

DISPERSÃO DA ARGILA PROVOCADA PELA FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE CRIATÓRIOS DE ANIMAIS¹

Bruno Grossi Costa Homem², Onofre Barroca de Almeida Neto³, Alberto Magno Ferreira Santiago⁴,
Gustavo Henrique de Souza⁵

RESUMO – Objetivou-se com o experimento avaliar a ocorrência de dispersão de argila em solo predominante na região de Rio Pomba, pela aplicação indiscriminada das águas residuárias de criatórios de bovinos, suínos e coelhos. As amostras de solo foram coletadas no horizonte B de um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA). O trabalho consistiu na realização de dois experimentos, o primeiro com a incubação do solo em vasos, por 20 dias, com doses de 72 mm das águas residuárias, no segundo foi realizada a aplicação das mesmas águas residuárias no LVA acondicionado em permeâmetros de coluna vertical e carga constante. Neste caso, as águas residuárias foram aplicadas até que a condutividade elétrica (CE) no efluente das colunas se aproximou da CE do afluente. Todos os tratamentos foram conduzidos com três repetições, dispostos em delineamento inteiramente casualizado. No primeiro experimento, os valores de Argila Dispersa em Água (ADA) não diferiram estatisticamente entre si, encontrando-se valores variando de 37 a 40%. Resultado semelhante foi encontrado no segundo experimento, em que os valores de ADA com a aplicação das diferentes águas residuárias, não diferiram estatisticamente entre si, porém com valores menores, em torno de 29 a 32%. O índice de dispersão e floculação entre as águas residuárias foi semelhante, contudo ocorrendo diferença entre os experimentos, sendo 61% e 39% para o primeiro experimento e 48% e 52% para o segundo experimento. Essas águas não apresentaram nenhuma restrição quanto ao seu uso na irrigação, contudo quando se pratica sucessivas irrigações ao longo do tempo, sem acompanhamento agrônomo especializado, podem propiciar o acúmulo de compostos dispersantes na solução do solo, afetando sua estrutura.

Palavras-chave: Dejetos de animais, efluentes, estrutura do solo, física do solo.

DISPERSION OF CLAY CAUSED BY FERTIRRIGATION WITH ANIMAL WASTEWATER

ABSTRACT – *The objective of the experiment was to evaluate the dispersion of clay in soil prevalent in the area of Rio Pomba/MG, by indiscriminate application of wastewater of breeding of cattle, pigs and rabbits. Soil samples were collected in the B horizon of an Oxisol. The work consisted of two experiments, one with soil incubation in pots for 20 days at doses of 72 mm of wastewater, and the second was realized by the application of the same wastewater in the soil placed in a permeameter of vertical column with constant load. In this case, the wastewater was applied until the electrical conductivity (EC) in the effluent of the columns approached the EC of the effluent. All treatments were conducted with three repetitions in a completely randomized design. In the first experiment the values of water dispersible clay (WDC) did not differ significantly, ranging from 37 to 40%. In the second experiment the values of WDC did not differ statistically, and were smaller,*

¹ Parte do Trabalho de Iniciação Científica do primeiro autor, financiado pelo CNPq.

² Estudante de Zootecnia, IF Sudeste MG - Campus Rio Pomba, grossizoo@hotmail.com

³ Professor Doutor do Departamento de Agricultura e Ambiente do IF Sudeste MG - Campus Rio Pomba, onofre.neto@ifsudestemg.edu.br

⁴ Professor Mestre do Departamento de Zootecnia do IF Sudeste MG - Campus Rio Pomba, alberto.santiago@ifsudestemg.edu.br

⁵ Professor Doutor do Departamento de Zootecnia do IF Sudeste MG - Campus Rio Pomba, gustavo.souza@ifsudestemg.edu.br



around 29-32%. The index of dispersion and flocculation of the wastewater was similar, differences occurring between the experiments, 61% and 39% for the first experiment and 48% and 52% for the second experiment. However, these waters do not present any restriction on its use in irrigation, but when practicing successive irrigations over time without specialized monitoring agronomic, can promote the accumulation of dispersant compounds in soil solution, affecting its structure.

Key Words: : Animal wastes, effluents, soil physics, soil structure.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as águas residuárias passaram a receber bastante atenção por parte dos governos e da comunidade científica, devido às possibilidades de seu aproveitamento em áreas agrícolas, minimizando-se, com isso, a poluição de corpos hídricos. O interesse decorre do alto custo dos fertilizantes químicos, que limita seu uso pelos agricultores familiares, e a pressão social por uma agricultura sustentável, na qual a reciclagem de nutrientes dentro da propriedade contribua não somente para a redução dos custos, mas também para a redução da poluição ambiental (Gomes Filho et al., 2001).

A criação de animais em regime extensivo permite que seus dejetos sejam distribuídos de forma dispersa no solo, não causando maiores problemas de poluição. Contudo, quando os animais são criados intensivamente (confinados), mesmo durante curto período de tempo, os dejetos são produzidos de forma concentrada, necessitando de tratamento e disposição final adequada, para que a contaminação e a poluição sejam minimizadas (Moraes, 2000).

Quando as águas residuárias de criatórios de animais são, no entanto, aplicadas de forma indiscriminada na agricultura, sem critérios agrônômicos para definição das doses de aplicação, as principais alterações previstas são salinização do solo, risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas e possíveis alterações na dinâmica da água no meio. Essa tendência de dispersão dos agregados do solo, provocando a sua desestruturação, é um fenômeno que pode ocorrer naturalmente ou por ação antrópica (Almeida Neto et al., 2007).

Segundo Freire (2001), a prática da irrigação pode alterar as relações entre os diversos cátions presentes no solo. Para Veloso (1991), a alta concentração de Na^+ no solo e o tipo de água de irrigação podem trazer eventuais deteriorações da estrutura do solo, afetando

o sistema de poros e contribuindo para alterações na infiltração e condutividade hidráulica.

Dentre os fatores diretamente associados à dispersão da argila do solo estão a Relação de Adsorção de Sódio (RAS) e a Condutividade Elétrica (CE) da água de irrigação. Para Sposito & Mattigod (1977), a RAS é a primeira característica a ser considerada para se avaliar o possível risco de sodicidade do solo, proporcionada pela água de irrigação. A RAS da água é uma indicadora dos possíveis problemas de infiltração que um solo poderá apresentar como resultado do excesso de sódio em relação ao cálcio e o magnésio.

Por conseguinte, a quantificação da RAS é de extrema importância para a avaliação da maioria das águas utilizadas na agricultura irrigada (Ayers & Westcot, 1991). Já a CE é a medida da capacidade de transportar corrente elétrica que uma solução aquosa apresenta. Esta capacidade depende da presença de íons, de sua concentração total, da mobilidade e da temperatura (Greenberg et al., 1992). A água contendo poucos íons, ou seja, com baixa CE, pode agravar o problema de infiltração, pela expansão e dispersão dos minerais e da matéria orgânica do solo e, ainda, pela capacidade de dissolver e remover o Ca^{2+} (Maia et al., 1998).

Devido a esses aspectos, é de extrema importância a caracterização das águas residuárias, tanto para se verificar sua composição química quanto para que se possa definir que quantidade aplicar sem acarretar nenhum problema ao sistema solo-planta. As doses de aplicação de águas residuárias na agricultura devem ser definidas quando se toma o elemento químico contido em maior concentração relativa, o que define a dose agronomicamente recomendável (Matos, 2008).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o risco de dispersão de argila de amostras de um Latossolo Vermelho-Amarelo, em decorrência da aplicação de altas doses de águas residuárias provenientes de criatórios de bovinos, suínos e coelhos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras do solo foram coletadas no horizonte B de um Latossolo Vermelho-Amarelo, do município de Rio Pomba, MG, em área do Instituto Federal Sudeste - MG, Campus Rio Pomba. Estas amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de malha para caracterização física (Tabela 1) e química do solo (Tabela 2).

As análises físicas compreenderam a determinação de textura (Ruiz, 2005), massa específica de partículas do solo (Embrapa, 1997) e Argila Dispersa em Água (Donagemma, 2003). As análises químicas compreenderam a determinação de pH em água, cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+), acidez trocável (Al^{3+}), acidez total (H + Al), teor de matéria orgânica e fósforo disponível e remanescente. O cálcio trocável e parte do não trocável foram obtidos com a utilização dos extratores Mehlich 1 e HCl 1 molL⁻¹, a quente. As determinações dos teores de potássio e sódio foram feitas por fotometria de chama (Matos, 1995), as de cálcio e magnésio por titulação (Macêdo, 2003) e as de acidez trocável e potencial por titulometria (Matos, 1995). Os valores de Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (T), Saturação por Bases (V) e Saturação por Alumínio (m) foram obtidos por meio de cálculos que envolveram os cátions trocáveis

determinados.

As águas residuárias utilizadas no experimento foram provenientes dos setores da Bovinocultura (instalação de alimentação do rebanho), Suinocultura (instalação de terminação dos animais) e Cunicultura (instalação das matrizes). O aspecto que se diferenciou na coleta foi que a água residuária da cunicultura precisou de uma lona em formato de funil, para que seus dejetos desembocassem em um tambor, pelo fato desses animais serem criados em gaiolas. Essa lona ficou fixada nas gaiolas por uma semana, sendo lavada duas vezes ao dia com água destilada, utilizando-se 5 litros de água por lavagem, até completar o volume desejado de água residuária para o experimento. Após a coleta, essas águas residuárias foram passadas em peneiras de malha de 2 mm, simulando-se um pré-tratamento para retirada de sólidos grosseiros e foram armazenadas em tambores de 80 litros, por 60 dias.

Depois de coletadas, foram retiradas amostras destas águas residuárias para se proceder às seguintes análises: pH, nitrogênio total, dureza, Demanda Química de Oxigênio, concentração de cálcio, magnésio, potássio e sólidos (totais, sedimentáveis, fixos, voláteis, em suspensão e dissolvidos) nas águas, de acordo com Macêdo (2003). A condutividade elétrica na água foi

Tabela 1 - Caracterização física da amostra de Latossolo Vermelho-Amarelo

Solo	Fração				ADA	Densidade de Partículas	Densidade do solo	Umidade residual
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				
LVA	dag kg ⁻¹					%	gcm ⁻³	gcm ⁻³ g
	14	12	10	64	0	0,7407	1,0	0,0272

Sendo: ADA: argila dispersa em água.

Tabela 2 - Caracterização química da amostra de Latossolo Vermelho-Amarelo

pH _{H2O}	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al
5,5	1,1	10	0,0	1,50	0,50	0,3	6,3
SB	(t)	(T)	V	m	ISNa	MO	P-rem
	cmolc dm ⁻³			%		dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹
2,03	2,33	8,33	24,4	12,9	0,00	1,21	5,4

Sendo: pH em água, P: Na: K: Extrator Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺: Extrator KCl 1 molL⁻¹; H+Al: extrator acetato de cálcio 0,5 molL⁻¹ pH 7,0; SB: soma de bases trocáveis; CTC (t): capacidade de troca catiônica efetiva; CTC (T): capacidade de troca catiônica; V: índice de saturação por bases; m: índice de saturação por alumínio; ISNa: índice de saturação por sódio; matéria orgânica (MO): pH 7,0, C. Org. x 1,724: Walkley-Black; P-rem: fósforo remanescente.



determinada usando-se condutivímetro. Já a RAS foi determinada com base em cálculos dosando-se o cálcio e o magnésio por titulação (Macêdo, 2003) e o sódio por fotometria de chama (APHA, 1995). Na Tabela 3 está apresentada a caracterização física e química das águas residuárias.

Para avaliação de possíveis alterações físicas nos materiais de solo, consequentes às aplicações das águas residuárias, foram realizados dois experimentos. No primeiro, foi efetuada a incubação, durante 20 dias, dos materiais de solo em vasos com capacidade de seis litros, utilizando-se quatro quilos de solo em cada vaso.

O solo foi acondicionado cuidadosamente, homogeneizando-se sua distribuição para evitar a formação de camadas de compactação diferenciada, tentando-se restabelecer a densidade do solo semelhante à medida em amostras indeformadas. Esse experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se as diferentes águas residuárias, com três repetições para cada, e água destilada como testemunha, sendo que a lâmina de aplicação foi idêntica para todas as águas e igual a 72 mm. Esta lâmina foi estabelecida levando-se em consideração a área do vaso de 39.000 mm² (o vaso tem a forma de tronco de uma pirâmide), e de forma que o volume de efluente colocado promovesse a saturação do solo e permanecesse 10 mm acima da superfície do mesmo durante os dias de incubação, para a avaliação posterior do grau de dispersão que as águas residuárias provocariam. Calculou-se a quantidade de nutrientes por hectare fornecido ao solo,

tendo-se como base a caracterização das diferentes águas residuárias e a lâmina de aplicação de 72 mm que corresponde a 72 litros por cada metro quadrado, o que proporcionou a aplicação de 469 kg ha⁻¹ de Ntotal, 135 kg ha⁻¹ de Ca; 14 kg ha⁻¹ de Mg, 101 kg ha⁻¹ de Na e 302 kg ha⁻¹ de K de água residuária de suinocultura; 303 kg ha⁻¹ de Ntotal, 76 kg ha⁻¹ de Ca, 44 kg ha⁻¹ de Mg, 36 kg ha⁻¹ de Na e 291 kg ha⁻¹ de K de água residuária de bovinocultura e 786 kg ha⁻¹ de Ntotal, 67 kg ha⁻¹ de Ca, 28 kg ha⁻¹ de Mg, 126 kg ha⁻¹ de Na e 377 kg ha⁻¹ de K de água residuária da cunicultura. Durante o período de incubação, os vasos foram cobertos com sacos plásticos, para evitar perdas de água por evaporação, assim o solo se manteve úmido. Depois de decorrido o tempo de incubação, foram coletadas de cada recipiente amostras de solo na camada de 0 - 10 cm, colocadas para secar ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm, analisando-se o teor de argila dispersa em água (ADA), conforme Donagemma (2003), o índice de dispersão (ID) e o índice de floculação (IF) conforme Ruiz (2004). As médias obtidas da ADA foram submetidas ao teste Tukey em nível de 1% de probabilidade, por intermédio do programa SISVAR.

No segundo experimento, as águas residuárias foram aplicadas em colunas de solo de 15 cm de comprimento, condicionados em segmentos de tubo de PVC de 5 cm de diâmetro (diâmetro interno do tubo igual a 4,8 cm) e 20 cm de comprimento, fechados na parte inferior com tela plástica de alta permeabilidade (sombrite), forrada com pedaços de algodão. As colunas de PVC tiveram, previamente, sua superfície interna

Tabela 3 - Características das águas residuárias da bovinocultura (ARB), suinocultura (ARS) e cunicultura (ARC)

Água Residuária	pH	N-Total		Ca ²⁺	Mg ²⁺	DQO	CE	RAS
		mg L ⁻¹	Dureza Total mg L ⁻¹ de CaCO ₃					
ARS	7,86	652	548	187	19,6	6.000	5,89	2,60
ARB	8,49	421	477	105,5	61,4	13.000	2,52	0,95
ARC	8,21	1.092	396	93,4	39,3	31.000	4,72	3,82

Água Residuária	Na ⁺	K ⁺	SS	ST	SF	SV	SST	SDT
ARS	140	419,5	1,2	3.430	1.350	2.080	266	3.164
ARB	50	404,5	45	4.975	352	4.623	12	4.963
ARC	175	524	25	8.910	3.070	5.840	3.022	5.888

Sendo: N-Total: nitrogênio total; Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; DQO: demanda química de oxigênio; CE: condutividade elétrica; RAS: relação de adsorção de sódio; Na⁺: sódio; K⁺: potássio; SS: sólidos sedimentáveis; ST: sólidos totais; SF: sólidos fixos; SV: sólidos voláteis; SST: sólidos suspensos totais; SDT: sólidos dissolvidos totais.

carregada com aplicação de cola de PVC que foi impregnada com areia lavada.

O solo foi acondicionado cuidadosamente, homogeneizando-se sua distribuição para se evitar a formação de camadas de compactação diferenciada, tentando-se restabelecer semelhante densidade do solo medida em amostras indeformadas. Na parte superior da coluna, foi colocado outro pedaço de algodão, para evitar a ocorrência de distúrbios na superfície do solo quando da aplicação das diferentes águas residuárias (Tabela 4).

Esse experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se as diferentes águas residuárias de criatórios de animais, com três repetições para cada e utilizando-se água destilada como testemunha. Triplicatas das colunas de solo foram colocadas para saturar dentro de bandejas plásticas, contendo a solução saturante, conforme o tratamento (águas residuárias e água destilada) até uma altura correspondente a dois terços da altura da amostra de solo (10 cm) e, assim, permaneceram por 72 horas (Ferreira, 1999), de forma a possibilitar o enchimento dos poros do solo por capilaridade. Posteriormente, foram montados os permeâmetros de coluna vertical e carga constante (Ferreira, 1999).

As águas residuárias foram aplicadas nas colunas utilizando-se o sistema “frasco de Mariotte” para manutenção de carga hidráulica constante (Ferreira, 1999) e manutenção do escoamento sob condições de saturação. A carga hidrostática foi constituída por uma lâmina de 1 cm sobre a superfície do solo. A aplicação do afluente foi mantida até o momento em que a CE da suspensão efluente (percolado) tornou-se próxima à da suspensão afluente (aplicada). Posteriormente, as colunas foram saturadas novamente com as águas residuárias respectivas a cada tratamento por, no mínimo, mais 24 horas, para garantir o equilíbrio entre a solução da coluna de solo e a de saturação (adaptado de Freire et al., 2003). Nos ensaios realizados em permeâmetros, dados de volume de percolado e tempo foram coletados para quantificar a condutividade hidráulica em solo saturado.

Tabela 4 - Características gerais da coluna de solo

Solo	Densidade do solo gcm ⁻³	Volume da coluna cm ³	Massa de solo g
LVA	1,0	271,43	271,43

Por fim, as amostras foram retiradas das colunas dos permeâmetros, colocadas para secar ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm, analisando-se a ADA (X_{ADA}) em kg kg⁻¹, conforme Donagemma (2003). O índice de dispersão (ID) e o índice de floculação (IF) foram obtidos conforme Ruiz, (2004). As médias obtidas da ADA foram submetidas ao teste Tukey em nível de 1% de probabilidade, por intermédio do programa SISVAR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos no primeiro experimento. Os valores de ADA no LVA não variaram com o tipo de água residuária aplicada, mas diferiram do que foi obtido no solo testemunha. Os valores de RAS e da CE das águas residuárias diferiram estatisticamente entre si, demonstrando que as águas de criatórios de animais apresentam diferentes concentrações dos cátions referentes ao cálculo da RAS (Ca²⁺, Mg²⁺ e Na⁺) e diferentes teores de salinidade.

É oportuno o controle criterioso da água utilizada, principalmente quando apresenta baixa (CE) e elevada (RAS), o que favorece a dispersão dos coloides. A água com salinidade inferior a 0,5 dS m⁻¹ e, particularmente abaixo de 0,2 dS m⁻¹, tende a lixiviar os sais e minerais solúveis, incluindo os de cálcio, reduzindo sua influência positiva sobre a estabilidade dos agregados e a estrutura do solo. As partículas finas de um solo assim dispersado obstruem o seu espaço poroso, reduzindo acentuadamente a infiltração da água nesse meio e, com isso, a quantidade de água disponível para as culturas, além de poder formar crostas superficiais, proporcionando problemas na germinação de sementes e emergência de plântulas (Almeida Neto et al., 2010).

Um incremento nos valores da RAS e da CE, nesse experimento, não alterou significativamente os valores

Tabela 5 - Médias dos valores de ADA, RAS e CE, das diferentes águas residuárias

Tratamentos	ADA	RAS	CE
TEST.	0 b	0,00 d	0,32 d
ARS	40 a	2,60 b	5,69 a
ARB	37 a	0,96 c	2,30 c
ARC	39 a	3,82 a	3,65 b
CV (%)	8,24	1,95	7,58

Médias seguidas de mesma letra não diferem (P>0,01) pelo teste Tukey.
CV = coeficiente de variação.



da ADA. Ayers & Westcot (1991) afirmaram que tanto a RAS quanto a CE da água aplicada têm forte influência na dispersão de argila do solo e, por isso, devem ser analisadas conjuntamente para que se possam tirar conclusões sobre o risco de diminuição da permeabilidade do solo. Freire (2001), trabalhando com nove solos do estado de Pernambuco, verificou que, de forma geral, a ADA aumentou com o incremento da RAS da solução de trabalho, sem apresentar diferenças marcantes com relação à CE.

Como a RAS das águas residuárias utilizadas é baixa e a condutividade elétrica é alta, o risco de essas águas residuárias provocarem dispersão de argila, por razões físico-químicas, pode ser considerado baixo (Ayers & Westcot, 1991). O aumento da ADA pode ter sido, então, ocasionado pelo longo tempo (20 dias) em que o material de solo ficou submetido a condições de saturação com as águas residuárias. Sabe-se que, em ambiente redutor, um importante agente de cimentação das partículas, que são os oxihidróxidos de ferro, deixa de existir, aumentando a dispersão do material do solo e, conseqüentemente, a ADA. Dessa forma, os resultados foram influenciados pela forma como foi conduzido o experimento.

As águas residuárias de criatórios de animais apresentam concentrações elevadas de sódio. Com a saturação do solo neste experimento com as respectivas águas residuárias, uma das hipóteses é que tenha ocorrido o acúmulo de sódio na solução do solo. Dessa forma, a solução do solo quando excessivamente sódica promove a desagregação e dispersão dos minerais de argila em partículas muito pequenas, que obstruem os poros do solo (Matos, 2001).

Assim, Mancino & Pepper (1992) e Speir et al. (1999) afirmam que a magnitude dos impactos, principalmente do sódio sobre as propriedades do solo, é dependente das quantidades e frequências das precipitações ou aplicações, de forma a promover a lixiviação deste cátion, para que não se acumule na solução do solo e posteriormente possa causar o fenômeno de dispersão de argila.

Os índices de dispersão do LVA com aplicação das águas residuárias foram semelhantes, estando por volta de 61%, mostrando-se um valor bem elevado, ou seja, mais da metade da argila do solo foi dispersa. Os índices de floculação do solo, com a aplicação das águas residuárias, também foram semelhantes, obtendo-

se um valor médio de 39%. Dessa forma, verificamos que a aplicação excessiva destes efluentes ao solo poderá promover o fenômeno de dispersão de argila. Caso estivesse plantada alguma cultura neste solo, seu desenvolvimento provavelmente seria comprometido, pelo fato de que a dispersão dos minerais de argila em partículas muito pequenas obstrui os poros do solo (Ayers & Westcot, 1991; Lal & Stewart, 1994). A consequência direta é a redução da infiltração, com isso a água de irrigação não consegue atravessar a superfície do solo em taxa suficiente para permitir a renovação da água consumida pelas culturas, originando um déficit hídrico que resultará em perda de produtividade da cultura.

No segundo experimento, utilizando-se as colunas de solo, observou-se que os valores de ADA, entre as diferentes águas residuárias, não diferiram estatisticamente entre si, e sim com a testemunha (Tabela 6), confirmando a mesma afirmação levantada no primeiro experimento, de que as águas residuárias de criatórios de animais se assemelham nesse distúrbio causado ao solo. Nota-se que os valores de ADA foram um pouco menores do que os encontrados no primeiro experimento, devido ao fato de que no primeiro experimento o solo ficou por muito mais tempo em contato com as águas residuárias, por ter sido incubado por vinte dias. Contudo, Almeida Neto et al. (2009), estudando a ADA em função da aplicação de soluções de percolação, com seis valores de CE e cinco valores de RAS, não verificaram nenhuma dispersividade de um LVA, relatando que isto pode estar relacionado ao tipo de cátion presente em grande concentração no complexo de troca deste solo.

Apesar de os resultados destes dois experimentos apresentarem ADA por volta de 30 à 40%, de acordo com as diretrizes referentes aos problemas de infiltração que resultam diretamente de mudanças desfavoráveis

Tabela 6 - Médias dos valores de ADA, RAS e CE, das diferentes águas residuárias

Tratamentos	ADA	RAS	CE
TEST	0,0 b	0,00 d	0,32 d
ARS	32 a	2,60 b	5,69 a
ARB	31 a	0,96 c	2,30 c
ARC	29 a	3,82 a	3,65 b
CV (%)	11,76	1,95	7,58

Médias seguidas de mesma letra não diferem ($P>0,01$) pelo teste Tukey.

CV = coeficiente de variação.

nas características químicas do solo, provocadas pela qualidade da água das irrigações, incluindo tanto a salinidade como sua proporção relativa de sódio, propostas por Ayers & Westcot (1991), os efluentes de criatórios de animais utilizados neste experimento não apresentam nenhum grau de restrição quanto ao seu uso na irrigação. De acordo com esses mesmos autores, demonstrando em um diagrama os riscos de redução na infiltração da água no solo por efeito da salinidade (CEa), como da relação de adsorção de sódio (RAS) da água, esses efluentes não apresentaram nenhum grau de redução da infiltração da água no solo; esses dois resultados foram obtidos pelo fato destes efluentes de criatórios de animais apresentarem CE alta e RAS baixa, mostrando que a dispersão de argila causado a este Latossolo Vermelho-Amarelo foi provocada pelo tratamento que foi imposto ao solo, coisa que seria pouco provável no campo, como a saturação de um solo pela aplicação de um efluente. Entretanto Erthal et al. (2010), avaliando alterações químicas e físicas de um Argissolo em duas camadas (0 - 10 cm e 10 - 25 cm), através da aplicação de água residuária de bovinos, sendo que esse efluente apresentava-se com CE alta e RAS baixa, semelhantes às encontradas neste experimento, verificaram a ocorrência de dispersão de argila do solo, por volta de 40%, sendo os valores de ADA na camada superficial (0 - 10 cm) maiores e com tendência de aumento com o tempo; este fato pode ser devido sobretudo ao efeito acumulativo de sódio e potássio nesta camada, pois esses elementos são considerados dispersantes e são encontrados em concentrações maiores do que os elementos flocculantes, favorecendo assim a dispersão, e também a impacto das gotas de água sobre a superfície, causando desagregação das partículas do solo. De acordo com Cromer et al. (1984), em geral, as concentrações de sódio e o índice de saturação por sódio (ISNa) são elevadas após a aplicação de águas residuárias, principalmente nas camadas superficiais, proporcionando assim um forte risco de ocorrer dispersão de argila no solo.

As doses aplicadas de águas residuárias neste experimento estariam coerentes com o que se recomenda para culturas perenes, porém estariam muito elevadas para culturas anuais e estariam inadequadas se aplicadas em doses únicas, tendo em vista as perdas de nutrientes que iriam proporcionar. No caso da aplicação de águas residuárias, doses únicas poderiam trazer problemas

de selamento superficial, causado pelo entupimento de macroporos superficiais do solo, além de problemas de salinização, ainda que temporária, se o índice pluviométrico for alto na região, e contaminação de águas subterrâneas.

Cardoso et al. (1992), avaliando o uso intensivo de um Latossolo com lavouras anuais, verificaram redução na espessura do horizonte superficial e nos teores de matéria orgânica e, por conseguinte, aumento no grau de dispersão de argila. Já Machado et al. (2008) afirmam que a redução dos teores de argila da camada arável do solo com as sucessivas lavouras anuais está relacionada à dispersão das partículas de argila e à remoção pela erosão, com permanência seletiva das partículas de areia. Já Montes et al. (2004), trabalhando com a aplicação de água residuária de origem doméstica em um argissolo, verificaram que a dispersão das argilas aumentou com o tempo até 80 cm de profundidade e que este aumento foi mais pronunciado na camada de 0 a 10 cm.

A condutividade hidráulica do solo no segundo experimento, para todas as águas residuárias aplicadas, começou tendo uma pequena elevação, mas, com o passar do tempo da aplicação, a condutividade hidráulica começou a diminuir (Figura 1), diferentemente da

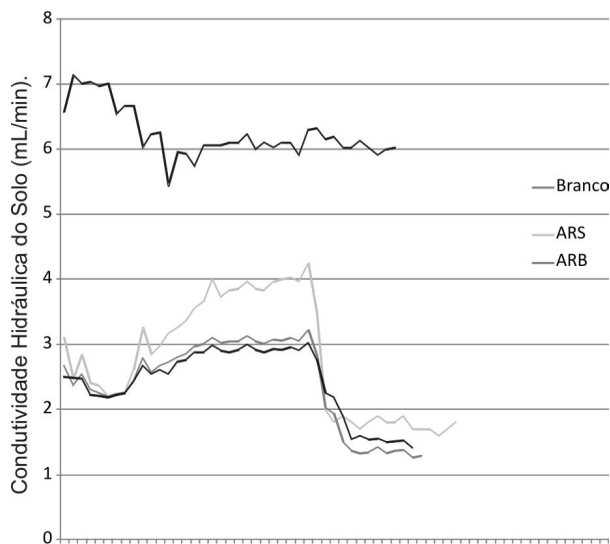


Figura 1 - Valores da condutividade hidráulica do solo em (mL/min), no decorrer das aplicações. Sendo: ARS: água residuária da suinocultura; ARB: água residuária da bovinocultura; ARC: água residuária da cunicultura.



testemunha que teve uma pequena diminuição no início, mas manteve-se constante no decorrer da aplicação. Dentro do observado, nota-se que uma das hipóteses da ocorrência da diminuição da condutividade hidráulica do solo seja a dispersão de argila do solo, pelo fato de que as partículas de um solo assim disperso podem obstruir os espaços porosos, reduzindo acentuadamente a condutividade hidráulica do meio.

De acordo com Erthal et al. (2010), altas concentrações de Na^+ na solução do solo em comparação com o Ca^{2+} e o Mg^{2+} podem causar deterioração da estrutura do solo, pela dispersão dos colóides e subsequentes entupimentos dos macroporos, causando decréscimo na permeabilidade à água e aos gases. Nesse contexto, os acréscimos na concentração de Na^+ e ISNa têm sido apontados como causa, Bond (1998) ou Balks et al. (1998), de alterações na condutividade hidráulica do solo, dependendo da concentração total de sais na solução. Fato também relatado por Gonçalves et al., (2005), descrevendo que o maior efeito do efluente nas propriedades físicas e hidráulicas do solo está relacionado com suas salinidade e sodicidade e pode causar a diminuição da infiltração de água no solo, onde a expansão e a dispersão das argilas mudam a geometria do poro e, portanto, afetam a condutividade hidráulica.

Os índices de dispersão para o LVA com aplicação das águas residuárias neste segundo experimento também se assemelharam, mas estando um pouco abaixo do encontrado no primeiro experimento, por volta de 48%. Os índices de floculação do solo com a aplicação das águas residuárias também foram semelhantes, obtendo-se um valor médio de 52%. Nesse sentido, Fassbender (1984) relatou que a floculação depende do complexo de troca, das características da dupla camada difusa e dos cátions adsorvidos. Assim, de acordo com esse mesmo autor, além da interferência da valência dos cátions na floculação do colóide do solo, a dupla camada difusa tem grande influência sobre os fenômenos de floculação e dispersão.

Um fato que deve ser destacado é que pouco se sabe da utilização da água residuária da cunicultura na agricultura, fato comprovado pela escassez de trabalhos a respeito desta área, diferentemente do que se vê com águas residuárias de suínos, bovinos e cama de frangos, que já possuem muitos trabalhos publicados. Neste trabalho podemos verificar que esse efluente de criatório animal pode ser uma excelente alternativa para a fertilização de lavouras, pelo alto teor de nutrientes encontrados

em suas análises, principalmente o nitrogênio. Mas deve-se levar em conta que, como possui altos teores de nitrogênio e matéria orgânica, também possui um poder poluente muito grande. Se disposto em ribeirões sem se proceder a algum tratamento, esse efluente pode estar contaminando as águas, ocorrendo até um consumo excessivo de oxigênio para a degradação de sua matéria orgânica. O ponto de destaque é que, de acordo com Ayers & Westcot (1991), esse efluente não possui nenhuma restrição quanto ao seu uso na irrigação, entretanto verificou-se que através de sucessivas irrigações e sem um acompanhamento agrônomo poderá causar ao solo o fenômeno de dispersão de argila, o que foi verificado neste experimento, mostrando ser semelhante com os outros efluentes de criatórios de animais estudados neste trabalho.

4. CONCLUSÕES

O LVA apresentou características dispersantes relacionadas com todos os tipos de tratamentos impostos, podendo-se afirmar que, quando aplicadas de forma indiscriminada, estas águas residuárias podem afetar a estrutura do solo.

Foi verificado que os efluentes de criatórios de animais utilizados neste experimento não apresentam nenhuma restrição quanto ao seu uso na irrigação, contudo quando se praticam sucessivas irrigações ao longo do tempo, sem acompanhamento agrônomo especializado, podem propiciar o acúmulo de compostos dispersantes na solução do solo, promovendo assim a dispersão de argila.

Houve redução na condutividade hidráulica provocada pela dispersão da argila, mostrando que, caso ocorra este problema no campo, ele poderá causar um estresse hídrico às plantas, pela menor taxa de infiltração de água no solo.

5. AGRADECIMENTOS

Ao setor de Zootecnia e de Agroindústria do IF Sudeste de MG, Campus Rio Pomba. Ao CNPq pela concessão da bolsa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA NETO, O.B. **Dispersão da argila e condutividade hidráulica em solos com diferentes mineralogias, lixiviados com soluções salino-sódicas.** Viçosa: UFV, 2007. 93p. (Tese de Doutorado).



- ALMEIDA NETO, O.B.; MATOS, A.T.; ABRAHÃO, W.A.P. et al. Influência da qualidade da água de irrigação na dispersão da argila de / Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1571-1581, 2009.
- ALMEIDA NETO, O.B.; MATOS, A.T.; MATOS, V.P. et al. Influência da qualidade da água no comportamento dispersivo da argila do Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.18, n.3, p.191-197, 2010.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – **Standard methods for the examination of water and wastewater** – 19ª ed. New York, APHA, AWWA, WPCR, 1995.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.
- AYERS, R.S. & WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BALKS, M.R.; BOND, W.J.; SMITH, C.J. Effects of sodium accumulation on soil physical properties under an effluent-irrigated plantation. **Australian Journal of Soil Research**, v.36, p.821-830, 1998.
- CARDOSO, A.; POTTER, R.O.; DEDECEK, A. Estudo comparativo da degradação de solos pelo uso agrícola no noroeste do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, p.349-353, 1992.
- CROMER, R.N.; TOMPKINS, D.; BARR, N.J. et al. Irrigation of monterey pines with wastewater: Effect on soil chemistry and groundwater composition. **Journal of Environmental Quality**, v.13, p.539-542, 1984.
- DONAGEMMA, G.K et al. Dispersão de latossolos em resposta à utilização de pré-tratamentos na análise textural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.27, p.765-772, 2003.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- ERTHAL, V.J.T.; FERREIRA, P.A.; MATOS, A.T. et al. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, UAEA/UFCEG, v.14, n.5, p.467-477, 2010.
- FASSBENDER, H.W. **Química de suelos con énfasis em suelos de América Latina**. San José, Costa Rica: IICA, 1984.
- FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.23, p.507-514, 1999.
- FREIRE, M.B.G.S. **Saturação por sódio e qualidade da água de irrigação na degradação de propriedades físicas de solos no Estado de Pernambuco**. Viçosa: UFV, 2001. 66p. (Tese de Doutorado).
- FREIRE, M.B.G.S.; RUIZ, H.A.; RIBEIRO, M.R. et al. Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.227-232, 2003.
- GOMES FILHO, R.R. et al. Remoção de carga Orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.131-134, 2001.
- GONÇALVES, R.A.B.; FOLEGATI, M.V.; GLOAGUEN, T.V. et al. Determinação em laboratório da condutividade hidráulica de um solo irrigado com efluente de esgotos domésticos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 34., 2005, Canoas. **Anais...Canoas: ULBRA**, 2005. 1 CD-ROM.
- GREENBERG, A.E.; CLESCERI, L.S.; EATON, A.D. (Eds). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18. Ed. v.1. Washington: American Public Health Association, 1992.
- LAL, R.; STEWART, B.A. **Soil processes and water quality**. Boca Raton, Flórida: Lewis Publishers, 1994. 398p.



- MACÊDO, J.A.B. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 2ª ed. Belo Horizonte, MG. 2003, 450p.
- MACHADO, J.L.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J. et al. Inter-relações entre as propriedades físicas e os coeficientes da curva de retenção de água de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.32, p.495-502, 2008.
- MAIA, C.E.; MORAIS, E.R.C.; OLIVEIRA, M. **Classificação da água utilizando quatro metodologias de cálculo para Razão de Adsorção de Sódio – II. Região do Baixo Açu, Rio Grande do Norte**. Caatinga, Mossoró, v.11(1/2), p.47-52, 1998.
- MANCINO, C.F.; PEPPER, I.L. Irrigation of turfgrass with secondary sewage effluent: soil quality. **Agronomy Journal**, v.84, p.650-654, 1992.
- MATOS, A.T. **Fatores de retardamento e coeficientes de dispersão-difusão do zinco, cádmio, cobre e chumbo em solos do município de Viçosa – MG**. Viçosa: UFV, 1995. 110p. (Tese de Doutorado).
- MATOS, A.T. **Poluição ambiental e seus efeitos**. Brasília: ABEAS; Viçosa: DEA/UFV, 2001. 121p. (ABEAS: Curso de uso racional dos Recursos Naturais e seus reflexos no Meio Ambiente. Módulo 6).
- MATOS, A.T. Tratamento de resíduos na pós-colheita do café. In: Flávio Meira Borém. (Org.). **Pós-Colheita do café**. 1 ed. Lavras-MG: Editora UFLA, 2008, p.159-201.
- MONTES, C.R.; FONSECA, A.F.; MELFI, A.J. et al. Agricultural use of stabilization pond effluent: a case study in the city of Lins (SP, Brazil). In: International Meeting of International Humic Substances Society, 12., 2004, São Pedro. **Resumos...** São Pedro: EMBRAPA, 2004. v.1, p.732-734.
- MORAES, L.M. **Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de dejetos oriundos de atividades zootécnicas**. Campinas, SP: [s.n.], 2000. (Dissertação de Mestrado).
- RUIZ, H.A. **Material didático da disciplina SOL 640 - Física do Solo. Métodos de análises físicas do solo**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 22p.
- RUIZ, H.A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (Silte + Argila). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.2, maio/abril 2005.
- SPEIR, T.W.; SCHAIK, A.P. VAN; KETTLES, H.A. et al. Soil and stream-water impacts of sewage effluent irrigation onto steeply sloping land. **Journal of Environmental Quality**, v.28, p.1105-1114, 1999.
- SPOSITO, G.; MATTIGOD, S.V. On the chemical foundation of the Sodium Adsorption Ratio. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.41, p.323-329, 1977.
- VELOSO, M.E.C. **Efeito de diferentes qualidades de água sobre algumas propriedades físico-químicas de um Brunizem Avermelhado**. Viçosa, UFV: 1991. Dissertação (mestrado).