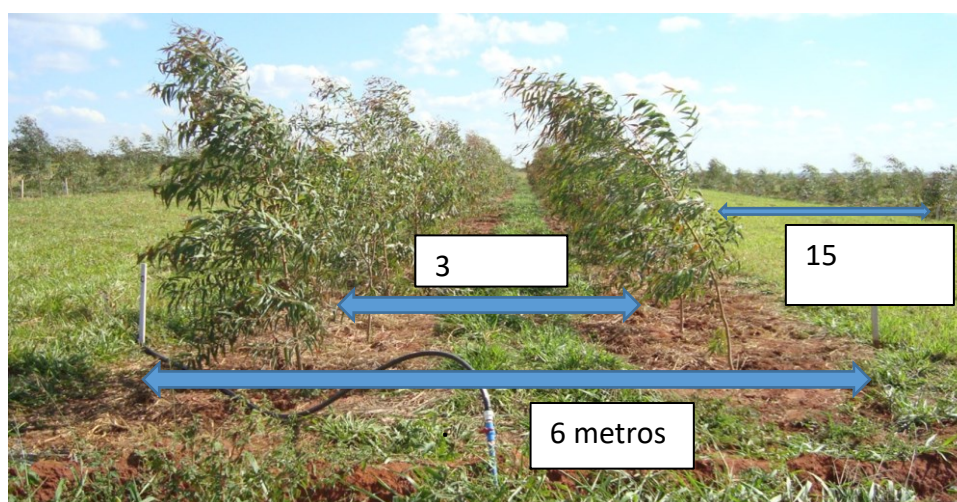


FIGURA 3 - Demonstração das distâncias entre plantas nas linhas duplas, tamanho da parcela e distância entre blocos

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 (Figura 3), com uma área de 60 m². Delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial, 3 x 5 e 5 repetições de cada bloco de plantio de *Corymbia citriodora*, em que o primeiro fator constituiu de três profundidades do solo, 0 – 20, 20 – 40 e 40 – 60 cm, o segundo fator constituiu de cinco doses de ARS. Para implantação do desenho experimental do sistema silvipastoril linha dupla, dois meses antes do plantio das mudas de *Corymbia* (*Corymbia citriodora*) foi realizado o controle de formigas da área experimental em um raio de aproximadamente 200 m nas áreas adjacentes e o acompanhamento rigoroso no combate as formigas, com aplicação de iscas químicas, e inseticidas a base de fipronil (Regente wg®), pois a incidência de formigas é o principal problema enfrentado no estabelecimento dessa espécie. As formigas estavam presentes na área, pois o experimento foi instalado próximo à uma área de cerrado nativo, e o controle foi realizado de forma química.

O plantio das mudas de *Corymbia citriodora* foi realizado no mês de dezembro de 2014. O sulcamento da linha de plantio foi realizado com implemento agrícola sulcador a uma profundidade de 0,40 m.

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), visando o bom pegamento das plantas. No plantio das mudas, foram utilizados 150 kg ha⁻¹ de superfosfato simples (18% de P₂O₅), 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 4). A irrigação foi feita por mangueiras, visando molhamento homogêneo na área da parcela, 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 das granjas de suinocultura da Fazenda Bonsucesso, com plantel de cerca 4.000 suínos na fase de crescimento e engorda, gerando um volume médio de 110 m³ de ARS por dia. Os dejetos eram manejados com biodigestor de manta de PVC e lagoa de estabilização, ficando armazenados por aproximadamente

20 dias. Realizou-se uma implantação de tubulações e bombas para direcionar o dejetos até a área experimental. Na Fazenda o aproveitamento da ARS também é aplicada em outra área com sistema de irrigação em malha.



Figura 4. Imagem dos canos utilizados na condução da ARS até a área experimental. (Fonte: Faria, 2015).

Foram coletadas amostras da ARS antes das aplicações, para caracterização química segundo Teixeira et al. (2017) (Tabela 3). A cada aplicação eram retiradas amostras da ARS e encaminhadas ao laboratório para avaliação dos teores de Nutrientes. Poderiam ocorrer variações entre as avaliações em função da ARS ser fruto de resíduos alimentares, fator de diluição do resíduo em função de água de lavagem das baias, número de animais alojados, e separação de sólidos.

Na granja da Fazenda Bonsucesso, os animais chegavam para alojamento em um mesmo peso médio, e ficavam alojados também em tempo similar. A granja é manejada em sistema de integração com a PIF PAF e não há variações substanciais na composição das rações fornecidas para crescimento e engorda. Não verificou-se diferença significativa entre as amostras de ARS aplicadas.

Durante os quatro anos de aplicação de ARS, foram avaliadas nos atributos químicos do solo as seguintes variáveis: teor de macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S), e de micronutrientes (B, Cu, Fe, Zn e Mn), em diferentes profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60 cm.

As doses de ARS foram aplicadas na época do ano de elevada pluviosidade - chuvas (entre outubro a março) e na época de baixa pluviosidade - seca (de abril a setembro), durante os quatro anos de avaliação. A aplicação da ARS no experimento foi realizada em área total das parcelas com *Corymbia citriodora*, após coletar uma amostra da ARS de cada aplicação para análise, era medida a vazão e definida o tempo de irrigação de modo a aplicação ser distribuída na área total delimitada para cada parcela. Lembrando que as doses eram divididas em 2 momentos (época das águas e época da seca).

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

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 ₂ O ₅) total	%	0,07
Potássio (K ₂ O) sol. em água	%	0,3
Cálcio (Ca)	%	0,6
Magnésio (Mg)	%	0,07
Sódio (Na)	mg L ⁻¹	400
Boro (B)	mg L ⁻¹	0,12
Cobre (Cu)	mg L ⁻¹	8,7
Ferro (Fe)	mg L ⁻¹	13,6
Níquel (Ni)	mg L ⁻¹	nd*
Manganês (Mn)	mg L ⁻¹	16
Zinco (Zn)	mg L ⁻¹	6,3

*nd = Não detectado

As amostras de solo coletadas na parcela útil com 3 amostras simples para compor uma amostra composta, utilizando um trado do tipo holandês. Durante o quarto ano de experimento, coletou-se três amostras de solo por parcela, na profundidade 0-20; 20-40 e 40-60 cm, após a aplicação de ARS da época de alta pluviosidade, a fim de avaliar as propriedades químicas do solo. 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 preconizada 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 das aplicações anuais de ARS e da profundidade do solo, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de significância, utilizando a linguagem R (R CORE TEAM, 2018).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseado nos resultados apresentados na Tabela 4, verificou-se que em todas as profundidades avaliadas (0-20, 20-40 e 40-60 cm), não houve diferença em função das doses de ARS aplicadas ao final dos 4 anos de avaliação. Porém, observando-se as concentrações médias há um maior acúmulo de P na camada mais superficial do que nas camadas subsuperficiais (20 – 40 e 40 – 60 cm), que não variaram entre si. No tratamento testemunha absoluta (0 m³ ha⁻¹), observa-se o maior teor de P (15,5 mg dm⁻³), e nesse tratamento não foi aplicado ARS.

Tabela 4 – Teores de P no solo após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.

Doses de ARS (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Profundidades			média
	0 – 20	20 – 40	40 – 60	
0	15,5 a	5,32	1,82	7,55
200	2,12 b	0,86	0,34	1,11
400	1,26 b	0,60	0,52	0,79
600	4,04 b	2,02	1,40	2,49
800	0,70 b	0,48	8,90	3,36
média	4,72 a	2,60 b	1,86 b	---

¹Médias seguidas por letras minúsculas na linha diferem entre si pelos testes de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância.

Observa-se que apesar deste valor a concentração em solos de textura média é considerado como médio, mas abaixo do ideal. Apesar de não ocorrer aplicação de ARS foi necessário a aplicação de fertilizante Mineral (SSP) para garantir o crescimento desse tratamento. Mas, na avaliação do P nas demais doses de ARS, observou-se que todas estão classificadas como muito baixas de acordo com a CFSEMG (1999). O fósforo no solo tem um comportamento de baixíssima mobilidade, mas quando na forma orgânica, eventualmente poderia ocorrer um deslocamento (lixiviação) o que não ocorreu nesse experimento.

Observa-se que a aplicação das doses de ARS em *Corymbia citriodora* em Linha dupla não causou acúmulos nas concentrações de P, superiores ao observado antes da implantação do experimento (Tabela 1).

Os teores médios de P encontra-se classificados como baixo, e nas demais profundidades classificadas como muito baixo, de acordo com a Ribeiro et al. (1999), para solos de textura média (31% de argila). Como os valores médios de P disponíveis encontrados em ambas as faixas de profundidades por serem considerados baixos, indica-se a utilização da ARS como fonte de P parcial, necessitando de complementação na forma mineral.

Os resultados obtidos são semelhantes aos observados em da Ros et al., (2017), em que os maiores teores de P disponível foram encontrados na camada de 0-2,5 cm, independente se a adubação foi com ARS ou com adubação mineral. Porém observaram que as doses de 75 e 100 m³ ha⁻¹ de ARS proporcionaram aumento no gradiente vertical de P, com valores 5,5 vezes maiores na camada superficial. Neste experimento as doses nas camadas subsuperficiais foram menores nas demais camadas. Mas na dose de 800 m³ ha⁻¹, observou-se um maior acúmulo em profundidade. O fósforo da ARS normalmente está adsorvido em moléculas orgânicas e essas podem ser deslocadas nos perfis de solo. E outra característica importante é que as espécies arbóreas possuem um sistema radicular profundo, e este absorve os nutrientes disponibilizados pela ARS sem aumentar os níveis disponíveis no solo, mesmo que levemente aumentados.

Incrementos de P na camada superficial do solo são relatados na maioria dos trabalhos com o uso de dejetos de suínos (BERWANGER et al., 2008; SCHERER et al., 2010; GUARDINI et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014), porém a distribuição do nutriente no perfil do solo é variável com a dose, frequência de aplicação e tipo de solo.

Observou-se na Figura 5, que somente à partir da dose de 600 m³ que começou a ter um aumento do teor de P disponível, porém em valores inferiores aos com adubação com a fonte solúvel. Pode-se atribuir que o sistema integrado de *Corymbia citriodora*, permitiu a disposição de altas doses de ARS, sem promover aumentos no incremento destes nutrientes no solo.

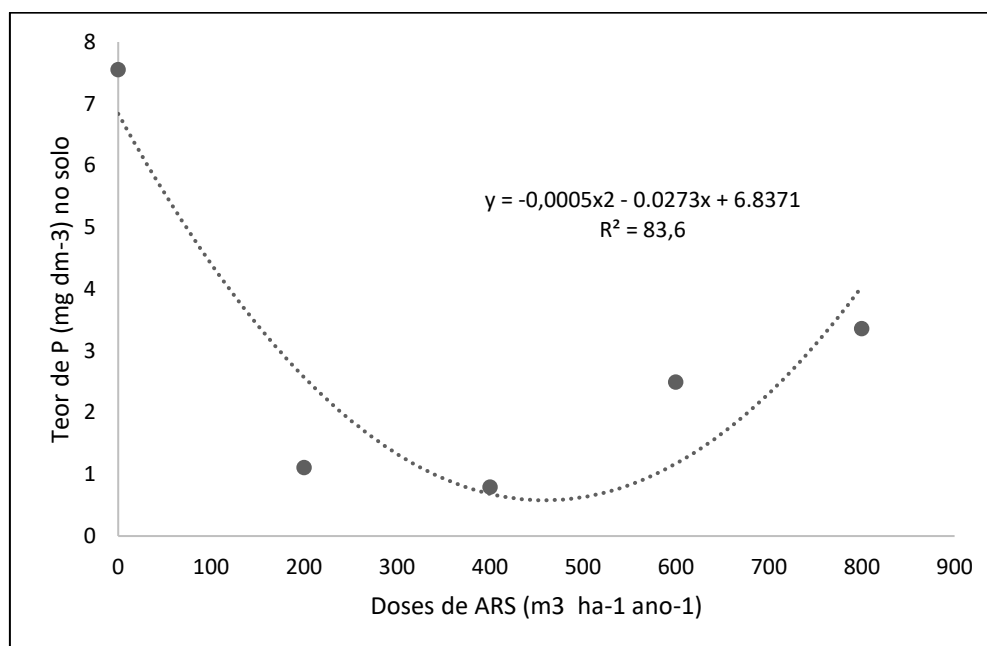


FIGURA 5 – Curva de regressão de P em função das doses de ARS independente das profundidades, em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.

Em revisão realizada por Souza et al. (2018), foram destacados trabalhos que relatam incrementos de P disponível após a aplicação da água residuária, sobretudo nas camadas superficiais e subsuperficiais, devido a sua baixa mobilidade no solo, sendo observado com maior ênfase em experimentos com mais de cinco anos de duração ou montantes elevados aplicados.

Observa-se que os teores de K (Tabela 5), não variaram em função das doses de ARS aplicadas, independente das profundidades avaliadas. Porém na média observou-se que a concentração foi superior na camada de 0-20 cm (40,5 mg dm⁻³), não deferindo dos valores de 20-40 cm (28,7 mg dm⁻³), que também se demonstrou aproximado aos valores de 40- 60 cm (26,4 mg dm⁻³).

Os teores médios de K encontram-se classificados como baixo, e nas demais profundidades classificadas como muito baixo, de acordo com a Ribeiro et al. (1999). No trabalho de Souza et al., (2019), não observou-se incrementos de K em função das doses de ARS.

Tabela 5 – Teores de K em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.

Doses de ARS				
(m³ ha⁻¹ ano⁻¹)	0 – 20 cm	20 – 40 cm	40 – 60 cm	média
0	32,2	11,4	7,2	16,9
200	28,2	21,8	25,6	25,2
400	38,4	27,4	20,6	28,8
600	77,0	43,8	45,0	55,3
800	26,8	39,0	33,8	33,2
Média	40,5 a	28,7 ab	26,4b	---

¹médias seguidas por letras minúsculas na linha diferem entre si pelos testes de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância.

Em relação ao enxofre (S) não observou-se diferença nem em relação as doses de ARS, nem em relação as profundidades (Tabela 6). Porém observou-se um valor numérico crescente, conforme aumentou-se a dose de ARS aplicada, porém os valores não diferiram estatisticamente ($P > 0,05$). Na análise da água residuária não consta a concentração de S, porém esse deve estar presente na ARS, por estar presente nas proteínas, e assim nos resíduos da excreção dos suínos.

Tabela 6 – Teores de S em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.

Doses de ARS				
(m³ ha⁻¹ ano⁻¹)	0 – 20 cm	20 – 40 cm	40 – 60 cm	média
0	21,2	21,2	24,4	22,3
200	26,0	16,6	35,6	26,1
400	50,0	39,8	46,0	45,3
600	39,8	65,0	57,4	54,1
800	63,4	65,6	39,4	56,1
Média	40,1	41,6	40,1	---

¹Médias seguidas por letras minúsculas na linha diferem entre si pelos testes de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância. dados não significativos.

Em relação aos teores de Ca (Tabela 7), observa-se que não houve efeito das doses aplicadas nas diferentes profundidades, porém os teores médios em função das profundidades, observou-se que nas camadas subsuperficiais (20-40 e 40-60 cm), foram superiores aos observados na camada superficial (0- 20 cm).

Mesmo comportamento foi observado para os valores de Ca em Souza et al., (2019) e semelhante por Condé et al. (2013) com utilização de água residuária de suínos em um Latossolo Vermelho Amarelo.

Tabela 7 – Teor de Ca em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.

Doses de ARS				
(m³ ha⁻¹ ano⁻¹)	0 – 20 cm	20 – 40 cm	40 – 60 cm	média
0	0,46	0,80	0,80	0,69
200	0,22	0,34	0,50	0,35
400	0,20	0,40	0,78	0,46
600	0,16	0,40	0,28	0,28
800	0,44	0,66	0,22	0,44
média	0,30b	0,52a	0,52a	---

¹Médias seguidas por letras minúsculas na linha diferem entre si pelos testes de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância.

Porém, observa-se que os valores de Ca nos solos são considerados muito baixos e necessitam de suplementação para manter a fertilidade do solo ideal, valores abaixo de 0,40 cmolc dm⁻³, são classificados como muito baixos de acordo com a CFSEMG (1999).

O mesmo comportamento observado pelo Ca, foi observado pelo Mg (Tabela 8), em que não observou-se o efeito das doses da ARS, nas diferentes profundidades avaliadas. Porém em média, independente da dose de ARS, observa-se que a concentração de Mg foi maior na profundidade superficial (0- 20 cm), que não deferiu do teor de (20-40 cm), e este se mostrou equivalente ao valor de (40-60 cm).

De acordo com a CFSEMG (1999), os teores em todas as profundidades estão classificados como baixos.

Tabela 8 – Teores de Mg em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.

Doses de ARS				
(m³ ha⁻¹ ano⁻¹)	0 – 20 cm	20 – 40 cm	40 – 60 cm	média
0	0,58	0,32	0,24	0,38
200	0,34	0,24	0,26	0,28
400	0,30	0,34	0,32	0,32
600	0,20	0,22	0,16	0,19
800	0,20	0,24	0,18	0,21
média	0,32a	0,27ab	0,23b	---

¹Médias seguidas por letras minúsculas na linha diferem entre si pelos testes de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância.

Considerando os principais macronutrientes avaliados (Tabela 4 à 8), as doses de ARS aplicadas não promoveram incrementos nos solos, mesmo nas dosagens altas aplicadas (até 800 m³ ha⁻¹). Isso pode indicar que áreas utilizadas para plantios florestais podem ser utilizadas, como áreas para descarte desses resíduos. Quando a aplicação era realizada em áreas de pastagens observava-se que as taxas de remoção dessas culturas não eram tão elevadas, levando a acúmulos nos solos. E espécies com sistemas radiculares mais profundos, e com crescimento elevado e grande demanda de nutrientes, devem ser mais estudados na perspectiva de serem espécies remediadoras de ARS.

Prior et al., (2015) e Berwanger (2006) 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. Erthal et al. (2010) constataram que a fertirrigação com ARS em argissolos evidenciaram o aumento nas concentrações de Ca⁺², Mg⁺² e K⁺.

Em relação aos teores de B (Tabela 9), não observou-se incrementos. Sendo todos os teores classificados como muito baixos de acordo com a CFSEMG (1999). O mesmo observou-se com os teores de Cu (Tabela 10), porém os valores acima de $1,8 \text{ mg dm}^{-3}$, são considerados elevados, o que foi observado na profundidade de 0-20, na dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, e nas doses de 600 e $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, em todas as profundidades.

Tabela 9 – Teores de B em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.

Doses de ARS				
($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)	0 – 20 cm	20 – 40 cm	40 – 60 cm	média
0	0,07	0,04	0,04	0,05
200	0,04	0,03	0,03	0,03
400	0,03	0,04	0,04	0,04
600	0,09	0,13	0,08	0,10
800	0,06	0,14	0,2	0,14
média	0,06	0,08	0,08	---

¹Médias seguidas por letras minúsculas na linha diferem entre si pelos testes de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância.

Tabela 10 - Teores de Cu em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.

Doses de ARS				
($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)	0 – 20 cm	20 – 40 cm	40 – 60 cm	média
0	1,30	0,56	0,38	0,75
200	2,00	1,08	0,78	1,29
400	1,76	1,48	1,02	1,42
600	3,72	3,00	2,36	3,03

800	1,98	2,20	4,24	2,81
média	2,15	1,76	2,15	---

¹Médias seguidas por letras minúsculas na linha diferem entre si pelos testes de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância.

Já em relação aos teores de Zn (Tabela 11), observou-se que não houve efeito das doses de Zn, porém o acúmulo é maior na profundidade de 0 - 20 cm, do que nas demais. Em média os valores observados estão classificados como Bons (até 2,2 mg dm⁻³), porém observa-se que na profundidade de 0- 20 cm, os tratamentos com 400 e 600 m³ ha⁻¹, estão superiores e se classificam como altos de acordo com a CFSEMG (1999).

Tabela 11 - Teores de Zn em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.

Doses de ARS				
(m³ ha⁻¹ ano⁻¹)	0 – 20 cm	20 – 40 cm	40 – 60 cm	média
0	2,12	0,24	0,14	0,83
200	1,66	0,62	0,18	0,82
400	2,48	1,98	1,12	1,86
600	2,46	2,02	1,38	1,96
800	0,90	1,02	3,36	1,76
média	1,92a	1,24b	1,18b	---

¹Médias seguidas por letras minúsculas na linha diferem entre si pelos testes de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância.

Os dejetos de suínos são reconhecidos pelas elevadas concentrações de Cobre e Zinco, que são utilizados na alimentação animal como promotores de crescimento. Assim, mesmo em solos com cultivo de espécies arbóreas de elevada extração, observou-se o aumento desses 2 micronutrientes, considerados também metais pesados. 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.

Bertol (2005) que, com a aplicação de $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de ARS, verificou concentração de zinco 26 vezes maior em relação à parcela-testemunha e adubação mineral. Freitas et al., (2005) também verificaram incrementos na concentração de zinco no solo com a aplicação de ARS. Além disso, aproximadamente 70 a 95% do Cu ingerido é excretado, sem ser digerido pelo animal (PERDOMO; CAZZARE, 2001).

Já em relação aos teores de Mn, não observou-se incrementos em função das doses de ARS em todas as profundidades avaliadas. Sendo, a camada de 0-20 cm a que apresentou os maiores teores. Porém os teores observados são superiores a 12 mg dm^{-3} , considerados altos, mesmo no tratamento em que não aplicou-se ARS (CFSEMG, 1999). O mesmo comportamento observado nos teores de Fe (tabela 13), em que valores acima de 45 mg dm^{-3} são considerados elevados de acordo com a CFSEMG (1999).

Tabela 12 - Teores de Mn em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.

Doses de ARS				
($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)	0 – 20 cm	20 – 40 cm	40 – 60 cm	média
0	18,2	10,0	7,5	11,9
200	13,0	10,4	10,6	11,3
400	23,1	15,1	15,3	17,8
600	12,1	15,8	10,8	12,9
800	13,6	13,5	13,2	13,4
média	16,0a	13,0b	11,5b	---

¹Médias seguidas por letras minúsculas na linha diferem entre si pelos testes de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância.

Tabela 13 - Teores de Fe em solos após aplicação de ARS, em sistema silvipastoril de linhas duplas após quatro anos de aplicação de ARS.

Doses de ARS				
($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)	0 – 20 cm	20 – 40 cm	40 – 60 cm	média

0	104,0	62,2	48,6	71,6
200	98,2	71,0	59,8	76,3
400	100,2	67,6	65,0	77,6
600	118,6	93,4	94,6	102,2
800	77,6	75,2	120,8	91,2
média	99,7a	73,9a	77,8a	---

¹Médias seguidas por letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelos testes de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância.

Observa-se que os teores de micronutrientes são elevados, mesmo que não tenha-se observado relação direta com a aplicação da ARS.

6. CONCLUSÕES

A aplicação da ARS após quatro anos em um sistema silvipastoril com *Corymbia citriodora* em linhas duplas, apesar de poderem promover alterações nos teores nutricionais do solo. Os incrementos não elevaram os valores a níveis que atingissem as concentrações no solo. Devendo-se para os macronutrientes, serem incorporados fontes suplementares minerais para melhoria da fertilidade do solo.

Em relação aos micronutrientes, todos apresentaram valores elevados no solo, devendo ser observados nas culturas a possibilidade de fitotoxidez pelo excesso desses elementos.

Os resultados obtidos demonstram necessidade de novos estudos para correta destinação de ARS.

7. REFERÊNCIAS

AMARAL, C. M. Atributos químicos do solo após três anos de aplicação de água residuária em *Urochloa decumbens*. **Trabalho de Conclusão de Curso** – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020

ANDREAZZI, M. A., et al. Destinação dos resíduos da suinocultura em granjas das regiões noroeste e sudoeste do Paraná. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 3, set-dez. 2015, p. 744-751.

ANGONESE, A. R., et al. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n.3, p. 745-750. 2006.

BATISTA, R. O. et al. Nota técnica-vazão de gotejadores utilizados na fertirrigação com água residuária de suinocultura. **REVISTA ENGENHARIA NA AGRICULTURA-REVENG**, v. 18, n. 5, p. 413-418, 2010.

BERNARDI, M. R.; JUNIOR, M. S.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 67-74, jan./mar. 2012

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. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2525-2532, 2008.

BRAZ, S. P.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Degradação de Pastagens, Matéria Orgânica do Solo e a Recuperação do Potencial Produtivo em Sistemas de Baixo “Input” Tecnológico na Região dos Cerrados. **Circular Técnica 9: EMBRAPA**. Seropédica – RJ, 2004.

DA ROS, C. O; SILVA, V. R.; SILVESTRIN, T. B.; SILVA, R. F.; PESSOTO, P. P.; Nutrient availability and soil acidity changes after successive applications of swine wastewater. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, 2017. Acesso em: <https://www.revistas.fw.uri.br/index.php/rbdta/article/view/2188/2266>;

DAL BOSCO, T.C. Poluição difusa decorrente da aplicação de água residuária da suinocultura em solo cultivado com soja sob condições de chuva simulada. 2007. 128 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2007.

DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. **4. ed. rev., atual. e ampl.** Belém, PA, 2011.

DIAS-FILHO, M. B. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* e *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2335-2341, 2000

DONAGEMMA, G. K., et al. **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E). 2011.

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*, v. 14, n. 5, p. 467-477, 2010. <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/XtxPVmnNJJdQnbNsVDwTKSH/?format=pdf&lang=pt>

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, nov/dez. 2011.

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.

GUARDINI, R. et al. Phosphorus accumulation and pollution potential in a hapludult fertilized with pig manure. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1333-1342, 2012.

GIROTTO, 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. <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/5470>.

GYENGE, J. E., et al. Silvopastoral systems in Northwestern Patagonia II: water balance and water potential in a stand of *Pinus ponderosa* and native grassland. **Agroforestry Systems**, v. 55, n. 1, 47-55. 2002

KISSMANN K.G. Plantas infestantes e nocivas. 2ª ed. **São Paulo: BASF**, 1997. TomoI. p.393-5.

OLIVEIRA, D. A.; PINHEIRO, A.; VEIGA, M. Effects of pig slurry application on soil physical and chemical properties and glyphosate mobility. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 1421-1431, 2014.

PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T. de; TAVELA, R.C.; ROSSIELLO, R.O.P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.917-923, 2008.

PAES LEME, T.M.S.; PIRES, M. de F.Á.; VERNEQUE, R. da S.; ALVIM, M.J.; AROEIRA, L.J.M. Comportamento de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.668-675, 2005.

PAIVA, M. M. Aplicação de água residuária de suínos no sistema silvipastoril. **Trabalho de Conclusão de Curso** – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

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

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*, v. 35, p. 744-755, 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p744-755/2015>

ROLIM, G.S.; et al. Classificação Climática de Köppen e de Thornthwaite e sua Aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.711-720, 2007.

ROZADOS-LORENZO, M.J.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M.P.; SILVA-PANDO, F.J. Pasture production under different tree species and densities in an Atlantic silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v.70, p.53-62, 2007.

SANTAROSA, E.; JÚNIOR, J. E. P.; GOULART, I. C. G. R.; JÚNIOR, J. F. P. Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda. **Transferência de Tecnologia Florestal – Embrapa**. Brasília – DF, ed 1, p. 13-22, 2014.

SANTOS H.G. dos, et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa. 353p. 2013.

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.

SERAFIM, R. S. Produção e composição química da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubada com água residuária de suinocultura. 2010.

SILVA, F. C. DA. **Manual de análises química de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. rev. e ampl.. Brasília, DF; EMBRAPA informações tecnológicas, 2009, 627p.

SOUZA, W.L.; CIDRINI, I.A.; ALMEIDA NETO, O.B. Aplicação de águas residuárias em solos cultivados: atributos químicos e físicos. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**. v. 12, n. 1, p. 43-56, 2018.

SOUZA, W.L.; CIDRINI, I. A.; ABREU, M.J. I.; ALMEIDA NETO, O. B.; Efeito do uso da água residuária de suinocultura em um latossolo vermelho-amarelo distrófico sob cultivo de pastagem. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.9, n.3, p.48-58, Setembro, 2019.

TAMANINI, C.R. **Recuperação de áreas degradadas com a utilização de biossólido e gramínea forrageira**. 2004.196p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Universidade Federal do Paraná, 2004.

VIANA, M. C. M., et al. Integração lavoura-pecuária-floresta no Estado de Minas Gerais. In **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO AGROMINAS, 2013, Governador Valadares. O agronegócio regional em evidência. Governador Valadares: AgroMinas, 2013.

VIELMO, H. Dejeito líquido de suínos na adubação de pastagem de tifton 85. **Tese (Doutorado) UFPR**. Curitiba – PR, 2008. 125p.