

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

MATHEUS ARAÚJO BERNARDES DE SOUZA

**ACIDEZ DO SOLO EM PASTAGEM APÓS 4 ANOS DE APLICAÇÃO DE ÁGUA
RESIDUÁRIA DE SUÍNOS**

**UBERLÂNDIA – MG
2019**

MATHEUS ARAÚJO BERNARDES DE SOUZA

**ACIDEZ DO SOLO EM PASTAGEM APÓS 4 ANOS DE APLICAÇÃO DE ÁGUA
RESIDUÁRIA DE SUÍNOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentada a coordenação do curso graduação em Agronomia do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial a obtenção do título de Agrônomo.

Orientadora: Profa. Dra. Adriane de Andrade Silva

UBERLÂNDIA – MG
2019

MATHEUS ARAÚJO BERNARDES DE SOUZA

**ACIDEZ DO SOLO EM PASTAGEM APÓS 4 ANOS DE APLICAÇÃO DE ÁGUA
RESIDUÁRIA DE SUÍNOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentada a coordenação do curso graduação em Agronomia do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial a obtenção do título de Agrônomo.

APROVADO EM: 16/12/2019

Profa. Dra. Adriane de Andrade Silva
(Orientadora)

Profa. Dra. Iris Cristiane Magistrali

Eng. Agrônomo Renato Aurélio Severino de Menezes Freitas

RESUMO

A suinocultura é uma das práticas agropecuárias de maior importância no mundo, visto que a carne suína é amplamente consumida em diversos países, especialmente no Brasil, que por sua vez é também um importante produtor e exportador do alimento. Contudo, pode-se resultar em impactos ambientais causados pela água residuária (ARS), especialmente oriunda dos sistemas de confinamento. O trabalho teve como objetivo avaliar atributos químicos do solo sob aplicação de água residuária de suinocultura em uma pastagem solteira da espécie *Urochloa decumbens*, já estabelecida com pastagem de *Urochloa decumbens* em um latossolo vermelho distrófico. Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-20, 20-40, 40-60 cm. Os tratamentos foram cinco doses de água residuária de suinocultura (ARS) sendo 0, 200, 400, 600 e 800 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, aplicados em dois períodos, na seca e nas águas, pela quarta vez consecutiva anualmente. Posteriormente, as amostras coletadas foram secadas em estufa de circulação forçada de ar a 45 °C durante 48h e avaliadas quanto ao pH, Al, K, Mg, Ca e MO e a partir desses dados, determinado o T, t, V, m e a SB. Na análise estatística, foi utilizado o teste de Tukey para os dados de profundidade, com nível de significância à 5% e todo o banco de dados passou pelo teste de pressuposição. Em relação ao pH do solo e aos teores de Al, observou-se que não houve diferença entre as doses para a mesma profundidade e em ambas as profundidades, o maior valor de acidez ativa foi observado no tratamento sem aplicação de ARS, indicando que a aplicação altera, mesmo que minimamente os valores desse atributo. Não foi observado o aumento nos teores de MO em função da aplicação de ARS e a aplicação das diferentes doses de K, Ca e SB, não alterou as concentrações em profundidade e entre os tratamentos. Para os teores de Mg, houve alteração entre as profundidades, em que a maior concentração foi observada nas camadas mais superficiais, e os teores baixos individuais das bases refletiram em valores de SB igualmente desequilibrados. Os valores de CTC ativa (t) apenas apresentaram variação entre as profundidades no tratamento com aplicação de 600 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. O valor de V% para pastagens no presente trabalho foi abaixo do esperado, de 23,1% e houve redução da acidez ativa nos teores observados, em todas as profundidades avaliadas. O comportamento da saturação por alumínio (m), foi linear e crescente, independente da profundidade e em relação aos teores de Mg, viu-se um comportamento quadrático, em que a dose de 250 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ promoveu o maior valor. A aplicação de ARS influencia os atributos de solo e sua aplicação por 4 anos no cultivo de *U. decumbens*, alterou a acidez do solo, com redução do pH, aumento de saturação por alumínio, e não incrementou a níveis satisfatórios as bases.

Palavras-chave: Água residuária. Suinocultura. *Urochloa decumbens*

ABSTRACT

Swine farming is one of the most important agricultural practices in the world, since pork is widely consumed in several countries, especially in Brazil, which in turn is also an important producer and exporter of food. However, it can result in environmental impacts caused by wastewater (ARS), especially from confinement systems. The work aimed to evaluate chemical attributes of the soil under application of swine wastewater in a single pasture of the species *Urochloa decumbens*, already established with pasture of *Urochloa decumbens* in a dystrophic red latosol. Soil samples were collected at depths of 0-20, 20-40, 40-60 cm. The treatments were five doses of swine wastewater (ARS) with 0, 200, 400, 600 and 800 m³ ha⁻¹ year⁻¹, applied in two periods, in the drought and in the water, for the fourth consecutive year annually. Subsequently, the collected samples were dried in an oven with forced air circulation at 45 °C for 48 hours and evaluated for pH, Al, K, Mg, Ca and OM and from these data, the T, t, V, m and SB were determined. In the statistical analysis, the Tukey test was used for the depth data, with a significance level of 5% and the entire database passed the assumption test. In relation to soil pH and Al levels, it was observed that there was no difference between doses for the same depth and in both depths, the highest value of active acidity was observed in the treatment without application of ARS, indicating that the application changes, even if minimally the values of that attribute. There was no increase in the levels of OM due to the application of ARS and the application of different doses of K, Ca and SB, did not change the concentrations in depth and between treatments. For Mg levels, there was a change between the depths, in which the highest concentration was observed in the most superficial layers, and the low individual levels of the bases reflected in SB values that were equally unbalanced. The values of active CTC (t) only showed variation between the depths in the treatment with application of 600 m³ ha⁻¹ year⁻¹. The value of V% for pastures in the present work was lower than expected, 23.1% and there was a reduction in active acidity in the observed levels, at all depths evaluated. The behavior of the saturation by aluminum (m) was linear and increasing, regardless of the depth and in relation to the Mg content, a quadratic behavior was seen, in which the dose of 250 m³ ha⁻¹ year⁻¹ promoted the highest value. The application of ARS influences soil attributes and its application for 4 years in the cultivation of *U. decumbens*, changed the acidity of the soil, with reduced pH, increased saturation by aluminum, and did not increase the bases to satisfactory levels.

Keywords: Wastewater. Pig farming. *Urochloa decumbens*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 FORRAGEIRA <i>Urochloa decumbens</i>	9
2.2 ACIDEZ DO SOLO DO CERRADO.....	9
2.3 ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUÍNOS	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5 CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma das práticas agropecuárias de maior importância no mundo, visto que a carne suína é amplamente consumida em diversos países, especialmente no Brasil, que por sua vez é também um importante produtor e exportador do alimento. Contudo essa atividade é responsável pela produção significativa de dejetos, podendo resultar em impactos ambientais causados pela água residuária (ARS), especialmente oriunda dos sistemas de confinamento.

O acúmulo desse material na propriedade resulta em consequências negativas ao meio ambiente, como a contaminação do lençol freático e cursos d'água. Deste modo é necessário a utilização e desenvolvimento de práticas de manejo, visando realizar o tratamento da água residuária, bem como adotar um destino final aos resíduos gerados. Uma alternativa é a utilização da água residuária de suinocultura (ARS) para a adubação de pastos e culturas florestais mediante fertirrigação, que possibilita a aplicação da ARS por meio de sistemas de irrigação. No Brasil, o tratamento da água residuária ocorre principalmente por meio de biodigestores sendo o solo seu destino final.

A água residuária de suinocultura é aplicada ao solo por meio da fertirrigação utilizando-se sistema de irrigação. Tal técnica tem sido muito utilizada devido à maior praticidade e menor custo com mão-de-obra. Os recursos derivados da ARS são bastante aproveitados pelas forrageiras em pastagens devido ao seu sistema radicular profundo, não necessitando de aração e gradagem. Após tratamento, pode ser empregada nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), que é uma estratégia de produção que integra diferentes sistemas produtivos, agrícolas, pecuários e florestais dentro de uma mesma área, buscando otimizar o uso da terra, elevando os patamares de produtividade e diversificando a produção (EMBRAPA, 2009).

A *Urochloa decumbens*, conhecida como capim-braquiária, tem seu emprego em várias culturas, justifica-se tal ação por possuir excelente resistência ao pisoteio e boa capacidade de rebrota, sendo muito utilizada na produção de bovinos de corte e leite. Ela também é caracterizada por ser uma espécie tolerante à seca e por se desenvolver bem tanto em solos argilosos quanto em solos arenosos. Contudo tais fatores não excluem a necessidade de se realizar a adubação e correção do solo.

O trabalho teve como objetivo avaliar atributos químicos do solo sob aplicação de água residuária de suinocultura em uma pastagem solteira da espécie *Urochloa decumbens*, avaliando a melhor dose de água residuária de suinocultura (ARS) que pode ser aplicada ao solo que resulte em aumento dos teores de nutrientes sem causar impacto ambiental.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FORRAGEIRA *Urochloa decumbens*

Dentre as 90 espécies de *Urochloa*, a espécie que mais se destaca pela sua morfofisiologia é a *decumbens*, conhecida popularmente como capim-braquiária, como a alta resistência ao pisoteio animal, boa qualidade nutricional e ótima produtividade de Matéria Seca (MS), sendo também bastante utilizada em solos erosivos, pois possui fácil adaptabilidade em solos arenosos e argilosos (PEREIRA et al., 2012).

O gênero *Urochloa*, antes chamado de *Brachiaria*, foi introduzido no Brasil nos anos 50, devido ao fracasso de outras forrageiras pelos produtores e da baixa produtividade das nativas do país, seja pelo manejo incorreto que, por consequência, acarretava em deficiência nutricional. Dessa forma, a espécie *decumbens* foi a primeira a ser estudada dentre as demais e, nesse sentido, deram início às pesquisas com pastagens com o intuito de avaliarem aquela que mais se adaptaria em cada uma das regiões (NASCIMENTO, 2017).

Além do seu uso na alimentação de animais, a espécie (capim-braquiária) pode ser utilizada em áreas de reflorestamento, uma vez que é considerada uma planta forrageira daninha, pois é considerada bastante agressiva e de difícil controle, sendo bem resistente à seca, boa adaptação em áreas tropicais úmidas, elevada capacidade competitiva em relação às demais espécies que se formam consórcio em pastagens (PEREIRA et al., 2011).

Pode-se também manejar esta forrageira combinada com culturas, como o milho ou sorgo, para o maior sucesso da integração da agricultura e pecuária, porém muitas áreas que se constituem do capim-braquiária já instaladas também estão com parcial ou total degradação (MARTUSCELLO et al., 2017). Antes denominada de *Brachiaria decumbens*, o capim-braquiária possui o cultivar Basilisk, o mais utilizado dentro da espécie, não apresenta boa resistência às cigarrinhas, áreas de alta pluviosidade e há consequências graves para a produção devido à fotossensibilização em alguns animais (NASCIMENTO, 2017).

2.2 ACIDEZ DO SOLO DO CERRADO

Apesar da enorme potencialidade de produção na agricultura do Cerrado devido a boa adequabilidade dos solos da região, como o relevo plano e a alta capacidade de drenagem, fatores negativos como o baixo valor de pH, alto teor de alumínio trocável e a deficiência de fósforo, cálcio e magnésio são empecilhos ao aumento do sucesso nos cultivares agrícolas

(CAMARGO et al., 2010).

Os solos do Cerrado possuem acidez em sua origem, variando em pH menor de 2,5 a 4, além de altos teores de Fe^- e Mg^{2+} , interligados com as altas quantidades de Al^{3+} (alumínio trocável), fazendo com que os solos sejam ainda mais tóxicos aos sistemas de manejo e reduzindo diretamente os teores de Matéria Orgânica (MO), variando entre 1 a 4% (SILVA, 2017).

A calagem é uma solução também bastante utilizada na agricultura pela sua ação de correção de acidez nos solos, neutralizando-os através do fornecimento de Ca^{2+} e Mg^{2+} . Porém, esta prática corrige apenas a camada mais superficial do solo, não solucionando camadas abaixo e profundas, que em geral, possuem baixa saturação por bases (SB) e alta por Al^{3+} , o que pode limitar o crescimento de raízes. Portanto, é bastante procurada alternativas que possam melhorar as propriedades químicas e físicas do solo em várias camadas de profundidades, bem como também em pastagens já instaladas, na qual as aplicações dos produtos serão de forma superficial, sem incorporação, para que possa viabilizar e aumentar seu tempo de permanência no sistema de cultivo (BACKES et al., 2018).

Uma das opções para a correção superficial de acidez dos solos do Cerrado é a fertirrigação com águas residuárias advindas de esgoto ou da produção animal, sendo considerada eficiente no plantio do capim *Brachiaria brizantha*, reduzindo o uso de fertilizantes sintéticos e melhorando os solos da região, que são considerados ácidos pelos elevados teores de Al^{3+} e Mg^{2+} trocáveis, além da pequena capacidade de retenção de fertilizantes à base de K^+ e deficientes em alguns microminerais, contornando os problemas mais importantes e que impactam grandes áreas da agricultura moderna no Cerrado (SILVA et al., 2019).

Carvalho (2018) em seu experimento trabalhou com correção do solo no Cerrado para a formação de pastagem, levando em consideração o declínio e textura do solo, além de parâmetros de impactos ao meio ambiente. Foram coletadas amostras em 20 pontos diferentes nas profundidades 0 – 10 cm, 10 – 20 cm e 20 – 30 cm para a avaliação de indicadores físicos, químicos e biológicos, determinando assim, a necessidade de correção de acidez e a adubação da área em questão, sendo extremamente importante para diminuir a degradação da pastagem e aumentar sua vida útil.

Já os autores Townsend et al. (2010) estudaram sobre a correção e fertilização do solo, incluindo os nutrientes N e K para o aumento de produtividade da pastagem capim-marandu já instalada na região, também com o propósito de maior cobertura do solo e redução da quantidade de plantas invasoras. Ambos os trabalhos realizaram a correção do pH do solo, além da melhoria da Saturação por Bases (SB) e da Capacidade de Troca de Cátions (CTC) nas

diferentes profundidades. Os mesmos obtiveram, após a correção do solo com calcário dolomítico, aumento da massa do bulbo radicular da forrageira capim-marandu, discutindo-se a importância do aumento do pH em solos do Cerrado, uma vez que solos ácidos são muito prejudiciais ao crescimento e desenvolvimento radicular.

2.3 ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUÍNOS

Condé et al. (2012) relatam que a aplicação de águas residuárias oriundas de animais estão presentes na agricultura desde a Grécia Antiga (3000 a.c. a 1000 d.c.), porém estudos mais aprofundados sobre a aplicabilidade se destacaram nos anos 50 a 60, devido a maior preocupação de sustentabilidade e qualidade ambiental. Assim, no fim de 1970, empresas privadas já estavam utilizando os dejetos tratados para obterem a redução dos impactos ambientais e o uso de recursos naturais, além também da redução de custos econômicos.

Sabendo da existência de trabalhos que demonstram que a aplicação de Águas Residuárias de Suinocultura (ARS) gera incremento na produção das culturas usadas, aumento da fertilidade do solo e, também, preocupação com o acúmulo de alguns nutrientes, entre eles o cobre, o zinco e o sódio (SILVA et al., 2015; CARDOSO et al., 2015; SANTOS, 2014). Apesar destes resultados já terem sido observados, poucos são os trabalhos que avaliam a frequência de aplicação ao longo dos anos.

De acordo com Berwanger (2008):

[...]os dejetos podem ser considerados fertilizantes não balanceados, pois é praticamente impossível ajustar as diferenças entre as necessidades das plantas (quantitativa e temporalmente) e a oferta dos nutrientes pelo solo, ar e água. Mesmo que esse não-balanceamento possa ser minimizado com o uso de fertilizantes industriais ou com a rotação de culturas, há excesso daqueles, cuja disponibilidade via solo já é suficiente para alta produtividade, como é o caso do zinco e cobre. Numa visão mais realista, os dejetos são considerados um problema ambiental, motivo pelo qual devem ser armazenados, tratados e descartados adequadamente.

Desse modo, a água residuária advinda de animais, têm sido um grande problema, devido à grande produção em sistemas de manejo e do acúmulo em recursos naturais de águas, como rios, represas, lençóis freáticos, e outros, pela menor quantidade de O₂ disponível na água. Para que pudesse reduzir esta situação sem impactar na produção animal, os dejetos tratados se tornaram um grande aliado na preparação do solo em muitas culturas, que com uma resposta

adequada para sua produtividade, favoreceu o uso tanto em cultivares quanto em sistemas lavoura-pecuária-floresta (ERTHAL et al., 2010).

Portanto, pode-se atribuir à ARS como principais vantagens de uso a conservação da água, maior favorecimento da reciclagem de nutrientes, redução de aplicação de fertilizantes e minerais, além da maior colaboração de preservação ambiental, fazendo com que a mesma não seja descartada em locais inapropriados, porém precisa-se atentar ao método de aplicação da ARS na cultura, de forma que após seu tratamento, seja de fato realizado a degradação dos compostos poluentes, isto é, a mineralização de suas moléculas orgânicas, resultando em compostos simples e sem ameaças de poluição ao meio ambiente (BERNARDES, 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram conduzidos na Fazenda Bonsucesso, localizada no município de Uberlândia, na rodovia Campo Florido (MGC-455) Km 20, situada a 19°05'17"S de latitude sul e 48°22'00"W de longitude oeste, com altitude média de 820 metros em relação ao nível do mar, apresentado nas Figuras 1 e 2. O clima, segundo a classificação de Köppen, em 1990 (SÁ JÚNIOR, 2009), 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.

Figura 1 – Água residuária oriunda da produção de suínos, localizada.



Fonte: Próprio autor (2018).

Figura 2 - Localização da área experimental na Fazenda Bonsucesso (19°05'17"S 48°22'00"W), em Uberlândia, Minas Gerais.



Fonte: Google Earth (2018).

O experimento foi conduzido, sob uma área de cerrado, já estabelecida com pastagem de *Urochloa decumbens* em um latossolo vermelho distrófico. Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo para caracterização química (Tabelas 1) e física

(Tabela 2) da área, nas profundidades de 0-20, 20-40, 40-60 cm (EMBRAPA, 2009). De posse dos resultados foi detectado a não necessidade da correção da acidez do solo, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização química do solo da área experimental.

Prof. cm	pH H ₂ O	P -- mg dm ⁻³ --	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al ³⁺	SB	T	V	m	M.O.
				-----		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
20-40	5,7	3,3	15	0,0	0,7	0,2	1,8	0,94	2,74	34	0	7
40-60	5,4	1,3	13	0,3	0,5	0,2	1,6	0,73	2,33	31	29	8

Prof. = profundidade; 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 (EMBRAPA, 2009). M.O. = Método Colorimétrico.

Tabela 2 - Teores de micronutrientes e argila no solo da área experimental.

Prof. cm	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila
	-----		mg dm ⁻³ -----			--- g kg ⁻¹ ---
00-20	0,11	0,8	36	3,6	1,2	114
20-40	0,07	0,8	23	1,8	0,5	152
40-60	0,07	0,6	16	1,4	0,1	157

B = (BaCl₂.2H₂O 0,0125% ao 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 (EMBRAPA, 2009).

Anteriormente a instalação do experimento a área de pastagem encontrava-se em estágio inicial de degradação, com limitações dos atributos químicos do solo. O delineamento experimental estatístico utilizado foi o de blocos casualizados com 4 blocos. O tamanho da área da parcela foi de 16 m², totalizando uma área total do experimento de 320 m².

Os tratamentos foram cinco doses de água residuária de suinocultura (ARS) sendo 0, 200, 400, 600 e 800 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ e 3 profundidades do solo - 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm. Os tratamentos foram aplicados duas vezes, uma aplicação no período da seca (abril a setembro), e uma aplicação no período das chuvas (outubro a março). Os dados desse experimento são referentes ao 4 ano de aplicação de ARS. Sendo assim os tratamentos são o somatório dos 4 anos de realização do experimento, referindo-se as doses totais acumuladas de 0, 800, 1600, 2400 e 3200 m³ ha⁻¹.

A água residuária de suinocultura (ARS) foi proveniente de uma granja com 6.000 animais confinados na fase de engorda da Fazenda Bonsucesso, com produção diária média de 110 m³. Os dejetos são manejados com biodigestor de manta de PVC, com tempo de retenção de aproximadamente 20 dias e lagoa de armazenamento. Após esse período, a ARS foi aplicada

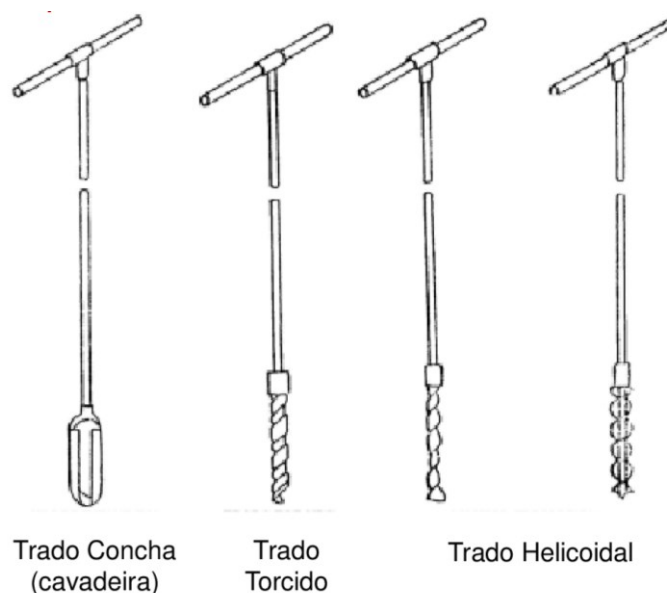
nas áreas dos experimentos. A ARS foi coletada para a caracterização da sua composição química, com apresentado suas médias na Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização química da água residuária de suinocultura.

Determinação	Unidade	Média das coletas
Índice pH	pH	7,27
Densidade	%	1
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	400
Boro (B)	mg/L	0,12
Cobre (Cu)	mg/L	8,7
Ferro (Fe)	mg/L	13,6
Níquel (Ni)	mg/L	ns
Manganês (Mn)	mg/L	13
Zinco (Zn)	mg/L	6,3

A água residuária de suinocultura (ARS) foi aplicada em toda área da parcela, onde foram coletadas cinco sub-amostras de solo para compor uma amostra composta representativa da parcela, utilizando-se de um trado do tipo helicoidal (Figura 3), podendo ser considerada ótima (<6m), boa (<8m), profunda (<12m) ou muito profunda (<15m), limitada a profundidade acima do nível da água. Foram coletadas cinco sub-amostras de material de solo para compor uma amostra composta representativa do ponto de amostragem.

Figura 3 – Imagem representativa dos tipos de trados manuais.



Fonte: Amorim (2013).

As amostras de solos foram coletadas nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm e foram secadas em estufa de circulação forçada de ar a 45 °C durante 48h, sendo caracterizadas como terra fina seca em estufa (TFSE), em seguida, foram trituradas com uso de destorroador manual, passando por peneira de 2 mm de diâmetro para remover os torrões e impurezas.

As análises químicas das amostras de solo foram realizadas com base a metodologia da Embrapa (2011). Para a avaliação dos atributos químicos do solo, foram determinados nas amostras de solo o pH, Al, K, Mg, Ca e MO e a partir desses dados, determinado o T,t, V,m e a SB.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância através do programa estatístico R, para a avaliação dos efeitos das doses da ARS sobre um sistema de pastagem solteira. Na análise estatística, foi utilizado o teste de Tukey para os dados de profundidade, com nível de significância à 5% e todo o banco de dados passou pelo teste de pressuposição.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos valores de acidez ativa do solo (pH em H₂O) descritos na Tabela 4, observa-se que não houve diferença entre as doses para a mesma profundidade. Na profundidade de 0-20 cm, a acidez ativa apresentou valores entre 4,9 e 4,3, valor considerado de acordo com a CFSEMG (1999) como classificação agrônômica baixo, ou seja abaixo do valor ideal que seria de 5,5 a 6,0. Em ambas as profundidades o maior valor de acidez ativa foi

observado no tratamento sem aplicação de ARS, indicando que a aplicação altera, mesmo que minimamente os valores desse atributo.

Na profundidade 40-60 cm foi observada a diferença estatística em todos os valores de doses (pH H₂O), exceto com dosagem 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, em função de não ter sido observado mudança de classe de interpretação na classificação agrônômica. Na Tabela 1, observa-se que no início do experimento a acidez ativa encontrava-se na profundidade de 0-20 e 20-40 cm em 5,7 e na profundidade de 40 – 60 cm de 5,4. Esse comportamento indica que deve-se considerar a aplicação de corretivos de solo, pois ao longo do período experimental houve alteração nesse atributo.

Tabela 4 - Média do valor da acidez ativa (pH em H₂O), dos teores de Al e da matéria orgânica (MO), e a acidez potencial (H + Al) no solo com cultivo de *Urochloa decumbens* após 4 anos consecutivos de aplicação de água residuária de suínos (ARS).

Doses	Profundidade do solo (cm)											
	pH H ₂ O			Al ³⁺			H+Al			MO		
				cmol _c dm ⁻³						dag kg ⁻¹		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
0	4,9a	5,0a	4,9a	0,30	0,38	0,36	2,5a	2,1a	2,2a	1,18	0,93	0,98
200	4,3b	4,4b	4,8a	0,38	0,39	0,54	2,1b	2,4b	1,6a	1,10	0,90	0,85
400	4,4a	4,5a	4,6a	0,59	0,73	0,59	1,9b	2,1b	1,5a	1,13	0,95	0,73
600	4,3a	4,5a	4,4a	0,81	0,71	0,61	1,9b	1,9b	1,5a	0,98	0,85	0,83
800	4,4a	4,3a	4,5a	0,69	0,61	0,70	1,6a	1,7a	1,6a	1,25	1,03	0,88
Média	4,4	4,5	4,6	0,55a	0,56a	0,56a	2,0	2,0	1,7	1,13a	0,93a	0,85b
	⁽²⁾ W= 0,108 ; F _{levens} = 0,736 ; F _{aditividade} = 0,325			⁽²⁾ W= 0,101 ; F _{levens} = 0,766 ; F _{aditividade} = 0,018			⁽²⁾ W= 0,131 ; F _{levens} = 1,582 ; F _{aditividade} = 0,296			⁽²⁾ W= 0,081 ; F _{levens} = 0,493 ; F _{aditividade} = 0,082		

¹médias seguidas por letras minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância; ² W, F_{levens}, F_{aditividade}; Estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene e Tukey para aditividade respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade a 0,01 de significância respectivamente

Em relação aos teores de Al (Tabela 4), observa-se que não houve diferença entre os valores observados em profundidade, variando entre 0,30 a 0,81 cmol_c dm⁻³. Desse modo, a Embrapa (2015) recomenda-se a prática de calagem para a correção do solo e, assim, o alumínio trocável (Al³⁺) se transforma em um mineral sem impactos negativos às raízes e processos químicos do solo. Ainda, a empresa ressalta em evitar a calagem quando a quantidade de Al³⁺ for maior que 0,5 cmol_c dm⁻³, uma vez que pode ocasionar queda de produção das plantas, já que há grande variabilidade de sensibilidade entre as culturas.

É esperado que com a redução de valor de pH (acidez ativa), ocorra aumento nos valores de Al em função da descomplexação dos mesmos. Sendo esse, mais um indicativo para recomendação da correção do solo da área experimental. Em profundidade espera-se que os teores sejam maiores nas camadas mais profundas, em função destas serem de mais difícil

correção em área já estabelecidas de pastagens. O Al, em solos ácidos, é um dos principais responsáveis pela baixa produtividade das culturas, constituindo um fator limitante ao crescimento das plantas (MIGUEL et al., 2010).

A espécie *U. decumbens* é bem tolerante ao Al e um estudo hidropônico comparativo mostrou ser consideravelmente mais tolerante do que genótipos tolerantes de trigo, milho e triticale (WENZL et al., 2001). Porém mesmo com a considerada boa adaptação das espécies de *U. decumbens* em solos ácidos, sabe-se que a sua produtividade é reduzida nestas condições.

Com relação aos teores de acidez potencial ($H + Al$), observa-se (Tabela 4) que os maiores valores estão concentrados no tratamento sem aplicação de ARS, onde não observou variação entre as profundidades. Nos demais tratamentos em que houve aplicação de ARS, constatou que os maiores valores se encontraram nas camadas mais superficiais 0-40 cm de profundidade e os menores nas camadas de 40- 60 cm. Esse comportamento também indica que a correção do solo poderá liberar cargas no solo para adsorção de bases mais benéficas ao desenvolvimento das plantas. O conjunto de dados avaliados indica que se deve atentar para os indicativos dos valores de acidez do solo no sentido a realização de práticas de correção, independente do tratamento utilizado.

Não observou aumento nos teores de MO em função da aplicação de ARS, com valores entre 0,85 a 1,25 dag kg⁻¹. Valores considerados baixos de acordo com a CFSEMG (1999). Esperava-se que com o maior aporte de nutrientes com a aplicação de ARS, a MO fosse incrementada, em função de maior material sendo acumulado no solo e decomposto após 4 anos. Os resultados colaboram com o que foi observado na aplicação de dejetos de suínos por Scherer, Nesi e Massoti (2010) que não proporcionou aumentos nos teores de MO em nenhum dos solos e camadas amostradas. Esse fato já podia ser esperado, em razão do baixo teor de massa seca (0,74 dag kg⁻¹), (Tabela 3) e carbono orgânico que os dejetos líquidos de suínos apresentam. Em média, os dejetos de suínos da região oeste de Santa Catarina apresentam 3 % de matéria seca (Scherer et al., 1996), o que, numa dose média de 45 m³ ha⁻¹; representa uma adição anual máxima de 1,3 t ha⁻¹ de MO.

A aplicação das diferentes doses de K, Ca e SB, não alterou as concentrações em profundidade e entre os tratamentos (Tabela 5). Esse comportamento não era esperado, em função da aplicação de ARS, apesar de sua característica líquida apresentar concentrações desses elementos. Entende-se que há uma grande redução de Ca e Mg no tratamento de dejetos pelo biodigestor, mas a aplicação consecutiva deveria aumentar os teores no solo. Indicando que há uma extração elevada desses elementos pela *U. decumbens*.

Tabela 5 - Média dos teores das bases, K, Ca e Mg e o valor médio da soma de bases (SB) no solo com cultivo de *Urochloa decumbens* após 4 anos consecutivos de aplicação de água residuária de suínos (ARS).

¹Doses	Profundidade do solo (cm)											
	K ⁺			Ca ²⁺			Mg ²⁺			SB		
	cmolc dm ⁻³											
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
0	0,09	0,05	0,04	0,53	0,68	0,93	0,28a	0,18a	0,15a	0,89	0,90	1,11
200	0,04	0,04	0,04	0,73	0,53	0,53	0,30a	0,15b	0,25ab	1,06	0,72	0,81
400	0,08	0,05	0,04	0,70	0,75	1,05	0,35a	0,30a	0,35a	1,13	1,10	1,44
600	0,06	0,04	0,04	0,85	0,55	0,25	0,45a	0,18b	0,13b	1,36	0,77	0,42
800	0,09	0,05	0,05	0,43	0,33	0,50	0,28a	0,15a	0,18a	0,79	0,53	0,72
Média	0,08a	0,05b	0,04b	0,65 ^a	0,57a	0,65 ^a	0,33	0,19	0,21	1,05a	0,80a	0,90 ^a
(²) W= 0,099 ; F _{levene} = 1,548 ; F _{aditividade} = 0,146												
(²) W= 0,159 ; F _{levene} = 1,333 ; F _{aditividade} = 10,588												
(²) W= 0,108 ; F _{levene} = 0,777 ; F _{aditividade} = 0,004												
(²) W= 0,124 ; F _{levene} = 1,188 ; F _{aditividade} = 4,212												

¹médias seguidas por letras minúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey, respectivamente a 0,05 de significância; ² W, F_{Levene}, F_{aditividade}; Estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene e Tukey para aditividade respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade a 0,01 de significância respectivamente.

Os teores de K variaram entre 0,04 a 0,09 cmol_c dm⁻³, não houve diferença entre as profundidades indicando que não ocorreu percolação desse elemento no perfil do solo. O mesmo comportamento foi observado para o Ca, que apresentou teores variando entre 0,25 e 1,05 cmol_c dm⁻³. Os teores encontrados no solo são considerados baixos, em que de acordo com a CFSEMG (1999), o teor considerado ideal é de 2,5 cmol_c dm⁻³.

Para os teores de Mg, houve alteração entre as profundidades, em que a maior concentração foi observada nas camadas mais superficiais (0- 20 cm) (Tabela 5). Na camada de 0- 20 cm observou-se que os teores variaram entre 0,28 a 0,45 cmol_c dm⁻³, valor considerado pela CFSEMG (1999) como baixo, sendo o considerado ideal valor de 0,90 cmol_c dm⁻³. Na profundidade de 20- 40 os teores observados variaram entre 0,15 e 0,30 cmol_c dm⁻³ e na profundidade de 40- 60 cm de 0,13 a 0,35 cmol_c dm⁻³.

Os teores baixos individuais das bases refletiram em valores de SB igualmente desequilibrados, com teores na profundidade de 0- 20 cm de 0,79 a 1,36 cmol_c dm⁻³, na profundidade de 20-40 cm variando entre 0,53 a 1,10 cmol_c dm⁻³ e na profundidade de 40-60 cm de 0,42 a 1,44 cmol_c dm⁻³.

Os valores de CTC ativa (t) apenas apresentaram variação entre as profundidades no tratamento com aplicação de 600 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, em que a concentração foi maior na camada de 0-20 e 20-40 cm (Tabela 6). Apesar desse maior teor observado neste tratamento, não observou alteração de classe para a classificação agrônômica de acordo com a CFSEMG (1999). Em ambos os tratamentos os teores médios ficaram classificados entre os valores de 0,81 a 2,31

$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, considerado baixo. O teor considerado adequado é de $4,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, esse atributo de solo poderá ser alterado com a prática da correção do solo, elevando os teores até os teores de CTC Total (T). Os valores de CTC Total (T) indicam que o solo apresenta baixa capacidade de adsorção de cargas, com teores variando entre 2,18 a $3,31 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Ou seja, os máximos valores de CTC que podem ser alcançados pelas práticas de manejo ficariam classificadas como baixas.

Tabela 6 - Média dos valores médios da CTC ativa (t), CTC total (T), saturação por alumínio (m) e saturação por bases (V) no solo com cultivo de *Urochloa decumbens* após 4 anos consecutivos de aplicação de água residuária de suínos (ARS).

Doses	Profundidade do solo (cm)											
	t			T			m			V		
	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$						%					
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
0	1,19a	1,28a	1,48a	3,31	3,03	3,03	24,7	29,3	29,9	26,7	29,7	32,1
200	1,44a	1,10a	1,35a	3,16	3,09	3,09	26,3	35,7	43,9	33,6	23,1	32,1
400	1,72a	1,83a	2,02a	3,06	3,20	3,20	34,4	39,0	30,0	36,9	34,4	48,4
600	2,17b	1,48b	1,03a	3,28	2,67	2,67	37,0	51,5	59,9	41,3	27,0	21,3
800	1,48a	1,14a	1,42a	2,42	2,18	2,18	46,8	53,8	52,4	32,4	24,1	28,9
Média	1,60	1,36	1,46	3,04a	2,83a	2,56a	33,9a	41,9ab	43,2b	34,1a	27,6a	34,2a
⁽²⁾ W=0,113; F _{Levene} =1,413; F _{aditividade} =0,006 ⁽²⁾ W=0,093; F _{Levene} =1,805; F _{aditividade} =0,146 ⁽²⁾ W=0,077; F _{Levene} =0,705; F _{aditividade} =0,882 ⁽²⁾ W=0,093; F _{Levene} =1,294; F _{aditividade} =2,066												

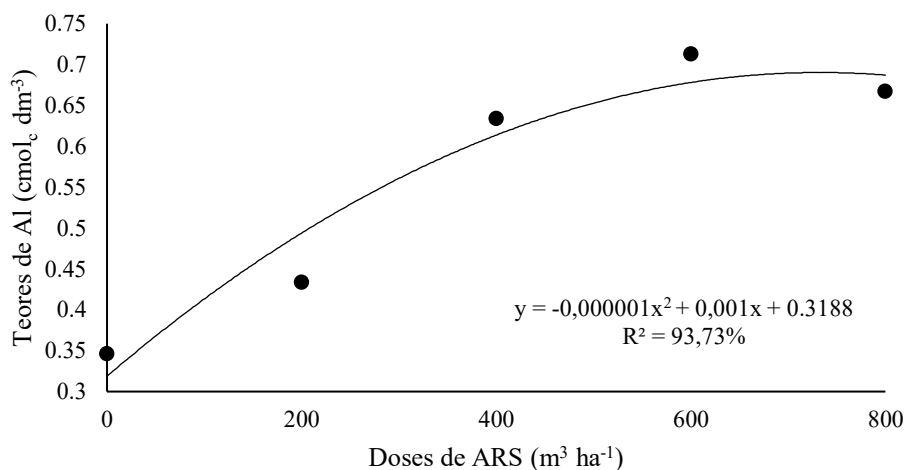
¹médias seguidas por letras minúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey, respectivamente a 0.05 de significância; ² W, F_{Levene}, F_{aditividade}; Estatística dos testes de Kolmogorov-Smirnov, Levene e Tukey para aditividade respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade a 0,01 de significância respectivamente.

Essa característica do solo ainda é mais influenciada pela quantidade de cargas ocupadas pela acidez do solo, observadas pela saturação por alumínio nesse solo (m). Em alguns tratamentos observa-se que aproximadamente 60% das cargas estão ocupadas por Al, como no tratamento com $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ na profundidade de 20-40 cm. A variação de saturação por alumínio nos tratamentos variou de 24,7 a 59,9 %, reforçando a necessidade de correção de solo.

De acordo com a CFSEMG (1999), o valor de V% para pastagens, o adequado seria de 50%, valor muito inferior aos observados nesse experimento (Tabela 6), que apresentou valor de 23,1%, na profundidade de 20-40 cm, na dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Em relação as doses (Figura 4), observou que o comportamento dos teores de Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), foram crescentes em função ao aumento da dose, até a dose $500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, o que comprova que a ARS influencia na disponibilização de Al. A partir desse valor o teor de Al tendeu a redução, porém para as

doses estudadas continuou acima do recomendado de acordo com o CFSEMG (1999). Esse comportamento não ocorreu em função das profundidades.

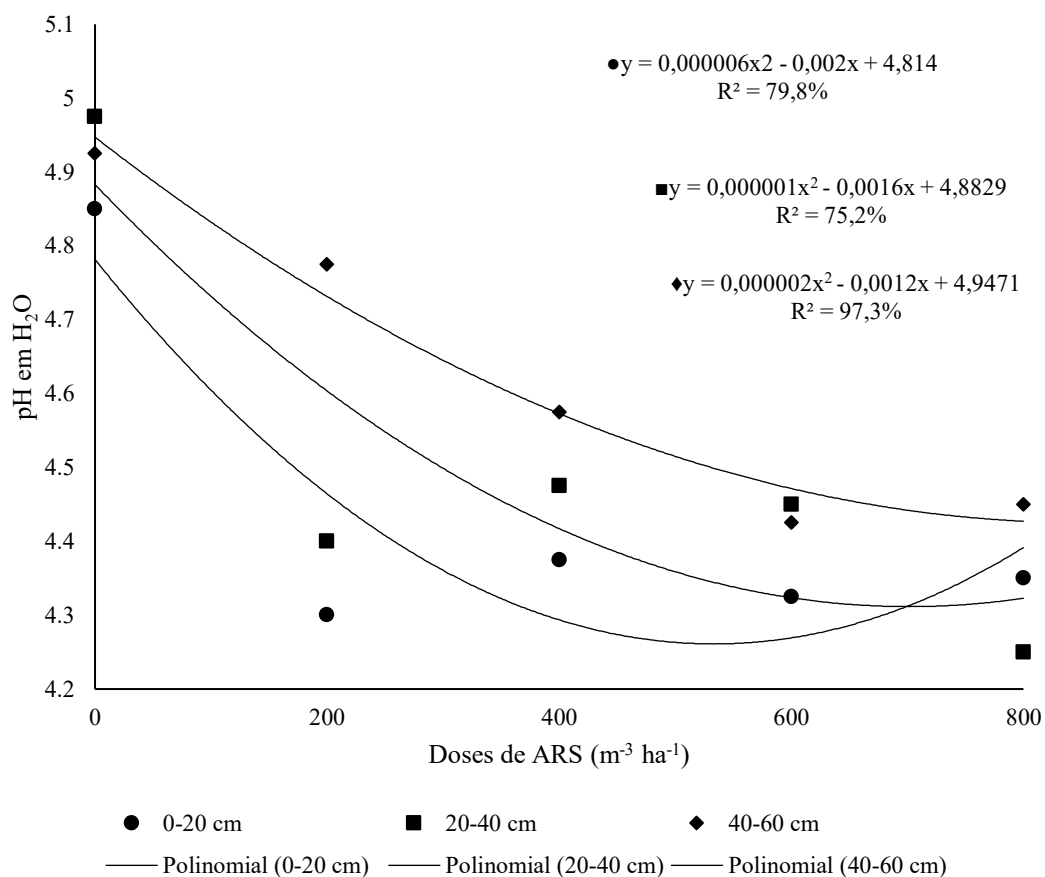
Figura 4 - Média dos teores de Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo com cultivo de *Urochloa decumbens* após 4 anos consecutivos de aplicação de água residuária de suínos (ARS).



Com relação a acidez ativa, observou-se (Figura 5), que houve redução nos teores observados, em todas as profundidades avaliadas. A redução ocorreu de forma decrescente conforme houve o aumento das doses. As profundidades que apresentaram a menor redução foram na camada mais profunda e a camada mais superficial a que apresentou as maiores reduções. Esse fato deve-se a aplicação ser realizada em superfície, onde os efeitos são os mais elevados. Outro fator importante é a média do teor de sódio do resíduo, 400 mg/L, que também compete pelo mesmo sítio de absorção do H, por também ter o comportamento monovalente.

Deve-se observar a possibilidade de correção do solo, em função dos teores estarem muito baixos de acordo com a CFSEMG (1999), podendo comprometer a produtividade da forrageira, mesmo que essa apresente tolerância a acidez.

Figura 5 - Média dos valores de pH em H₂O no solo com cultivo de *Urochloa decumbens* após 4 anos consecutivos de aplicação de água residuária de suínos (ARS) em diferentes profundidades.



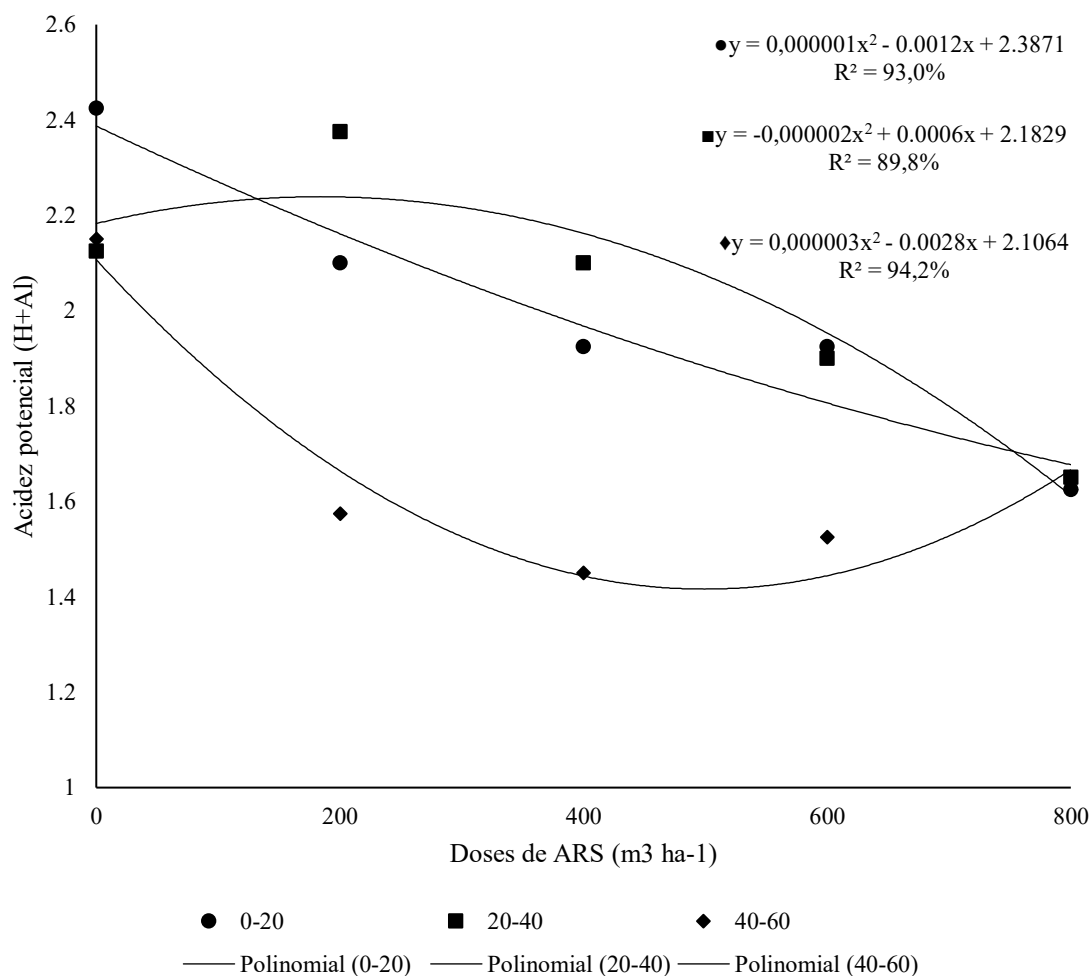
O comportamento observado neste experimento é diferente dos observados em áreas sem revolvimento constante de solo, como em pastagens e em sistemas de plantio direto, pois as camadas mais profundas são as mais difíceis de correção e tendem a apresentar os menores valores de pH. De acordo com Miyazawa et al., (1993), os materiais vegetais, mantidos na superfície do solo, podem exercer efeitos positivos sobre a acidez, aumentando o pH e reduzindo o teor de Al. A redução do teor de Al está associada com o aumento do pH e complexação orgânica que também é favorecida pelo maior teor de matéria orgânica e a maior concentração de nutrientes na superfície do solo, no sistema plantio direto, são dois fatores que alteram o comportamento do Al em solução.

A correção da acidez de subsolos pela calagem na superfície em tal sistema de cultivo tem sido atribuída não só à formação e movimentação descendente de Ca (HCO₃)₂ e Mg (HCO₃)₂ para camadas mais profundas de solo (Costa, 2000), mas também ao deslocamento mecânico de partículas de calcário por meio de canais formados por raízes mortas, mantidos intactos em razão da ausência de preparo do solo e ao manejo de resíduos orgânicos de plantas

(FIGUEIREDO, 2016). Além disso, promove também a diminuição dos riscos de encrostamento superficial e de alteração no pH do solo (BAUMGARNTER et al., 2007).

Na acidez potencial (Figura 6), o comportamento foi diferente dependendo da profundidade avaliada. Sendo de 0-20 cm, observou-se um comportamento quadrático decrescente, em função do aumento da dosagem aplicada, indicando que quanto maior a dosagem aplicada, menos CTC vai ser desbloqueada em função da correção de solo. De maneira geral, nas demais profundidades o comportamento foi similar, porém foi menos pronunciado, com redução somente a partir da dosagem de 400 m³ ha⁻¹, as menores profundidades 40- 60 cm, onde foi observado os menores teores de acidez potencial.

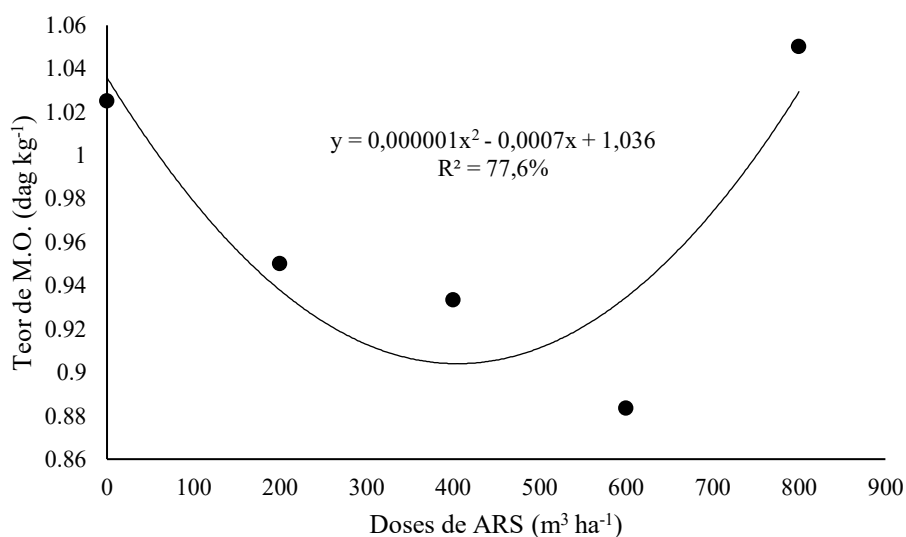
Figura 6 - Média da acidez potencial no solo com cultivo de *Urochloa decumbens* após 4 anos consecutivos de aplicação de água residuária de suínos (ARS) em diferentes profundidades.



Em relação aos teores de MO, somente as doses influenciaram seus valores, sendo decrescente até a dose de 350m³ ha⁻¹ ano⁻¹, após essa dose esses valores tenderam a crescer. As maiores concentrações ocorreram na dosagem 0 e 800 m³ ha⁻¹, mas com teores considerados

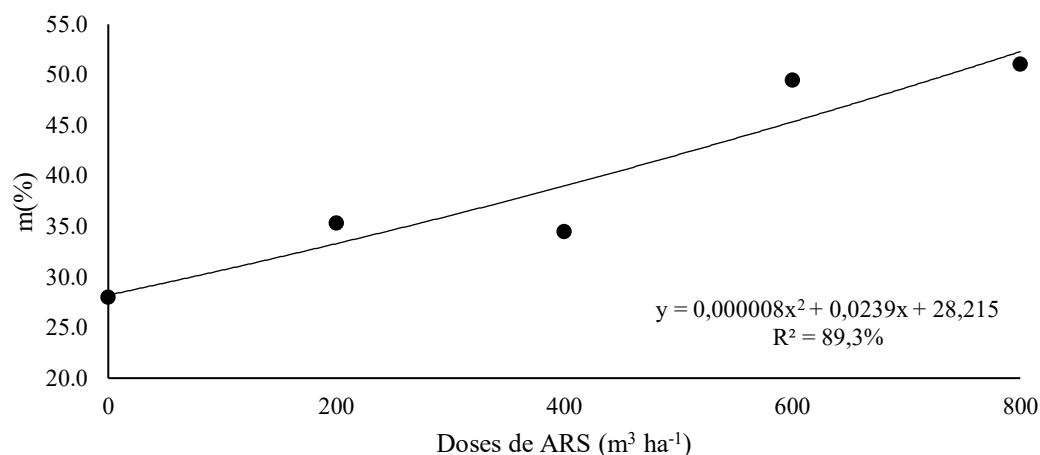
baixos de aproximadamente $1,09 \text{ dag kg}^{-1}$, e nas demais dosagens de $0,92$ a $0,88 \text{ dag kg}^{-1}$. Esse comportamento demonstra que apesar de significativa a alteração, na prática trata-se de uma mesma faixa de classificação agrônômica de acordo com a CFSEMG (1999), em que os teores se encontram baixo. A ARS não apresenta elevada concentração de MO, sendo esse valor no resíduo inferior a 3% de sólidos totais. Prior et al. (2015) relatou que a matéria orgânica eleva a capacidade de troca catiônica e melhora a estruturação do solo, com o aumento de sua porosidade, o que proporciona aumento da taxa de infiltração e do armazenamento de água no solo. Essas características são inerentes ao aumento de MO no solo, e em seu experimento com ARS observou aumento da concentração de MO em solo cultivado com milho.

Figura 7 - Média dos teores de matéria orgânica (MO) (dag kg^{-1}) no solo com cultivo de *Urochloa decumbens* após 4 anos consecutivos de aplicação de água residuária de suínos (ARS).



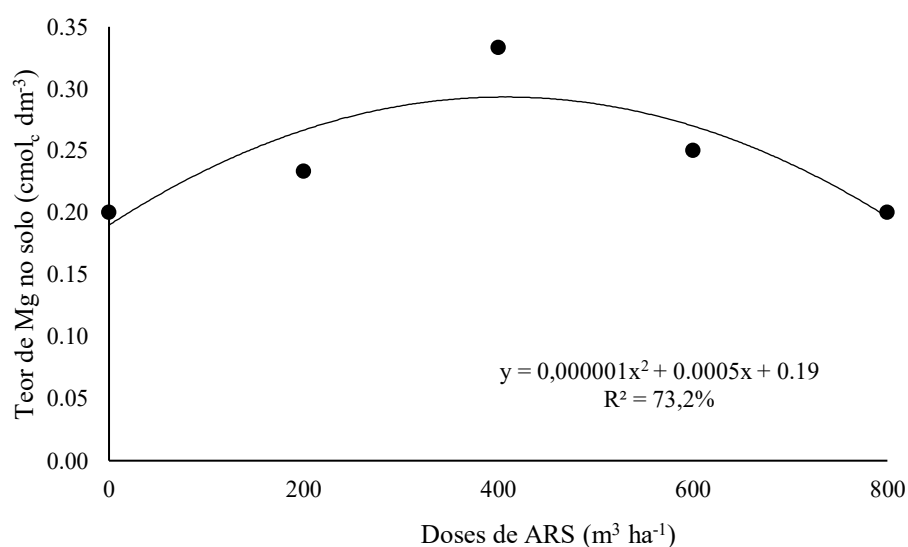
O comportamento da saturação por alumínio (m), foi linear e crescente, independente da profundidade, as doses influenciaram com aumento da acidez na CTC do solo em função das doses aumentadas de 5% na dosagem de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ a 52% na dosagem de $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Esse comportamento demonstra que mais de 52% da CTC do solo está ocupada por componentes da acidez, que influenciam negativamente a produtividade da cultura.

Figura 8 - Média do percentual de saturação por alumínio (m) no solo com cultivo de *Urochloa decumbens* após 4 anos consecutivos de aplicação de água residuária de suínos (ARS).



Em relação aos teores de Mg no solo (Figura 9), observa-se um comportamento quadrático, em que a dose de 250 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ promoveu o maior valor, e após essa dose a tendência foi a redução. Com os teores variando de 0,20 a 0,33 cmol_c dm⁻³, teor considerado baixo de acordo com a CFSEMG (1999).

Figura 9 - Média do teor de Mg (cmol_c dm⁻³) no solo com cultivo de *Urochloa decumbens* após 4 anos consecutivos de aplicação de água residuária de suínos (ARS).



5 CONCLUSÃO

A aplicação de ARS influencia os atributos de solo e sua aplicação por 4 anos no cultivo de *U. decumbens*, alterou a acidez do solo, com redução do pH, aumento de saturação por alumínio, e não incrementou a níveis satisfatórios as bases.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, A.F.L. **Mecânica dos solos**. Aula de Investigação do subsolo, Núcleo de Tecnologia do Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste, 2013. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/slides-da-aula-de-solos/4578947/>. Acesso em: 14 Ago. 2020.

BACKES, C. et al. Taxa de cobertura verde e exportação de macronutrientes pelo capim Marandu em função da aplicação de gesso. **Archivos de Zootecnia**, v. 67, n. 258, p. 234-242, 2018. Disponível em: <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/3659/2254>. Acesso em: 15 Ago. 2020.

BERNARDES, R.F.B. **Água residuária de suínos em um sistema agroflorestal**: Atributos químicos e translocação de nutrientes no solo. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19844/1/AguaResiduariaSuinosSistema.pdf>. Acesso em: 14 Ago. 2020.

CAMARGO, M.S. et al. Fósforo em solos de cerrado submetidos à calagem. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, p. 187-194, 2010. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7055/4677>. Acesso em: 15 Ago. 2020.

CARVALHO, J.J. **Biofertilização da cultura forrageira *Brachiaria brizantha* cv. marandu com utilização de diferentes composições de água residuária de frigorífico de abate de bovinos no bioma Cerrado**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Tocantins, Palmas, TO, 2018. Disponível em: <http://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/1065/1/Joaquim%20Jos%c3%a9%20de%20Carvalho%20-%20Tese.pdf>. Acesso em: 18 Ago. 2020.

CONDÉ, M.S. et al. Influência da aplicação de águas residuárias de criatórios de animais no solo: atributos químicos e físicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.2, n.1, p.99-106, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2662/1146>. Acesso em: 14 Ago. 2020.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015, 13p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042994/1/Doc206.pdf>. Acesso em: 14 Ago. 2020.

FIGUEIREDO, Y.C. **A fertilidade do solo no cerrado: os pioneiros da pesquisa e o papel da cooperação internacional**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2016. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/14913/1/2016_YanCovolanFigueiredo_tcc.pdf. Acesso em: 14 Ago. 2020.

MARTUSCELLO, J.A. et al. Morfogênese e estrutura do capim-braquiária em sistema de integração agricultura e pecuária. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 15, n. 1, p. 33-42, 2017. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/revistacienciaagricola/article/view/2537/2639>. Acesso em: 18 Ago. 2020.

PEREIRA, M. R. R. et al. Densidades de plantas de *Urochloa decumbens* em convivência com *Corymbia citriodora*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1803-1812, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/42623/WOS000297942600015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 Ago. 2020.

_____. Influência do estresse hídrico e salino na germinação de *Urochloa decumbens* e *Urochloa ruziziensis*. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 4, 2012.

SÁ JÚNIOR, A. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado, Engenharia de Água e Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009, 101p.

SCHERER, E.E.; AITA, C. & BALDISSERA, I.T. Avaliação da qualidade do esterco líquido de suíno da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante. Florianópolis, EPAGRI, **Boletim Técnico**, n. 79, 1996. 46p.

SILVA, J.G.D. **Biotecnologia do uso de água residuária doméstica em solo do cerrado no cultivo do capim *Brachiaria brizantha* cv marandu**. Tese de doutorado, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2017. Disponível em: <http://umbu.uft.edu.br/bitstream/11612/356/1/Jos%c3%a9%20Geraldo%20Devalux%20Silva%20-%20Tese.pdf>. Acesso em: 15 Ago. 2020.

SILVA, J.G.D. et al. Fertirrigação no cultivo de capim e a diversidade microbiana do solo do Cerrado antes e após a produção de biomassa vegetal. **Revista Singular**, n. 1, 2019. Disponível em: <http://ulbra-to.br/singular/index.php/SingularETG/article/view/61/28>. Acesso em: 15 Ago. 2020.

TOWNSEND, C. R. et al. Resposta de pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a diferentes níveis e frequências de fertilização do solo. **Comunicado técnico 363**, Embrapa, Rondônia, RO, 2010.

VALLE, C.B.; JANK, L.; RESENDE, M.S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009.

WENZL, P. et al. The high level of aluminum resistance in signalgrass is not associated with known mechanisms of external aluminum detoxification in root apices. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 125, n. 3, p.1473–1484, 2001.