

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

LARISSA ANNE WINKING

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO CULTIVADO COM *Corymbia citriodora* APÓS A
APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA.**

**Uberlândia – MG
Novembro – 2017**

LARISSA ANNE WINKING

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO CULTIVADO COM *Corymbia citriodora* APÓS A APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA.

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

Orientadora: Dra. Regina Maria Quintão Lana.

**Uberlândia – MG
Novembro - 2017**

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO CULTIVADO COM *Corymbia citriodora* APÓS A APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA.

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

Msc. Luara Cristina de Lima

Msc. Fernando Simoni Baccilieri

Prof.^a. Dra. Regina Maria Quintão Lana
Orientador

RESUMO

Winking, Larissa Anne, Universidade Federal de Uberlândia, Novembro de 2017. Atributos químicos do solo cultivado com *Corymbia citriodora* após a aplicação de água residuária de suinocultura. Orientadora: Dra. Regina Maria Quintão Lana.

Estudos comprovam que o uso de água residuária de suinocultura (ARS) contribui para a melhoria das características químicas, físicas, biológicas do solo e favorece o aumento da fertilidade. O trabalho teve como objetivo avaliar os atributos químicos do solo, com aplicação de diferentes doses ARS em sistema Silvipastoril. Foi implantado um experimento na fazenda Bonsucesso, em Uberlândia - MG, em um sistema fatorial (5x2). O delineamento estatístico foi em blocos ao acaso. Os tratamentos utilizados foram cinco doses de ARS (0; 200; 400; 600 e 800 m³ ha⁻¹) com quatro repetições, em dois arranjos de plantio: Linhas simples e linhas duplas. A aplicação das doses de ARS foram parceladas na estação da seca, nos meses de junho, julho e agosto. Foram avaliados os teores de K, Na, Ca, Mg, Cu e Zn, nas camadas de 0-20 de profundidade. Conclui-se no experimento que em todas as doses aplicadas houve um acréscimo na quantidade dos nutrientes, passando de níveis bons para níveis muito bons. O arranjo em linhas duplas para a maioria dos nutrientes foi melhor, devido ao maior acúmulo de braquiária entre as linhas, o que evitou a lixiviação da água residuária, aumentando os níveis dos nutrientes no solo.

Palavras-chave: Adubação orgânica, sistema agroflorestal, dejetos suínos.

ABSTRACT

Winking, Larissa Anne, Federal University of Uberlândia, November 2017. Chemical attributes of soil cultivated with *Corymbia citriodora* after the application of swine wastewater. Advisor: Dra. Regina Maria Quintão Lana.

Several studies have shown that the use of swine wastewater contributes to an improvement in the chemical, physical and biological characteristics of the soil, contributing to its fertility increase. The objective of this work was to evaluate the chemical attributes of the soil, with application of different ARS doses in a Silvipastoril system. Two experiments were carried out at the Bonsucesso farm, in Uberlândia - MG, the first with citriodora in simple lines, with five plants per plot, spacing two meters between plants and 15 meters between rows. The second experiment was with citriodora in double lines, with two meters between plants in the line, three meters between lines in the plot and 15 meters between the double lines of citriodora. The statistical design was in randomized blocks. The statistical design was in randomized blocks. The treatments used were five doses of ARS (0; 200; 400; 600 and 800 m³ ha⁻¹) with five replicates. The application of ARS rates were divided in the dry season, in June, July and August. The contents of K, Na, Ca, Mg, Cu and Zn were evaluated in the layers 0-20, 20-40, 40-60 cm depth.

Keyword: organic fertilizer, pig residue, soil nutrients

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	2
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	5
4.	CONCLUSÕES.....	ii
5.	REFERÊNCIAS	ii

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura vem se tornando umas das principais atividades do agronegócio, devido à inserção do Brasil 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. Os sistemas de confinamentos de produção de suínos produzem também uma elevada quantidade de dejetos (ANGONESE et al., 2006), que são na maioria das vezes descartados em rios e mananciais. Alternativas que reaproveitem estes dejetos estão sendo avaliadas para que possa ser utilizados na agricultura de forma sustentável.

Mesmo possuindo elementos tóxicos em sua composição, a ARS é altamente rica em nutrientes e se tratada corretamente, pode ser utilizada em plantações agrícolas como fertirrigação, diminuindo assim, o uso de fertilizantes nas lavouras.

O uso das águas residuárias de suínos (ARS) na fertilidade melhora as condições do solo, como a estrutura facilitando assim, a penetração das raízes, reduz à plasticidade e coesão, aumenta a capacidade de retenção de água, minimiza a variação da temperatura do solo, aumenta a CTC (capacidade de troca catiônica) fornecendo nutrientes para a planta, aumenta o poder tampão do solo, diminui a densidade aparente e aumento da 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).

Estudos sobre a aplicação de ARS no solo mostram inúmeros benefícios desse reaproveitamento. Queiroz et al. em 2004, em seu experimento, utilizou ARS de criados em regime em confinamento total, sendo a água composta pela mistura de fezes e urina dos animais e de outros materiais provenientes do processo criatório (água desperdiçada nos bebedouros, água de higienização, restos de alimentos, pelos e poeira) obtiveram aumento nos atributos físicos, biológicos e químicos do solo.

Outras vantagens do aproveitamento da ARS são a conservação da água, a possibilidade de favorecer a reciclagem de nutrientes, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos e a preservação do meio ambiente, evitando o seu descarte em locais inadequados (MEDEIROS et al., 2008). Antes de serem aplicados ao solo, a ARS deve passar por um

tratamento, cujo objetivo é a degradação de compostos poluentes em compostos mais simples, em outras de moléculas orgânicas (ABREU NETO, 2007).

Após tratadas, a ARS pode ser aplicada ao solo, como fonte de nutrientes, porém, se em doses maiores do que a recomendada pode causar uma maior infiltração de líquido no solo, retendo mais os nutrientes, causando um efeito tóxico que poderá poluir até as camadas mais profundas do solo.

Uma opção viável para a aplicação de ARS seria a utilização de sistemas silvipastoris. 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 (EMBRAPA, 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, o eucalipto destaca-se pela facilidade de cultivo, adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, rápido crescimento, potencial para usos múltiplos, boa fonte de renda para o produtor e principalmente por apresentar uma arquitetura de copa que permita a sua consorciação tanto com a cultura quanto com o pasto (VIANA et al., 2012).

O *Corymbia citriodora* é uma árvore média a grande, podendo atingir 50 m de altura e 1,2 m de diâmetro na altura do peito (DAP), com excelente forma do tronco e folhagem rala. A madeira é muito utilizada para construções estruturas, caixotaria, postes, dormentes, mourões, lenha e carvão. A espécie apresenta susceptibilidade à geadas e boa resistência à deficiências hídricas (IPEF, 2016).

As gramíneas do gênero *Brachiaria* estão amplamente difundidas em todo o território brasileiro, representando cerca de 70 a 80% das áreas formadas de pastagens, onde se encontra a maior parte do rebanho de corte (EL-MEMARI NETO et al., 2009).

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 (TAVARES, 2003).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de diferentes doses de ARS em dois arranjos de plantio de *Corymbia*, linhas simples e duplas, nas propriedades químicas do solo, em uma área implantada com sistema silvipastoril.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi instalado na Fazenda Bonsucesso localizada no município de Uberlândia-MG, rodovia Campo Florido km 20, a uma latitude de 19°05'17"S e longitude de 48°22'00"W e uma altitude de 820m.

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 é de 1606 mm e a temperatura média anual é de 21,5 °C (ROLIM et al., 2007).

Antes da instalação do experimento, coletou-se amostras de solo nas profundidades de 0-20 e realizou a análise, para averiguar as características químicas do solo (Tabelas 1 e 2) (EMBRAPA, 2011). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental, Uberlândia-MG, 2014.

Prof.	pH H ₂ O	P	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al ³⁺	SB	T	V	M	M.O.
Cm		--mg dm ⁻³ --		-----cmol _c dm ⁻³ -----						-----%--		g.Kg ⁻¹
00-20	5,7	9,6	29	0,0	0,9	0,5	1,8	1,47	3,27	45	0	17

Prof= profundidade; P,K = (HCl 0,05 mol L⁻¹+ H₂SO₄ 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 (EMBRAPA, 2011); M.O. = Método Colorimétrico.

Tabela 2. Teores de micronutrientes e argila no solo da área experimental, Uberlândia-MG, 2014.

Prof.	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila
Cm		-----mg dm ⁻³ -----				g Kg ⁻¹
00-20	0,11	0,8	36	3,6	1,2	114

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). Argila: Método da pipeta.

Foram realizados dois arranjos espaciais de plantio das mudas de *Corymbia citriodora*, em linhas simples e linhas duplas, no mês de dezembro de 2014. 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 m².

A fertilização de plantio e cobertura para o eucalipto foi realizada de acordo com a análise de solo e necessidade da planta, segundo (CFSEMG, 1999). No plantio das mudas de *Corymbia citriodora* foi utilizado 150 g por metro linear de super simples (18% de P₂O₅) e a fertilização de cobertura foi realizada com 150 g por planta do formulado 20-00-20, aos 90 e 150 dias após o plantio. O controle de plantas infestantes foi realizado a capina manual, aos 60, 120 e 180 dias após o plantio, respectivamente, em uma faixa de 80 cm sobre a linha de plantio.

A água residuária de suinocultura (ARS) utilizada foi coletada na fazenda Bonsucesso que possuem 6.000 animais na fase de engorda, apresentando um volume médio de 110 m³ de ARS por dia. Instalou-se no mês de fevereiro de 2015, o sistema de irrigação para aplicação da ARS. A aplicação da ARS foi parcelada em três vezes, nos meses de junho, julho e agosto de 2015, coletou-se uma amostra de ARS todas as vezes em que realizou a aplicação da mesma para a caracterização da sua composição química segundo Embrapa (2009) (Tabela 3).

Tabela 3.Caracterização de água residuária de suinocultura (ARS).

Determinação	Unidade	ARS(1ªaplicação)	ARS(2ªaplicação)	ARS(3ªaplicação)	Média
Índice Ph	----	7	7,4	7,4	7,27
Densidade		1	1	1	1
Matéria Orgânica	%	0,65	0,91	0,65	0,74
Carbono Orgânico		8,65	0,5	0,36	3,17
Resíduo total	g L ⁻¹	Ns	Ns	Ns	Ns
Fósforo (P ₂ O ₅) Total		0,07	0,07	0,08	0,07
Nitrogênio (N) Total		0,35	0,47	0,14	0,32
Relação Carbono/Nitrogênio	%	1,03	1,07	2,57	1,56
Potássio (K ₂ O) sol. em água		0,36	0,18	0,36	0,30
Cálcio (Ca)		0,54	0,58	0,68	0,60
Magnésio (Mg)		0,05	0,06	0,1	0,07
Enxofre (S)		0	0	0	0
Sódio (Na)		200	300	700	400
Boro (B)		0,05	0,16	0,16	0,12
Cobre (Cu)		5	6	15	8,67
Ferro (Fe)		11	10	20	13,67
Níquel (Ni)	mg L ⁻¹	Ns	Ns	Ns	Ns
Manganês (Mn)		14	15	10	13
Zinco (Zn)		5	5	9	6,33
Cobalto (Co)		Ns	Ns	Ns	Ns
Molibdênio (Mo)		Ns	Ns	Ns	Ns
Silício (Si) Total	%	Ns	Ns	Ns	Ns

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com 5 repetições e 5 tratamentos, com parcelas de 10 metros de comprimento (5 plantas) por 3 metros de largura, totalizando uma área total do experimento de 750 m². Os tratamentos foram sem aplicação de resíduo de suinocultura, 200 m³ha⁻¹ano⁻¹, 400 m³ha⁻¹ano⁻¹, 600 m³ha⁻¹ano⁻¹ e 800 m³ha⁻¹ano⁻¹.

Foram coletadas na profundidade de 00-20, em cada ponto da parcela, com a utilização de um trado tipo holandês, duas subamostras de material de solo para compor uma amostra composta representativa do ponto de amostragem.

Foram determinados os teores de potássio (K), cálcio (Ca), sódio (Na), magnésio (Mg), cobre (Cu) e o zinco (Zn), segundo a Embrapa (2011).

Os dados foram submetidos à análise de variância através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Para a avaliação dos efeitos das doses de suinocultura, utilizou-se regressões a 5% de significância e os efeitos da profundidade e tipo de amostragem utilizou-se Tukey a 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de potássio (K) antes da aplicação dos tratamentos foi considerado bom e após a aplicação da ARS, o teor passou a ser classificado como muito bom, segundo CFSEMG (1999). Não houve interação entre doses de ARS e o tipo de arranjo adotado na área (Tabela 4), ocorrendo apenas significância para as doses de ARS, onde foi aplicado o teste de regressão (Figura 1). Os espaçamentos utilizados, linhas simples e linhas duplas, não interferiram sobre as características do solo.

Tabela 4. Médias dos teores de K, relação potássio com a CTC a pH (7) (K/T) e teores de Na do solo, sob dois arranjos de plantio de citriodora, linha simples e linhas duplas, com aplicação de diferentes doses de ARS.

Dose m ³ ha ⁻¹	LS K mg dm ⁻³	LD K mg dm ⁻³	LS K/T %	LD K/T %	LS Na mg dm ⁻³	LD Na mg dm ⁻³
0	71,4	63,6	6,0 a	4,8 a	64,0	82,0
200	121,2	121,2	6,2 a	8,7 a	196,0	288,0
400	148,6	168,8	8,4 b	13,8 a	298,0	342,0
600	163,0	194,2	8,3 b	17,1 a	364,0	476,0
800	142,2	172,8	7,5 b	11,6 a	340,0	396,0
Médias	129,3 ns	144,1 ^{ns}	7,3	11,2	252,4 a	317,0 b
CV (%)	21,45		23,13		25,69	

(*) Valores seguidos por letras minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05). Letras minúsculas refere-se a comparação entre os arranjos de plantios linhas simples (LS) e linhas duplas (LD). ns: não significativo (P > 0,05).

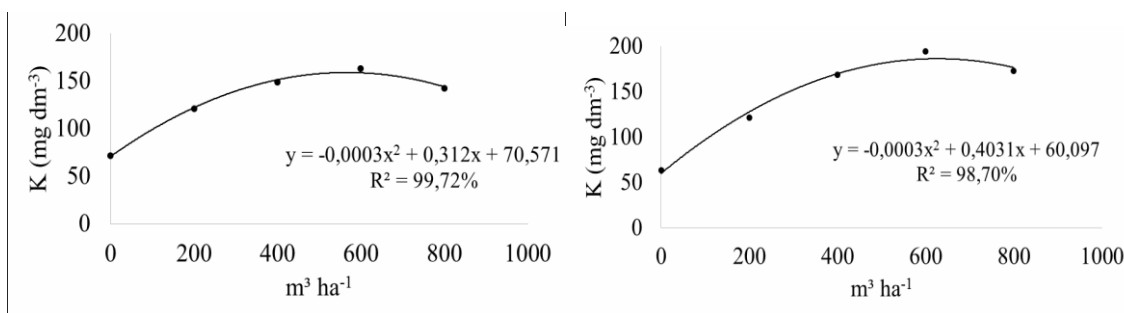


Figura 1: Teor de K no solo (mg dm⁻³), no plantio realizado em linhas simples (A) e em linhas duplas (B) de citriodora, em função das doses de ARS.

O teor máximo de K no solo, no plantio em linhas simples de citriodora (A), foi de 151,7 mg dm⁻³ na dose de 520 m³ ha⁻¹, verificando um aumento de 113,7% a mais que o tratamento em que não houve aplicação de ARS. Para o plantio em linhas duplas, o máximo teor encontrado de K foi de 195,52 mg dm⁻³, na dose de 671,83 m³ ha⁻¹, representando um aumento de 207,42% a mais que o tratamento sem aplicação de ARS.

Grande parte do K contido na alimentação dos suínos é excretado pelos animais. A eficiência média na utilização dos nutrientes pelos suínos é de 29% para o nitrogênio (N) e fósforo (P), e 6% para o K. São excretados pelos animais 50 a 80% do Ca e P, e 70 a 95% do K, Na, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe, fornecidos pela ração (BERTONCINI, 2011). Na maior dose aplicada de ARS (800 m³ ha⁻¹) no plantio de citriodora em linhas simples e duplas, houve uma redução no teor de K de 13,4% e 35,72%, respectivamente.

Para a relação de K com a capacidade de troca catiônica em pH 7,0 (T), K/T, houve significância para a interação doses de ARS e o tipo de arranjo de citriodora (Tabela 4 e Figura 2).

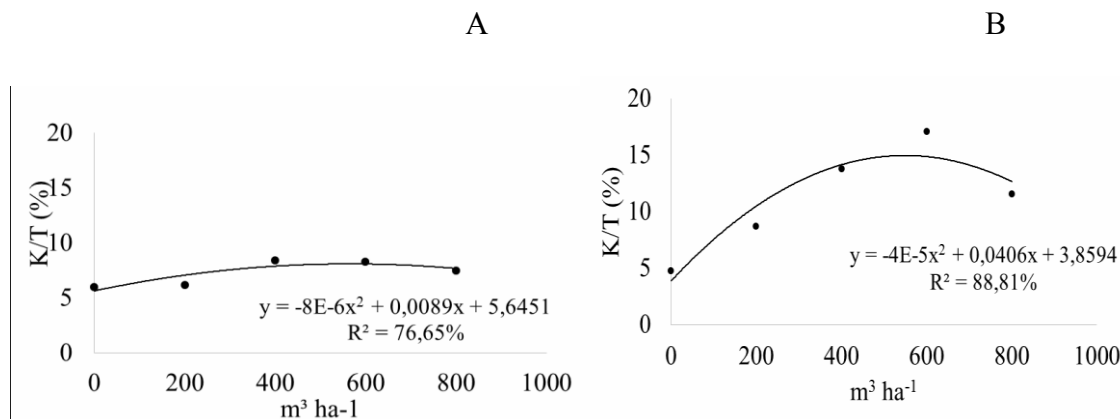


Figura 2: Relação de K com a capacidade de troca catiônica a pH (7) no solo (%), no plantio realizado em linhas simples (A) e em linhas duplas (B) de citrodora, em função das doses de ARS.

A relação ideal de K/T para a maioria das culturas é de 5%, ou seja, 5% das cargas da CTC a pH 7 do solo estão ocupadas por K. Verifica-se neste trabalho, que em ambos os arranjos de plantio, após a aplicação de ARS, para todas as doses aplicadas, essa relação está acima do nível recomendado, como na dose de 600 m³ ha⁻¹, no plantio em linhas duplas, encontrou uma relação K/T de 17,12%, mostrando que os teores de K estão elevados no solo, podendo impedir ou inibir a retenção de cátions como Ca e Mg. No plantio em linhas duplas, observou-se uma maior relação K/T que no plantio em linhas simples, devido a maior concentração desse nutriente na linha dupla.

Houve diferença entre as doses de ARS e o tipo de plantio de citrodora para os teores de sódio (Na) no solo (Tabela 4 e Figura 3)

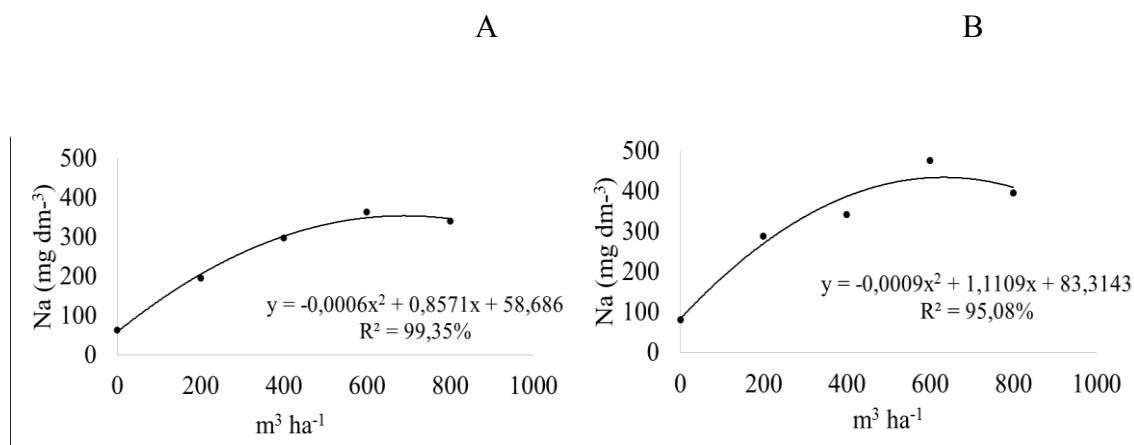


Figura 3: Teor de Na no solo (mg dm⁻³), no plantio realizado em linhas simples (A) e em linhas duplas (B) de citriodora, em função das doses de ARS.

Verificou-se um aumento na concentração de Na no solo nos plantios em linhas simples e duplas, à medida que se aumentaram as doses de ARS. Em geral, as concentrações de Na são elevadas após a aplicação de ARS, principalmente nas camadas superficiais. Outro problema decorrente da aplicação de ARS é a capacidade de ocasionar salinização do solo, devido a presença de Na (OLIVEIRA et al, 2000). Os impactos causados nas propriedades do solo pelo Na vão depender muito da quantidade e da frequência em que se aplica ARS. Na maior dose aplicada de ARS, 800 m³ ha⁻¹, para ambos os tipos de plantio do citriodora, houve um decréscimo nos teores de Na no solo. A causa para essa queda pode ter sido ocasionada pela lixiviação desse cátion para camadas mais profundas devido ao alto volume de líquido aplicado.

Quando comparado o teor de Na no solo, entre as duas formas de plantio, as linhas duplas apresentaram maiores concentrações desse nutriente. O fato de encontrar maior teor de Na no plantio em linhas duplas em relação as linhas simples, pode estar relacionado a maior vegetação de *Urochloa decumbens*, retendo mais a ARS, aumentando a absorção pelo solo.

Tabela 5. Médias dos teores de Ca e Mg, do solo, sob dois arranjos de plantio de citriodora, linhas simples e linhas duplas, com aplicação de diferentes doses de ARS.

Arranjo De Plantio		Doses (m ³ ha ⁻¹)				Média
		200	400	600	800	
		Ca (cmol _c dm ⁻³)				
LS	0,72	0,78	0,72	0,92	0,92	0,81 b
LD	1,14	1,36	1,02	0,78	1,46	1,15 a
CV (%)	30,95					
		Mg (cmol _c dm ⁻³)				
LS	0,34 b	0,36 a	0,42 a	0,54 a	0,38 a	0,38
LD	0,56 a	0,46 a	0,30 a	0,32 b	0,50 a	0,46
CV (%)	39,38					

(*) Valores seguidos por letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05). Letras minúsculas refere-se a comparação entre os arranjos de plantios linhas simples (LS) e linhas duplas (LD).

Para os teores de cálcio (Ca), não houve diferença entre as doses aplicadas de ARS, havendo diferença apenas para o tipo de plantio de Citriodora realizado em linhas simples e duplas. Em ambos, manteve-se a linha de plantio sem a presença de *Urochloa decumbens*. Porém, entre as linhas que constituíam as linhas duplas de Citriodora, observou-se o crescimento da pastagem *Urochloa decumbens*, que formou uma cobertura do solo, o que pode ter contribuído para o aumento da ciclagem de nutrientes, acarretando no aumento de Ca no solo no plantio em linhas duplas em relação a linha simples.

A interação potássio x cálcio x magnésio é uma das mais conhecidas, onde o aumento no teor de K na solução do solo causa diminuição nos teores de Ca e Mg. Os teores de K no solo (Tabela 4), nas diferentes doses de ARS, ficaram com valores bem elevados, podendo ter prejudicado a concentração de Ca. De acordo com Mendonça & Rowell (1994), pequenas variações dos teores de Ca no solo podem ocorrer em função da baixa concentração do elemento Ca na ARS ou pela maior retenção de Ca pela matéria orgânica.

Houve interação entre as doses aplicadas de ARS e o arranjo de plantio em linhas simples e duplas de citriodora para o magnésio (Mg) (Figura 4 e Tabela 5)

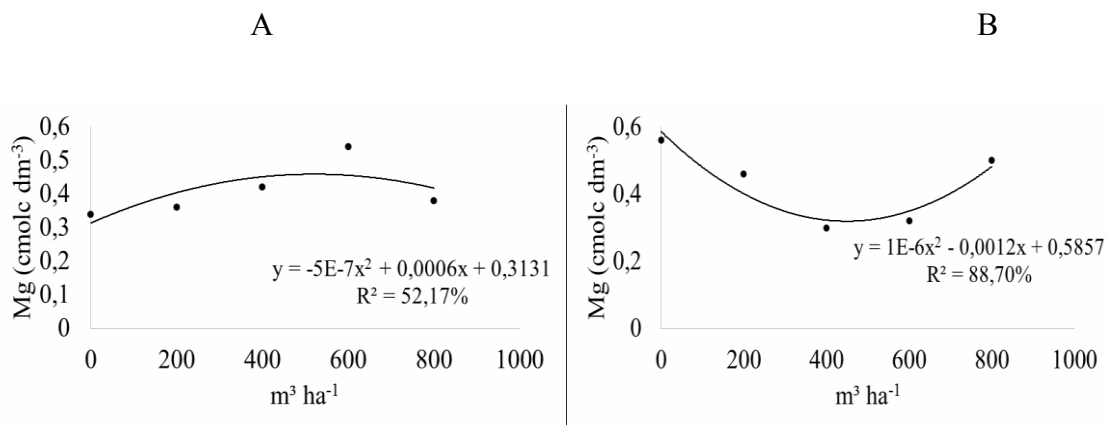


Figura 4: Teor de Mg no solo ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no plantio realizado em linhas simples (A) e em linhas duplas (B) de citriodora, em função das doses de ARS.

Para o plantio em linhas simples, o teor de Mg no solo aumentou à medida em que se aumentaram as doses até 600 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$. O teor máximo encontrado foi de 0,54 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose 600 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$, tendo um aumento de 58% comparado a não aplicação de ARS. Aproximadamente 70 a 95% do Mg encontrado na ração dos suínos são excretados pelas fezes (BERTONCINI, 2011), podendo conferir alto valor desse nutriente na ARS, consequente aumentando o seu teor quando aplicado ao solo.

Houve um decréscimo no teor de Mg quando houve a aplicação de 800 m³ ha⁻¹. Tal fato pode estar relacionado com a lixiviação, pois o Mg é facilmente lixiviado em pluviosidade abundante, ou pode ter ocorrido escoamento superficial do solo, devido ao alto volume de líquido aplicado. Avaliando o teor de Mg no plantio de citriodora em linhas duplas, verificou-se uma maior concentração desse nutriente na ausência de ARS, com 0,56 cmolc dm⁻³.

Com o crescente aumento da dose de ARS, o teor de Mg foi diminuindo, chegando a 0,22 cmolc dm⁻³ na dose de 600 m³ ha⁻¹. Essa queda no teor de Mg com o aumento da dose, pode estar vinculada a interação existente entre o Mg com o K. Segundo Silva & Trevisan (2015), quando se tem elevados teores de K no solo, pode ocorrer uma menor disponibilidade de Mg, pela interação antagônica que ocorre entre eles, podendo ter contribuído para esse resultado. Esse comportamento não foi observado no plantio realizado em linhas simples, onde na medida em se aplicaram as doses de ARS, o teor de Mg aumentou no solo.

Tabela 6. Média dos teores de Cu e Zn do solo, sob dois arranjos de plantio de citriodora, linhas simples e linhas duplas, com aplicação de cinco diferentes doses de ARS.

Dose m³ha ⁻¹	LS	LD	LS	LD
	Cu		Zn	
	mg dm ⁻³			
0	0,84	1,22	1,76	1,94
200	2,08	1,92	2,10	2,58
400	3,02	3,30	2,94	3,72
600	4,24	4,52	3,80	4,48
800	5,02	2,52	2,02	4,34
Médias	3,04 ns	2,70 ^{ns}	2,52 a	3,41 b
CV (%)	49,24		48,37	

(*) Valores seguidos por letras minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05). Letras minúsculas refere-se a comparação entre os arranjos de plantios linhas simples (LS) e linhas duplas (LD). ns: não significativo (P > 0,05).

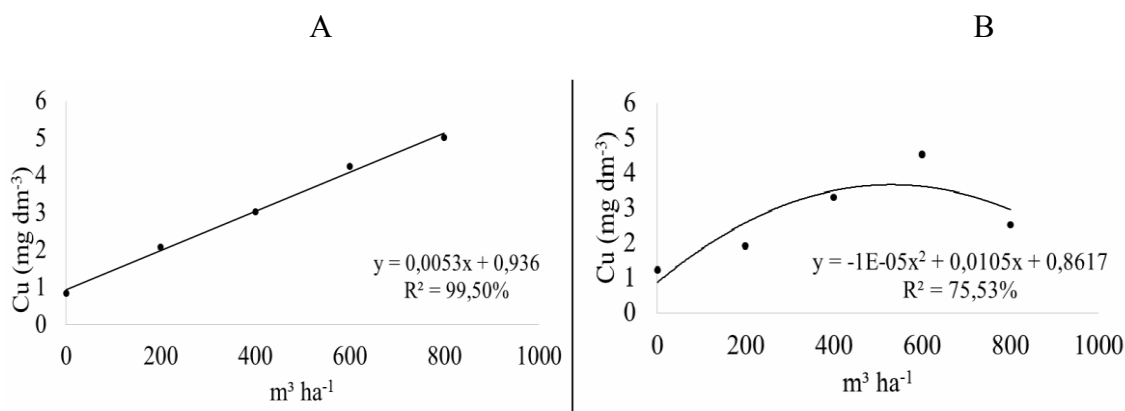


Figura 5: Teor de Cu no solo (mg dm⁻³), no plantio realizado em linhas simples (A) e em linhas duplas (B) de citriodora, em função das doses de ARS.

Observa-se que para o plantio em linha dupla, a maior concentração de Cu foi de 3,62 mg dm⁻³, na dose de 525 m³ ha⁻¹. Esse valor, segundo CFSEMG (1999), está bem acima do valor considerado alto, que é 1,8 mg dm⁻³. O Cu está presente nas rações, e aproximadamente 70 a 95% é excretado, sem ser digerido pelo animal (PERDOMO; CAZZARÉ, 2001). Vários trabalhos relatam o aumento de Cu no solo após a aplicação de ARS, principalmente nas camadas superficiais, sendo um indicativo para mostrar a qualidade do solo em que se aplicam ARS.

Silva & Mendonça (2007) afirmaram que dentre os metais pesados, o Cu é um dos menos móveis no solo devido sua forte adsorção nos coloides orgânicos e inorgânicos. Girotto (2007), após sete anos de aplicação de ARS, observou aumento dos teores de Cu e Zn no solo e movimentação desses em seu perfil. Quando se aplicou a maior dose de ARS, observou-se que houve uma queda na concentração de Cu no solo. O mesmo comportamento não foi observado no teor de Cu no plantio em linhas duplas. Acredita-se que a pastagem entre as linhas duplas de citriodora foi capaz de reter mais ARS.

Para o plantio em linha simples de citriodora, observou-se que o aumento de Cu ocorreu de forma linear, sendo que na medida em que aumentaram as doses de ARS, aumentou sua concentração no solo. Prior et al., (2015), aplicando cinco doses de ARS (0; 112,5; 225; 337,5 e 450 m³ ha⁻¹) na cultura milho, constataram aumento na concentração de Cu no solo, à medida em que se aumentaram as doses. O cobre é um elemento essencial para as plantas, pois participa do metabolismo de carboidratos, do nitrogênio, da síntese de lignina e de clorofila (MARSCHNER, 1995; FILHO, 2005). Porém, esse nutrientes em quantidades elevadas, pode se tornar tóxico para as plantas

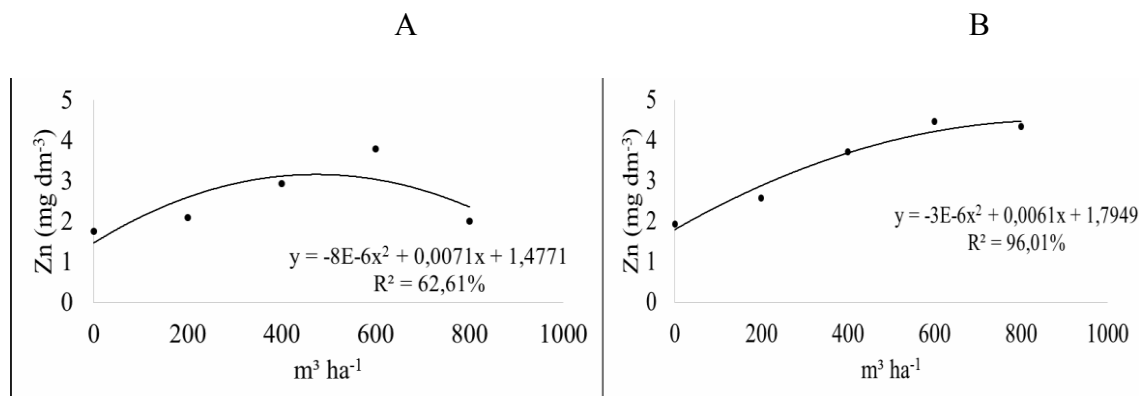


Figura 6: Teor de Zn no solo (mg dm^{-3}), no plantio realizado em linhas simples (A) e em linhas duplas (B) de citriodora, em função das doses de ARS.

Com o aumento das doses de ARS na linha simples e dupla, houve um aumento no teor de Zn. Os teores observados na tabela 8, para as linhas simples e duplas, na ausência de ARS, foram classificados como bom ($1,6 - 2,2 \text{ mg dm}^{-3}$). Após a aplicação de ARS, os teores foram classificados bom ($1,6$ a $2,2 \text{ mg dm}^{-3}$) a alto ($> 2,2 \text{ mg dm}^{-3}$) (CFSEMG, 1999). Assim como o Cu, o Zn também está presente na ração dos suínos, e 70 a 95% também é excretado pelas fezes e urina. Este nutriente é considerado um metal pesado, e seu acúmulo no solo pode causar toxidez para as plantas. Vários trabalhos já evidenciaram o aumento de Zn pela aplicação de ARS. Com a aplicação de ARS, verificou que os teores passaram de bom para muito alto, segundo a classificação de CFSEMG (1999). Isso comprova a capacidade da ARS em aumentar os níveis de Zn no solo.

4. CONCLUSÕES.

O plantio realizado em linha dupla proporciona maiores teores de nutrientes no solo, sob aplicação de ARS. A água residuária de suinocultura aumentou os teores de potássio, sódio e metais pesados como o cobre e o zinco no solo.

A dose de 200 m³ ha⁻¹ de água residuária de suinocultura proporciona níveis adequados para a maioria dos nutrientes.

5. REFERÊNCIAS

BERWANGER, A. L. Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com aplicação de dejetos líquidos de suínos. 2006. 102f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

CFSEMG - Comissão de fertilidade do estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, 1999. 359 p.

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, MG, v.2, n.1, p.99-106, Julho, 2012.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises química de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. rev. e ampl.. Brasília, DF; EMBRAPA informações tecnológicas, 2009, 627p.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; 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.

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.; PINTO, F. A.; CECOM, P. R.; GALVÃO, J. C. C. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre a produção do milho para silagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.120-125, 2004.

LO MONACO, P. A.; MATOS, A. T.; JORDÃO, C.P.; CECOM, P. C.; MARTINEZ, M. A. Influência da granulometria da serragem de madeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.8, n.1, 2004.

MAGGI, C. F.; FREITAS, P. S. L.; SAMPAIO, S. C.; DIETER, J. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.2, p.170-177, 2011.

MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; PÉREZ-MARIN, A. M.; SOARES, F. A. L.; FERNANDES, D. Características químicas do solo sob algodoeiro em área que recebeu água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p.1047-1055, 2011.

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

NOVAIS, R.F. **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. EMBRAPA Centro Nacional Suínos e Aves /, Concórdia, 1993. p.1-188, Circular Técnica. n.27.

PRIOR, M. Efeito da água residuária de suinocultura no solo na cultura do milho. 2008. 120f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

QUEIROZ, F.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G. et al. Características químicas de solo submetido a tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, v.34, n.05, p.1487-1492, 2004.

REZENDE, V. de O. **Efeito da Fertirrigação com Água Residuária de Suinocultura nos Atributos Químicos do Solo e na produção dos Capins Tifton 85 e Xaraés**. 2013.

ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.; LIMA, D.G.; MORAES, J.F.L. 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.

SCHERER, E. E., BALDISSERA, I. T., & NESI, C. N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e fertilização com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 123-131, 2007.

SEVRIN-REYSSAC, J.; LA NOÛE, J.; PROULX, D. **Le recyclage du lisier de porc par lagunage**. Paris: Lavoisier. 118p. 1995. Éditions Technique & Documentation.

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, 1994, Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1994, p.47 (Documentos, 32).

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.