

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

LEONARDO HEITOR GUIMARÃES

**ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO
SOLO E NO ESTADO NUTRICIONAL DA *Corymbia citriodora* EM SISTEMA
SILVIPASTORIL**

UBERLÂNDIA– MG

2020

LEONARDO HEITOR GUIMARÃES

ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NO ESTADO NUTRICIONAL DA *Corymbia citriodora* EM SISTEMA SILVIPASTORIL

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

Orientador: Prof. Dr. Beno Wendling

UBERLÂNDIA – MG

2020

LEONARDO HEITOR GUIMARÃES

ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NO ESTADO NUTRICIONAL DA *Corymbia citriodora* EM SISTEMA SILVIPASTORIL

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

Trabalho de conclusão de curso aprovado em: 24 de julho de 2020

Dra. Eng. Agr. Atalita Francis Cardoso

Ms. Eng. Agr. Luara Cristina de Lima

Prof. Dr. BenoWendling
(Orientador)

UBERLÂNDIA – MG

2020

RESUMO

GUIMARÃES, Leonardo Heitor. **Água residuária de suinocultura nos atributos químicos do solo no estado nutricional da *Corymbia citriodora* em sistema silvipastoril**. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

O agronegócio brasileiro tem se desenvolvido pela inclusão de tecnologias e buscando integrar os sistemas de produção para obtenção de maior sustentabilidade. Dessa forma, o objetivo deste estudo será avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de ARS os teores de nutrientes no solo e foliares na *Corymbia citriodora* no cultivo de *Urochloa decumbens* consorciada com *Corymbia citriodora* em arranjo duplo. O experimento foi conduzido na Fazenda Bonsucesso, localizada no município de Uberlândia. O delineamento estatístico utilizado foi de blocos casualizados com 5 repetições. Os tratamentos aplicados são 5 doses de água residuária de suinocultura: 0, 200, 400, 600 e 800 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Serão avaliados os teores de macronutrientes, e micronutrientes no solo nas folhas de *Corymbia citriodora*. Os dados foram analisados por análise de variância verificando a significância de cada variável individualmente para dose (ARS). Com a aplicação de Ars ocorreu o incremento de do teor de K e B no solo independente da dose. De acordo com os resultados obtidos com a aplicação de ARS em um sistema silvipastoril, verificou-se que a dose de 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ é a mais indicada.

Palavras-chave: *Corymbia citriodora*; dejetos de suínos; *Urochloa decumbens*; resíduo orgânico

Abstract

Brazilian agrobusiness has developed through the inclusion of new technologies and integrating systems of production aiming to obtain greater sustainability. And thus, the objective of this study will be to evaluate the effect of the application of different dosages of residual water from pig farms, the nutritional contents of the soil and *Corymbiacitriodora* foliar in *Urochloadecumbens* culture alongside *Corymbiacitriodora* in a double arrangement. The experiment was conducted in the Bonsucesso Farm, within the municipality of Uberlândia. The statistical design used was that of blocking with 5 repetitions. The treatments applied are 5 dosages of residual water from pig farming: 0, 200, 400, 600 and 800 $m^3 ha^{-1} year^{-1}$. The macronutrient and micronutrient content evaluation in the soil and *Corymbia cirtriodora* leaves will be evaluated. The data was analyzed through variance analysis verifying the significance of each variable individually in relation to the dosage of residual water from pig farming. According to the results obtained by the application of residual water from a pig farming in an integration system (Forestry and Cattle in the same place) the recommended dosage is 200 $m^3 ha year^{-1}$.

Key-words: *Corymbia citriodora*; swine waste; *Urochloade cumbens*; organic waste

Conteúdo

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO.....	9
2.1 Sistema Silvipastoril	9
2.2 <i>Corymbia citriodora</i>	10
2.3 <i>Urochloa decumbens</i>	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 Aspectos gerais	12
3.2 Análises químicas	15
3.3 Análise dos dados	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 Bases trocáveis (K, Ca e Mg)	18
4.2 Micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn)	20
4.3 Análise foliar.....	21
5. CONCLUSÃO	24
6. REFERÊNCIAS	25

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma das principais atividades econômicas no Brasil, e sua expansão e crescimento no estado de Minas Gerais deu-se a partir da década de 1970 (BRANDÃO et al., 2000), com o aumento expressivo no número de granjas instaladas principalmente na região da Zona da Mata. Apesar da criação de suínos ser de grande interesse econômico, a instalação das granjas acarretou um grande problema, o aumento no volume da produção dos dejetos de suínos e destinação destes.

O aumento na produção de dejetos de suínos, trouxe consigo um aumento no custo de manutenção das granjas, impulsionando as pesquisas nesse âmbito, para que esses resíduos tenham um destino adequado, evitando a poluição do solo e dos rios, dessa maneira, há a vertente de pesquisa que destina o uso da água residuária da suinocultura (ARS) como meio de fertilização e diversas culturas agrícolas, como o sistema silvipastoril (SEGANFREDO, 2007).

A ARS apresenta uma alta taxa de nutrientes, podendo se encontrar as principais substâncias dos adubos químicos, sendo eles nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e ureia (FREITAS et al., 2004), sendo essa, uma fonte mais sustentável e economicamente mais barata, visto que os resíduos dessa atividade não possuem um destino adequado, sendo um inconveniente dispendioso para as granjas, de modo que a irrigação com a água residuária surge como uma alternativa aos tratamentos químicos. Ademais, os preços dos adubos e fertilizantes são influenciados pelo dólar americano, houve um aumento expressivo desta moeda, esses insumos se tornaram muito onerosos, reforçando mais uma vez o uso dos resíduos de outros setores como meio alternativo de adubação.

Com relação aos atributos referentes ao solo, sobre os quais a ARS atua, tem-se que seu efeito interfere positivamente na construção de um ambiente mais favorável, tanto estruturalmente quanto quimicamente, ao desenvolvimento da planta. Há estudos que evidenciam os benefícios da aplicação da ARS ao solo, de modo que a aumentar as concentrações disponíveis de fósforo, potássio, sódio e zinco, o que indica que há um aumento da concentração de macro e micronutrientes (QUEIROZ et al., 2004).

O sistema silvipastoril consiste em uma organização complexa de manejo da terra, em que deve ocorrer um equilíbrio entre seus componentes, que são a forrageira e a árvore, que no bioma cerrado é comumente a braquiária e o eucalipto, respectivamente. Assim, deve-se ter um planejamento sólido atrelado a uma boa gestão, para que este

conjunto seja sustentável e traga bons resultados, sendo economicamente viável, podendo futuramente vir a ser o sistema silvipastoril, no qual há também a presença do gado, que irá se alimentar da forrageira, de modo a ter um retorno financeiro maior.

Além de poder servir de alimento ao gado, a braquiária é um ótimo componente de cobertura do solo, em que pode chegar a cobrir até 95% do solo, bem como ter uma produtividade de 4,5 toneladas por hectare de massa seca (ANDRADE et al., 2003), outro atributo que permite a escolha dessas no sistema silvipastoril é a sua tolerância ao sombreamento, causado pelo crescimento da floresta.

Sobre a cobertura de solo, essa está relacionada ao bom desempenho da cultura subsequente, ou no caso do sistema silvipastoril, da cultura consorciada. Esse manejo ajuda a preservar as características físicas e químicas do solo, impedindo o seu desgaste por agentes erosivos como o sol, vento, chuva (TORRES et al., 2005). Além disso, a utilização desta prática confere ao solo um acréscimo em seus teores de matéria orgânica, bem como o aumento de sua capacidade de troca catiônica (CTC), acréscimo da massa microbiana, entre outros.

Diante disso, o objetivo deste estudo será avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de ARS os teores de nutrientes no solo e foliares na *Corymbia citriodora* no cultivo de *Urochloa decumbens* consorciada com *Corymbia citriodora* em arranjo duplo.

2. REVISÃO

2.1 Sistema Silvistoril

Há diversos tipos de Sistemas Agroflorestais (SAFs), desde sistemas simplificados, com poucas espécies e baixa intensidade de manejo, até sistemas altamente complexos, com alta biodiversidade e alta intensidade de manejo, e entre esses, vários tipos intermediários. Alguns SAFs são voltados para a criação animal por meio da associação entre pastagens e árvores, denominados sistemas silvistoris (Micollis et al. 2016).

Sistema Silvistoril (SSP) é a combinação intencional de árvores, pastagem e gado numa mesma área ao mesmo tempo e manejados de forma integrada, com o objetivo de incrementar a produtividade por unidade de área (CASTRO et al., 2006). Tal sistema representa uma forma de uso da terra, onde atividades silviculturais e pecuárias são combinadas para gerar produção de forma complementar pela interação dos seus componentes (GARCIA; COUTO, 1997).

A integração entre espécies arbóreas e culturas agrícolas não visa somente à produção, mas também à melhoria na qualidade dos recursos ambientais, graças às interações ecológicas e econômicas que acontecem nesse processo, uma vez que a presença de árvores favorece a ciclagem de nutrientes, confere proteção ao solo contra erosão e melhora o micro clima local (VALLADARES-PÁDUA et al.,1997).

Segundo (CASTRO et al., 2006) a sombra do componente arbóreo promove amenização ambiental ao reduzir a temperatura do ar e do solo, resultando em maior conforto para os animais na pastagem, e a deposição de biomassa das árvores contribui para melhorar a fertilidade do solo, elevando a disponibilidade de nutrientes, principalmente nitrogênio (N), para as forrageiras herbáceas e melhorando a qualidade da forragem, algumas vezes aumentando a sua produção. Além disso, Bernardino & Garcia (2009) afirmam que a deterioração física e química do solo, componente essencial ao funcionamento de todo o sistema pode ser reduzida ou evitada com a presença do componente arbóreo, uma vez que as copas das árvores reduzem o impacto da chuva sobre o solo e a velocidade dos ventos.

Nas áreas sob a influência de árvores ocorre a elevação dos teores de matéria orgânica no solo devido à deposição contínua de biomassa por meio da queda de folhas,

flores, frutos e galhos que, ao se decomporem, promovem a reciclagem de nutrientes removidos das camadas mais profundas (CASTRO et al., 2006). Bernadino & Garcia (2009) também afirmaram que devido a profundidade atingida pelas raízes da espécie arbórea, estas conseguem extrair nutrientes de diversas camadas e de forma cíclica e esses nutrientes voltam a terra por meio da senescência foliar, permitindo que as pastagens consigam matéria orgânica sem esforço.

A redução na luminosidade, normalmente, reduz o crescimento das plantas, porém, no caso de sistemas silvipastoris, as mudanças que as árvores podem promover nas áreas de pastagem sob sua influência, principalmente na fertilidade do solo e nas condições microclimáticas, podem alterar as respostas esperadas (CARVALHO; BOTREL, 2002).

Além destes benefícios, Porfírio-da-Silva (2010) indica algumas vantagens do sistema silvipastoril como: aumento na taxa de lotação das pastagens em comparação aos sistemas de pecuária convencional; menor frequência de reformas em pastagens; melhor condição para o desempenho animal (reprodução e produção) por meio do aumento do conforto e proteção dos animais e das pastagens; maior oferta de forragem com valor nutritivo superior em função da melhoria da fertilidade do solo e produção de madeira para serraria e laminação. Ademais Micollis et al. (2016) aponta que os SAFs ainda podem combater à desertificação; conservação do solo; corredores ecológicos e regulação de águas pluviais e melhoria da qualidade da água.

2.2 *Corymbia citriodora*

As áreas destinadas para o cultivo de eucalipto apresentam considerável aumento nos últimos anos, e de acordo IBGE (2017), o Brasil tem 9,85 milhões de hectares de florestas plantadas sendo 75,2% de eucalipto. Diferentes espécies de eucalipto são cultivadas no Brasil, dentre elas o *Corymbia citriodora*. Segundo Boland et al., (1994) citado por VIEIRA (2004) *Corymbia citriodora* é uma espécie de ocorrência natural da Austrália, de porte médio que pode atingir até 50 metros de altura e 1,2 metros de diâmetro, apresentando madeira de alta densidade com múltiplos usos.

Inicialmente o *Corymbia citriodora* foi introduzido no Brasil visando à produção de madeira, mas também atualmente é bastante utilizado para produção de carvão vegetal, postes, madeira para serraria, mourões de cerca e lenha. Além disso, se tornou a espécie

mais cultivada no país para extração de óleo essencial. O *C. citriodora* se destaca no segmento de plantas aromáticas sendo responsável por colocar o Brasil como maior produtor mundial de óleo essencial obtido a partir de suas folhas (VIEIRA, 2004). O qual é usado como matéria prima para a indústria de produtos de limpeza, perfumaria e fármacos.

2.3 *Urochloa decumbens*

O Brasil é atualmente o segundo maior produtor e o maior exportador mundial de carne bovina. Praticamente toda a produção brasileira de carne bovina tem como base as pastagens, a forma mais econômica e prática de produzir e oferecer alimentos para os bovinos (DIAS-FILHO, 2014).

De acordo Carvalho et al., (2009); Deblitzm (2012); Ferraz; Felício, (2010) citados por (DIAS-FILHO, 2014) em decorrência dessa vocação da pecuária brasileira, advinda, principalmente, das características climáticas e da extensão territorial do País, o Brasil tem um dos menores custos de produção de carne do mundo.

Entre as forrageiras cultivadas, as gramíneas do gênero *Urochloa* são as mais usadas no Brasil. Entre as espécies esta a gramínea *U. decumbens* cultivar Basilisk, comumente chamada de braquiárinha ou capim-braquiária, que foi introduzida oficialmente no Brasil no início da década de 1960. Disseminou-se rapidamente nas regiões de produção animal do país a partir da década de 1970, em função de suas características favoráveis para cultivo, especialmente em condições de solos de baixa fertilidade, normalmente encontrados nas regiões pecuárias do país (Paciullo et al. 2016).

Portanto, por ser a forma menos onerosa e mais eficiente para ocupar e assegurar à posse de grandes extensões de terra, a pecuária, em particular a criação de bovinos de corte a pasto, tem sido a atividade historicamente empregada na ocupação de áreas de fronteira agrícola no Brasil (DIAS-FILHO, 2011a, 2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Aspectos gerais

O trabalho foi realizado na Fazenda Bonsucesso, na rodovia Campo Florido Km 20, localizada no município de Uberlândia-MG, nas coordenadas geográficas Lat. 19°05'17"S, Long. 48°22'00"W e altitude média de 820 metros (Figura 1).



Figura 1. Localização da área experimental (●) na Fazenda Bonsucesso (19°05'17"S 48°22'00"W), em Uberlândia, Minas Gerais. Fonte: Google Earth, 2019.

De acordo com o sistema de classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como sendo do tipo tropical típico, com média de precipitação em torno de 1600 mm por ano, apresentando moderado déficit hídrico no inverno e excesso de chuvas no verão (ROLIM; CAMARGO, 2016).

O sistema agroflorestal foi conduzido, sob uma área de Cerrado, originalmente estabelecida com pastagem de *Urochloa decumbens*, manejado com bovinos destinados ao sistema de corte de forma extensiva com sinais de degradação. O solo na área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, de acordo com a classificação de Santos et al. (2013). No ano de 2014, início do experimento, foi realizada a coleta de solo e dessa análise para a caracterização química (Tabela 1) (DONAGEMMA et al., 2011).

Tabela 1. Caracterização química e teor de argila do solo da área experimental localizada na fazenda Bonsucesso, em Uberlândia, Minas Gerais, 2014

pH	P	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al ³⁺	SB	T	
H ₂ O	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----							
		--							
5,7	9,6	0,07	0,0	0,9	0,5	1,8	1,47	3,27	
B	Cu	Fe	Mn	Zn	V	m	MO	Argila	
-----mg dm ⁻³ -----		-----			-----%-----		dag kg ⁻¹	g kg ⁻¹	
0,11	0,8	36	3,6	1,2	45	0	1,7	114	

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. (DONAGEMA et al., 2011).

Segundo Ribeiro et al. (1999), o pH do solo foi considerado bom, com acidez classificada como média, não sendo necessário a realização de calagem para a correção da acidez do solo. Segundo esse mesmo autor, os teores de magnésio (Mg), cobre (Cu) e o zinco (Zn) encontravam-se com os teores considerados médios e os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), boro (B) e manganês (Mn) estavam baixo (Tabela 1). A adubação de plantio e cobertura para a citriodora foi realizada de acordo com a análise de solo e necessidade da planta, segundo (RIBEIRO et al., 1999).

Em fevereiro de 2015, realizou o plantio das mudas, 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.

Juntamente com o plantio realizou a adubação com 100 kg ha⁻¹ de superfosfato simples (18% de P₂O₅) aplicados na linha de plantio e, após 90 e 150 dias após o plantio realizou a adubação de cobertura com 0,15 kg por planta do formulado 20-00-20. O controle de plantas infestantes foi realizado através de capina manual, aos 60, 120 e 180 dias após o plantio, em uma faixa de 80 cm sobre a linha de plantio.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados com 5 repetições (Figura 2). Os tratamentos foram 4 doses de água residuária de suinocultura (ARS): 200,

400, 600 e 800 m³ ha⁻¹ e um tratamento sem a aplicação de ARS, sendo as aplicações parceladas em duas épocas, da água e da seca.

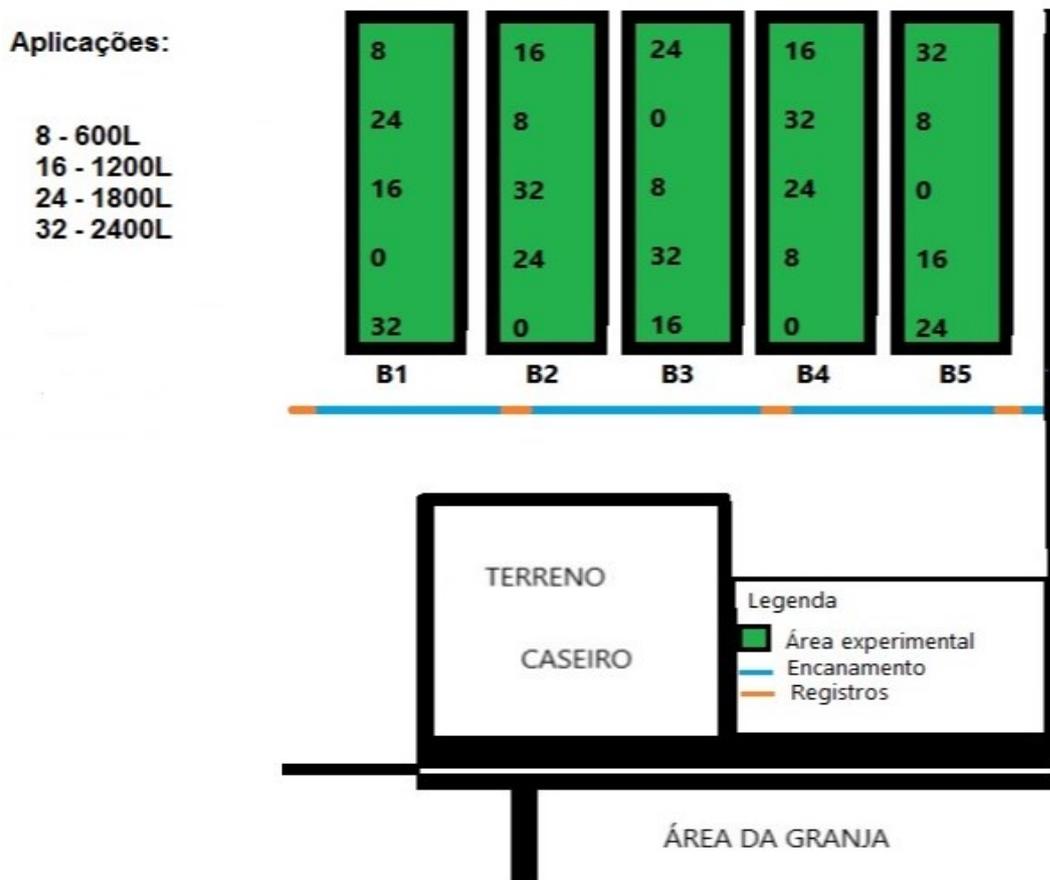


Figura 2. Croqui da área experimental na Fazenda Bonsucesso, em Uberlândia, Minas Gerais, 2014.

A ARS é proveniente da suinocultura da fazenda Bonsucesso, com 6.000 suínos na fase de engorda, apresentando um volume médio nessa fase de 110 m³ de ARS por dia. Os dejetos são manejados com biodigestor de manta de PVC e lagoa de estabilização, ficando armazenados por aproximadamente 20 dias. Em todas as aplicações de ARS, foram coletadas amostras para a caracterização da sua composição química (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química da água residuária de suinocultura (ARS), de uma granja de terminação em Uberlândia, Minas Gerais, 2014

Determinação	Unidade	1º Aplicação	2º Aplicação	3º Aplicação
pH	%	7,0	7,4	7,4
Densidade	%	-	1,01	-
Matéria Orgânica	%	0,65	0,91	0,65
Carbono Orgânico	%	0,36	0,5	0,36
Nitrogênio Total	%	0,35	0,47	0,14
Relação C/N	%	1,03	10,7	2,57
Fósforo 1(P ₂ O ₅) total	%	0,70	0,07	0,08
Potássio 1<20sol. em água	%	0,36	0,18	0,36
Cálcio (Ca)	%	0,54	0,58	0,68
Magnésio (Mg)	%	0,05	0,06	0,10
Enxofre (S)	%	0	0	0
Sódio (Na)	mg L ⁻¹	200,0	300,0	700,0
Cobre (Cu)	mg L ⁻¹	5,0	6,0	15,0

3.2 Análises químicas

As amostras de solos foram coletadas na profundidade de 0-20cm 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 destorreador manual, passando por peneira de 2 mm de diâmetro para remover os torrões e impurezas. As análises químicas das amostras de solo foram realizadas com base a metodologia da Donagema et al. (2011) determinando: os macronutrientes, P, K, Ca, Mg, S, e os micronutrientes, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

Para as análises foliares, foram coletadas 50 folhas do terço superior da copa, no antepenúltimo lançamento de folhas dos galhos, de dez árvores por parcela, gerando um total de 5 folhas por árvore. As amostras deram origem a uma amostra composta por parcela e foram acondicionadas individualmente em sacos de papéis. As amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65° C até massa constante em seguida processadas em Moinho tipo Willey. No laboratório, as concentrações dos macronutrientes e micronutrientes foram determinadas conforme descrito por Malavolta

et al. (1997). As amostras de solos e foliares foram coletadas em duas épocas do ano, das águas e da seca, 30 dias após a aplicação da ARS.

3.3 Análises dos dados

Após as avaliações, os resultados foram processados utilizando o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011). Para avaliar o efeito dos tratamentos (variáveis independentes) sobre as variáveis dependentes, os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparações de médias por meio do teste de regressão, adotando-se o nível de significância de 5% (STORCK et al., 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar os teores de P, K, S, Ca e Mg no solo, não observou diferença significativa em relação as doses de ARS utilizadas (Tabela 3). Ao comparar, o teor de P disponível no solo após três anos de aplicação de ARS (Tabela 3) com o valor inicial da área do experimento (Tabela 1) observou uma redução do teor deste nutriente no solo sendo que, de acordo com RIBEIRO et al. (1999), antes das aplicações de ARS a disponibilidade de P no solo foi classificada como baixa e após as aplicações, independente da dose, tal classificação foi muito baixa.

Tal redução pode estar associada ao ataque microbiano aos resíduos orgânicos, onde podem também promover aumento no pH por descarboxilação de ânions orgânicos, que consomem prótons. Yan et al. (1996) observaram que incrementos nos valores de pH foram diretamente relacionados com a evolução do CO₂ em amostras incubadas com ácidos orgânicos.

Tabela 3. Teor de P, K, Ca, Mg e S no solo em um sistema silvipastoril em linha dupla com aplicação de ARS em Uberlândia, Minas Gerais, 2014

Dose (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	P	K	Ca	Mg	S
	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	mg dm ⁻³
0	1,84	50,4	0,74	0,34	12,8
200	5,44	36,4	0,46	0,56	13,2
400	5,32	62,0	0,22	0,40	12,0
600	4,46	47,6	0,52	0,28	9,6
800	1,86	65,6	0,34	0,40	12,4
Média	3,78	52,40	0,46	0,40	12,00
Pr>Fc	0,42 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,90 ^{ns}

^{ns} – não significativo a 0,05 de significância, pelo teste de F.

Segundo Souza et al. (2006), o aumento de matéria orgânica, aumento do pH e maior atividade da microbiota do solo, pode interferir no processo, reduzindo a adsorção de P. Os grupos funcionais carboxílicos e fenólicos presentes na matéria orgânica são responsáveis pelo bloqueio dos sítios de carga positiva dos óxidos de Fe e Al, reduzindo a adsorção do P.

A redução de P no solo com a utilização da ARS também foi constatada por Homem et al. (2014), segundo este autor a taxa de fornecimento de P ao solo via ARS, estava sendo menor que o absorvido pela forrageira. De encontro a isso, FONSECA et al. 2007, afirmam que o aporte de P para o solo, em razão da aplicação via águas residuárias, é baixo.

Medeiros et al. (2011) estudando as características químicas do solo, na cultura do algodoeiro, constatou que após a aplicação de diferentes doses de ARS houve redução de 56 a 75% do teor de P disponível no solo em diferentes profundidades, mesmo com altas doses aplicadas. Com isso, segundo Ribeiro et al. (1999), os teores de P encontrados após a aplicação de ARS foram considerados muito baixo, deste modo a ARS seria uma fonte parcial de P, sendo necessário a complementação com outra fonte de P.

4.1 Bases trocáveis (K, Ca e Mg)

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).

A aplicação de ARS, mesmo que não apresentando diferença significativa entre as doses utilizadas, implicaram no incremento de K disponível no solo (Tabela 3). Com isso e, de acordo com a classificação de RIBEIRO et al. (1999), o teor de K no solo foi elevado de baixo para médio (Tabela 1 e 3). MEDEIROS et al. (2011) também verificaram que embora os teores de K não tenham atingido significâncias estatísticas, observou-se o aumento deste em comparação com os valores iniciais.

Dentre as doses de ARS utilizadas, a dose de 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ foi a que apresentou o menor incremento de K no solo, tal acontecimento pode ser comparado ao resultado obtido por CONDÉ et al. (2013) que ao estudar dose de 50, 100 e 150 m³ ha⁻¹ constatou que na camada de 0 – 20 cm de profundidade, houve o aumento dos teores de K⁺ nos tratamentos de 50 e 150, demonstrando que a taxa de absorção de K⁺ pela *Urochloa*

decumbens cv. Basilisk nestas doses estavam em uma taxa menor que a reposição de K^+ no solo via ARS (Tabela 3). Porém, Homem et al. (2012), constataram que na dose de $100 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ocorreu a redução da concentração do K no solo, pois nesta dose a forrageira teve sua maior produção, demandando assim maior necessidade deste nutriente. Neste caso, o aporte de K^+ fornecido pela ARS não supria a demanda da planta.

Em relação aos teores de Ca no solo, constatou que ocorreu a redução destes teores (Tabela 3) em comparação com a disponibilidade encontrada anteriormente ao início do experimento (Tabela 1). O teor inicial no solo (Tabela 1) segundo RIBEIRO et al. (1999), foi classificado como baixo e após a aplicação das diferentes doses verificou-se que nas parcelas das doses de 400 e $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ o Ca passou de baixo para muito baixo, mas sem registro de diferença significativa entre si (Tabela 3). De acordo com TAMANINI (2004), o Ca trocável no solo pode ser perdido através da lixiviação, absorvido por organismos ou adsorvidos nos minerais de argila.

MEDEIROS et al. (2011) observaram a redução dos teores de Ca no perfil do solo, em comparação com os detectados no início do experimento, já DA ROS et al. (2017) estudando a disponibilidade de nutrientes e a acidez do solo após a aplicação de diferentes doses de ARS verificaram que os teores de Ca trocável no solo aumentaram com as doses de ARS em todas as camadas de solo. Maggi et al., 2011; Steiner et al., 2011 citados por Da Ros et al. (2017) apontam que o alto teor inicial de Ca no solo e a formação de complexos com o cátion, favorecido pela liberação de compostos orgânicos da mineralização do carbono da ARS, contribuíram para o deslocamento vertical do nutriente.

Para Mg, apenas na dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ houve incremento deste nutriente, se mantendo com disponibilidade média segundo RIBEIRO et al. (1999). Já para as demais doses, 0 ; 400 ; 600 e $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, segundo este mesmo autor, foram rebaixadas de média para baixa disponibilidade (Tabela 3). CONDÉ et al. (2013), verificaram um aumento na camada de $20\text{-}40 \text{ cm}$, porém na camada de $0\text{-}20 \text{ cm}$ houve uma redução do teor de Mg, desta forma, à absorção promovida pelas forrageiras foi superior ao aporte de Mg fornecido ao solo via ARS, evidenciado na camada superficial, pois este é o local em que se encontra a maior proporção de raízes das forrageiras.

Em contrapartida, DA ROS et al. (2017) analisando o efeito da aplicação de ARS em cinco profundidades diferentes constatou que o aumento de Mg trocável com as doses de ARS foi na mesma proporção em todas as camadas de solo, com incremento médio de $1,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

4.2 Micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn)

No início do experimento (Tabela 1) constatou que o teor de Cu no solo era de 0,8 mg dm⁻³, sendo considerado médio por Ribeiro et al.(1999), após três anos de aplicação da ARS,houve um pequeno incremento na dose de 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ porém, manteve-se a classificação quanto a disponibilidade (Tabela 4).

Tabela 4. Teor de B, Cu, Fe, Mn, e Zn no solo em um sistema silvipastoril em linha dupla com aplicação de ARS em Uberlândia, Minas Gerais, 2014

Dose (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg dm ⁻³				
0	0,30	0,34	14,0	2,86	0,64
200	0,34	0,84	15,4	2,26	0,66
400	0,28	0,72	21,8	2,82	0,50
600	0,30	0,76	22,2	2,52	0,72
800	0,32	0,72	25,4	2,36	0,72
Média	0,31	0,68	19,8	2,76	0,65
Pr>Fc	0,91 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,71 ^{ns}

^{ns} – não significativo a 0,05 de significância, pelo teste de F.

Bertol (2005) também não constatou diferença estatística entre os tratamentos com ARS aplicados para os teores de Cu no solo. Além disso, esse autor observou que a perda desse elemento é maior por escoamento superficial do que por lixiviação, o que pode ter acontecido neste trabalho, pois nas doses de 400; 600 e 800 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, não houve incremento de Cu e sim perdas, podendo ser fruto do escoamento superficial.

O Zn também apresentou redução dos teores no solo do início do experimento (Tabela 1) para o terceiro ano (Tabela 4), sendo rebaixado de médio para baixo em relação a sua disponibilidade, de acordo com Ribeiro et al.(1999). Queiroz et al. (2005) estudando características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de ARS, observou que as maiores extrações de Zn foram nos capins braquiária e tifton 85. Pelo fato das raízes das gramíneas se concentrarem na camada de 0-20 cm do solo, pode assim ter contribuído na redução do teor de Zn no solo devido à absorção deste nutriente.

De acordo com Paganini et al. (2004), a grande quantidade de Zn pode ser fixado na fração orgânica do solo podendo ser temporariamente imobilizado pelos microorganismos quando adicionada matéria orgânica ao solo, o que pode contribuir também para o decréscimo do teor desse no solo.

O B apresentou incremento após a aplicação de ARS, apesar de não haver diferença estatística, em todas as doses aplicadas, deste modo sendo considerado agora como baixo (Tabela 4) de acordo com Ribeiro et al.(1999).

Em relação ao Mn, o teor no solo após a aplicação de ARS (Tabela 4) foi menor do que no início do experimento (Tabela 1), sendo classificado como muito baixo segundo Ribeiro et al. (1999).

4.3 Análise foliar

Os resultados obtidos através da análise foliar da *C. citriodora* não apresentaram diferença estatística, independente da dose utilizada, para nenhum dos macros (Tabela 5) ou micronutrientes analisados (Tabela 6).

O N segundo Ribeiro et al. (1999), apresentou o teor foliar de dentro do parâmetro ideal para a cultura (Tabela 5). De acordo com Gomes Filho et al. (2001), aproximadamente dois terços do N, um terço do P e quase 100% do K, encontram-se na ARS na forma mineral, isto é, numa forma prontamente assimilável pelas culturas.

Para o K após a aplicação de ARS (Tabela 5), houve o incremento do teor deste nutriente no solo, passando de baixo para médio se acordo com Ribeiro et al.(1999) porém, mesmo com maior disponibilidade no solo, o teor de K na folha ficou abaixo do nível ideal. O baixo teor foliar desse nutriente na folha pode ser reflexo do desenvolvimento secundário da planta.

Os teores de Ca e Mg na planta (Tabela 5) ficaram abaixo do nível ideal segundo Ribeiro et al.(1999), pois o aumento no teor de K na solução do solo causa a redução dos teores de Ca e Mg nas plantas (SILVA et al., 2015). Segundo este mesmo autor, citando Rosolem (2005), explicou que a redução do Ca e do Mg pode ser explicado pelo fator de diluição, que uma planta bem nutrida em K cresce mais e, mesmo com a diminuição dos teores de Ca e Mg na planta, muitas vezes não há prejuízo no crescimento ou na produção. Porém, teores excessivos de K, podem causar perdas na produção pela intensificação do efeito de diluição.

Tabela 5. Teor foliar de N, P, K, Ca, Mg e S em sistema silvipastoril em linha dupla com aplicação de ARS em Uberlândia, Minas Gerais, 2014

Dose (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
0	14,98	0,40	6,80	0,96	2,44	0,56
200	15,26	0,52	7,10	1,23	2,72	0,58
400	15,28	0,42	6,10	1,44	2,96	0,42
600	15,96	0,42	6,20	1,20	2,84	0,50
800	15,40	0,46	6,10	1,34	2,96	0,42
Média	15,17	0,44	6,46	1,23	2,78	0,50
Pr>Fc	0,61 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,11 ^{ns}

^{ns} – não significativo a 0,05 de significância, pelo teste de F.

Os valores obtidos na análise foliar para o S ficaram abaixo do nível recomendado por Ribeiro et al. (1999). Com o uso contínuo dos solos, o teor de enxofre tende a decrescer, em razão das perdas por erosão, maior intensidade de decomposição da matéria orgânica, remoção pelas culturas e lixiviação (SILVA et al., 1981). Ainda segundo este mesmo autor o S é um nutriente com baixa mobilidade na planta o que favorece a deficiência deste nas folhas novas. Tal deficiência segundo Camberato & Pan (2000) pode gerar decréscimo no rendimento de massa seca das plantas e, em certas culturas, pode promover a redução da qualidade do alimento.

O teor foliar de B (Tabela 6) ficou abaixo do ideal segundo Ribeiro et al. (1999), apesar os resultados não apresentarem diferença estatística a dose de 600 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ apresentou o melhor resultado, ficando apenas 1mg/kg abaixo do ideal. Neste presente trabalho constatou-se, segundo Ribeiro et al. (1999), que os teores foliares de P e K (Tabela 5) ficaram abaixo do ideal, o que pode ter sido influenciado pelo baixo teor de boro na planta.

Tabela 6. Teor foliar de B, Cu, Fe, Mn e Zn em um sistema silvipastoril em linha dupla com aplicação de ARS, em Uberlândia, Minas Gerais, 2014

Dose (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹				
0	27,56	8,28	200,82	748,38	53,62
200	17,92	8,78	208,00	587,56	54,44
400	29,40	7,78	166,12	980,72	70,66
600	39,00	8,34	187,72	995,48	54,34
800	27,64	10,84	200,62	1005,80	58,26
Média	28,34	8,80	192,66	863,65	58,26
Pr>Fc	0,45 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,68 ^{ns}

^{ns} – não significativo a 0,05 de significância, pelo teste de F.

De acordo com Power & Woods (1997) citados por Yamada (2000), a absorção de potássio aumenta com o boro e quase não ocorre na sua ausência, ou seja, muitos casos de deficiência aparente de potássio podem ser, de fato, deficiência de boro, além disso, o boro tem papel importante no transporte de P através das membranas e, assim, como ocorre com o K, muitos casos de deficiência de P podem ser, na verdade, o reflexo da deficiência de B.

Segundo estes mesmos autores B e Zn são essenciais para o funcionamento ótimo da ATPase e dos sistemas redox da membrana plasmática, ou seja, sem B pode haver redução da eficiência de Zn e vice-versa, porém neste presente trabalho o teor foliar de Zn (Tabela 6) ficou dentro do intervalo ideal de acordo com Ribeiro et al.(1999), mesmo com o teor de B nas folhas abaixo do ideal. Tal fato vai de encontro ao resultado obtido por Queiroz et al. (2005) que estudando características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura, observou que as maiores extrações de zinco foi nos capins braquiária e tifton 85.

Segundo (BERTONCINI, 2011), de 70 a 95% do Cu, Mn e Fe, fornecidos pela ração dos suínos são excretados pelos animais. Apesar deste grande volume excretado pelos animais constatou-se o decréscimo de Mn e Fe no solo, por outro lado, os teores foliar destes micronutrientes (Tabela 6) ficaram acima dos valores ideais segundo Ribeiro et al (1999). Já para o cobre o teor foliar ficou dentro do intervalo considerado ideal.

5. CONCLUSÃO

Com a aplicação de ARS ocorreu o incremento de do teor de K e B no solo independente da dose.

A dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de ARS elevou os teores de Mg e Cu no solo.

Na análise foliar os elementos N, Cu e Zn atingiram os níveis ideais para o *Corymbia citriodora*, já os elementos. Já os elementos Mn e Fe atingiram níveis acima do ideal na análise foliar.

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. D.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G.; SOUZA, A. D. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthesguianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1845-1850, 2003.

BRANDÃO, V. D. S.; MATOS, A. T. D.; MARTINEZ, M. A.; FONTES, M. P. P. TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA SUINOCULTURA UTILIZANDO-SE FILTROS ORGÂNICOS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.327-333, 2000.

CONDÉ, M. S.; ALMEIDA NETO, O. B. De; HOMEM, B. G. C.; FERREIRA, I. M.; SILVA, M. D.. Impacto da fertirrigação com água residuária da suinocultura em um latossolo vermelho-amarelo. *Vértices*, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 161-178, 1 out. 2013. DOI 10.5935/1809-2667.20130024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273424180_Impact_of_fertirrigation_wit_h_swine_wastewater_in_an_oxisol. Acesso em: 3 de fevereiro de 2020.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiplecomparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, p.109-112, 2014.

FREITAS, W. D. S.; DE OLIVEIRA, R. A.; PINTO, F. A.; CECON, P. R.; GALVÃO, J. C. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre a produção do milho para silagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 120-125, fev. 2004.

GOMES-FILHO, R. R. G.; 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 - PB, v. 5, n. 1, p. 131-134, 26 jul. 2000.

HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA-NETO, O. B. D.; CONDÉ, M. S.; SILVA, MM 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, Jaboticabal, v. 42, n. 3, p. 299-309, 9 maio 2014.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. 1997. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e Aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS. 319 p.

MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; PÉREZ-MARIN, A. M.; SOARES, F. A. L.; FERNANDES, P. D. Características químicas do solo sob algodoeiro em área que recebeu água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. ?-?, 3 jun. 2011. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180219357038>>. Acesso em: 5 de fevereiro de 2020.

MICCOLIS, A. *et al.* Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais: como conciliar conservação com produção: Opções para Cerrado e Caatinga. Brasília: EMBRAPA, 2016. cap. 2, p. 22-49. ISBN 978-85-63288-18-9. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1069767>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. D.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. D.; LEMOS, A. L. Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, v. 12, n. 2, p. 77-90, jun. 2004.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃEZ, P. T.; ALVAREZ, V. H. (Eds). 1999. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes para o Estado de Minas Gerais. **Viçosa: CFSEMG**, v. 359, 1999.

ROLIM, G. S.; DE O. APARECIDO, L. E. C. Köppen and Thornthwaite climate classification systems in defining climatological regions of the state of São Paulo, Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 2, p. 636-643, 2016.

ROS, C. O.; SILVA, V. R.; SILVESTRIN, T. B.; SILVA, R. F.; PESSOTTO, P. PRETTO. Disponibilidade de nutrientes e acidez do solo após aplicações sucessivas de água residuária de suinocultura. **Revista brasileira de tecnologia agropecuária**, v. 1,

n. 1, p. 35-44, 1 jul. 2020. Disponível em: <http://revistas.fw.uri.br/index.php/rbdta>.
Acesso em: 3 de fevereiro de 2020.

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**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa. 2013, 353p.

SILVA, D. V.; PEREIRA, G. A. M.; FREITAS, M. A. M. D.; SILVA, A. A. D.; SEDIYAMA, T.; SILVA, G. S.; CECON, P. R. (2015). Produtividade e teor de nutrientes do milho em consórcio com braquiária. *Ciência Rural*, 45(8), 1394-1400.

SEGANFREDO, M. A. Introdução. In: SEGANFREDO, M.A. (Org.). **Gestão Ambiental na Suinocultura**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 9-10.

SOUZA, R. F.; FAQUIN, V.; TORRES, P. R. F.; BALIZA, D. P. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 975-983, 2006.

STORCK, L., GARCIA, D.C., LOPES, S.J. & ESTEFANEL, V., 2000. **Experimentação vegetal**. Santa Maria: Ed. UFSM, 198 p.

TAMANINI, C. R. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS COM A UTILIZAÇÃO DE BIODOSSÍLIDO E GRAMÍNEA FORRAGEIRA. Orientador: Dr. Cleverton V. Andreoli. 2004. Dissertação (Mestre em Agronomia área de Concentração “Ciência do Solo”) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 609-618, ago. 2005.

YAN, F.; SCHUBERT, S. & MENGEL, K. Soil pH increase due to biological decarboxylation of organic anions. **Soil Biol. Biochem.**, p. 617-624, 1996.