

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**

**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**POTÁSSIO NO SOLO, NA PLANTA E PRODUÇÃO DE CAPIM  
MOMBAÇA DECORRENTE DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA  
SUINOCULTURA**

**ALEGRE**

**2014**

**EMANUEL MARETTO EFFGEN**

**POTÁSSIO NO SOLO, NA PLANTA E PRODUÇÃO DE CAPIM  
MOMBAÇA DECORRENTE DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA  
SUINOCULTURA**

**Tese apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Área de Concentração em Planejamento e Manejo de Recursos Hídricos, para obtenção do título de “Doctor Scientiae” em Produção Vegetal.**

**Orientador: Prof. D.Sc Giovanni de Oliveira Garcia**

**ALEGRE**

**2014**

E27p      Effgen, Emanuel Maretto, 1982-  
Potássio no solo, na planta e produção de Capim Mombaça decorrente do uso de água residuária da suinocultura / Emanuel Maretto Effgen. – 2014.  
81 f. : il.

Orientador: Giovanni de Oliveira Garcia.

Coorientador: Renato Ribeiro Passos; Edvaldo Fialho dos Reis.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Capim-mombaça. 2. Uso agrícola de efluentes. 3. Solos – teor de potássio. 4. Plantas – efeitos do potássio. 5. Adubação mineral e orgânica. 6. Plantas – nutrição. I. Garcia, Giovanni de Oliveira. II. Passos, Renato Ribeiro. III. Reis, Edvaldo Fialho dos. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

**EMANUEL MARETTO EFFGEN**

**POTÁSSIO NO SOLO, NA PLANTA E PRODUÇÃO DE CAPIM  
MOMBAÇA DECORRENTE DO USO ÁGUA RESIDUÁRIA DA  
SUINOCULTURA**

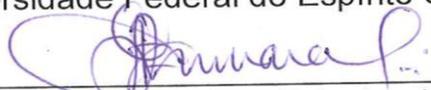
Tese apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, ÁREA DE PLANEJAMENTO E MANEJO DE RECURSOS HIDRICOS, para obtenção do título de "Doctor Scientiae" em Produção Vegetal.

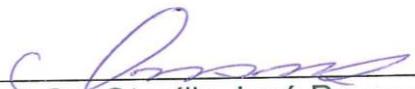
Aprovada em: 30 de junho de 2014.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. Giovanni de Oliveira Garcia  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. Edvaldo Fialho dos Reis  
Universidade Federal do Espírito Santo

  
\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. Renato Ribeiro Passos  
Universidade Federal do Espírito Santo

  
\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. José Francisco Teixeira do Amaral  
Universidade Federal do Espírito Santo

  
\_\_\_\_\_  
Prof. D.Sc. Otacílio José Passos Rangel  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Espírito Santo,  
Campus de Alegre

## DEDICO

À minha esposa e companheira,  
pelo apoio incondicional em todos os  
momentos desta longa jornada, sempre incentivando,  
motivando, apoiando e, sobretudo,  
acalentando nos momentos mais difíceis.

Aos meus familiares:

Pai, Anselmo Effgen (*in memoriam*),  
Mãe, Julia Alodia Maretto Effgen,  
pelo exemplo de vida e superação;  
meu padrasto, Sebastião Fosse, pelo apoio e incentivo.

Aos meus irmãos,  
Teophilo André Maretto Effgen e sua família  
(Jamile e Rafael),  
Fabíola Maretto Effgen e sua família  
(Paulo e Henrique).

Aos meus sogros:

Sr. Paulo e Dona Euza,  
pelo apoio imensurável e perseverança;

Enfim, e em especial,  
aos Amigos Professores Giovanni de Oliveira Garcia e Edvaldo Fialho do Reis,  
por terem acreditado, até quando nem eu mesmo mais acreditava,  
motivado, incentivado e apoiado.

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, por ter escolhido pessoas especiais para somar comigo neste longo caminho, e ainda pela dádiva da teimosia, pois com esta teimei em continuar, mesmo quando tudo parecia estar conduzindo à desistência.

À Universidade Federal do Espírito Santo, que através do Centro de Ciências Agrárias, ofertou a oportunidade para realizar o curso almejado.

À minha esposa, pelo apoio incondicional a todos os momentos, incentivando, motivando, apoiando e, principalmente sendo compreensiva em momentos de grande estresse e noites não dormidas.

A todos meus familiares, avós, pais, irmãos, primos, sogros, que entenderam que nem sempre a ausência significa que não queiramos estar perto, mas sim momentaneamente incapacitados de estar presente.

Ao professor Giovanni de Oliveira Garcia, grande e verdadeiro Doutor, pela oportunidade, orientação e conhecimentos transmitidos, pelas responsabilidades concedidas, sugestões e incentivos, pela amizade e paciência essenciais para a boa condução deste trabalho.

Ao Professor Edvaldo Fialho dos Reis, pela palavra amiga, incentivo, imensurável apoio ao retorno da jornada, e grande colaboração nas análises estatísticas.

Ao professor Renato Ribeiro Passos, pela disponibilidade em ajudar, mesmo quando estava em distância, e ainda sempre possibilitando sugestões sobre os estudos realizados neste trabalho, bem como pela amizade.

Ao Professor Roberto Avelino Cecílio, por ter iniciado junto comigo esta jornada.

Aos Professores e amigos Adriano Ribeiro de Mendonça, Maria Christina Junger Delogo Dardengo, João Batista Pelúzio, por sempre terem incentivado esta jornada.

Aos servidores e vigilantes da área experimental do CCA-UFES, em Rive, por compreender as utilizações do Laboratório em jornadas não convencionais, sempre juntos nos finais de semanas, noites, madrugadas, presentes nem que seja pra entregar a chave do laboratório sempre com um sorriso no rosto.

Aos colegas de sala que sempre somaram nesta jornada, nas disciplinas, nos seminários, nos trabalhos, em especial aos amigos Camila Aparecida da Silva Martins, Liliane Gomes, Talita Miranda, Herbert Vasconcellos Ferreira, Natiélia Nogueira, Fernando Stocco, Aline Azevedo Nazário, Benvindo Sirtoli Gardiman Junior, José Maria Gonçalves de Azevedo, Michelle Machado Rigo, João Carlos Madalão, Ramires Ventura Machado, José Arcanjo Nunes, e outros que por um lapso dado pelo intervalo de tempo eu possa ter esquecido, pelo companheirismo. Saibam que, a ajuda de vocês foi fundamental para o meu aprendizado nas disciplinas.

A todos os amigos e colegas de trabalho, lotados nos Postos de Atendimento, Escritórios Locais e Central do IDAF, que sempre estiveram presentes ao longo desta jornada pessoal pela conclusão do Doutorado.

Em especial aos amigos adquiridos no escritório regional do IDAF, onde exerço atualmente minha profissão, Fabio Correa Gonçalves, Naila Pessoa Vieira, Rômulo Joviano Neto, Justino Marcos Marquezine, Roberto Colodete, Fabio Cesar Falçoni, Eduardo Henrique de Almeida Pereira, Clébia Gasparini Bolsoni, João Victor Vargas Mesquita dos Santos, Ramon Moulin Permanhane, Cristina Carvalho Baptista Oliveira, pela compreensão e apoio dedicados;

Aos amigos Marcelo Gabetto e Silva e sua família, Thiago José Nantet Marques da Silva, Sebastião Marques da Silva, Fabio Wagner Moreira, Michel Tannure Poubel, Teophilo André Maretto Effgen, Victor Lugão Lannes e Thiago Martins Steffen que sempre se mostraram presentes e compreenderam nossas ausências.

Aos demais amigos e colegas, que não foram citados, mas que são tão importantes quanto, pela colaboração e pela prazerosa convivência.

A todos os professores do Centro de Ciências Agrárias e da Pós-Graduação em Produção Vegetal que participaram da minha formação acadêmica.

Um agradecimento especial ao Sr Jair de Oliveira Bastos e Maria de Fátima Ricieri Bastos, pela disponibilidade em ceder gentilmente sua propriedade com toda a infraestrutura necessária para a realização deste trabalho, bem como aos seus funcionários Sr. Gerôncio e Sr. Luiz, que apoiaram e ajudaram muito nos trabalhos de campo.

A todos aqueles, que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

**Meu Sincero Muito Obrigado!**

## BIOGRAFIA

EMANUEL MARETTO EFFGEN, filho de Anselmo Effgen e Julia Alodia Maretto Effgen, nasceu em 21 de maio de 1982, no município de Cachoeiro de Itapemirim, Estado do Espírito Santo.

Formou-se em Técnico Agrícola com Habilitação em Agropecuário, em 1999, pela Escola Agrotécnica Federal de Alegre (IFES Campus de Alegre).

Formou-se em Técnico em Cafeicultura, em 2000, pela Escola Agrotécnica Federal de Alegre (IFES Campus de Alegre), tendo ainda no ano 2000, realizado curso de Classificação e Degustação de Café na ABIC, no Rio de Janeiro – RJ.

Formou-se em Técnico em Informática, em 2002, pela Escola Agrotécnica Federal de Alegre (IFES Campus de Alegre).

Formou-se em Agronomia, junto com a turma 2005/2, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em fevereiro de 2006, pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Iniciou o curso de Mestrado em Produção Vegetal, em março de 2006, tendo concluído o curso em junho de 2008, obtendo o título de “*Magister Scientiae*” em Produção Vegetal junto ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, na área de concentração em Recursos Florestais.

No mês de junho de 2006, foi aprovado em concurso público do estado e no mês de outubro de 2006, ingressou como Engenheiro Agrônomo no Instituto de Defesa Agropecuária do Estado do Espírito Santo, sendo lotado do Escritório Local de Mimoso do Sul.

Iniciou, em março de 2010, o curso de Doutorado em Produção Vegetal junto ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do CCA-UFES, na linha de pesquisa de Planejamento e Manejo de Recursos Hídricos;

Em dezembro de 2010, foi convidado a responder pela Defesa Vegetal no Escritório Regional de Cachoeiro de Itapemirim, assumindo concomitantemente às obrigações do Escritório Local de Mimoso do Sul e ao Doutorado na UFES. Foi lotado no IDAF - Escritório Regional de Cachoeiro de Itapemirim - ERCI, em junho de 2011, permanecendo como responsável pela Defesa Vegetal dos 27 municípios que compõem esse escritório.

No mês de Janeiro de 2012, assumiu a Sub-Coordenação do Licenciamento Ambiental, coordenando essa atividade nos 27 municípios do sul do estado do Espírito Santo que compõem o IDAF-ERCI, até a presente data.

Em junho de 2014, defendeu sua Tese à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração de “Planejamento e Manejo de Recursos Hídricos”, para obtenção do título de “*Doctor Scientiae*” em Produção Vegetal.

## RESUMO GERAL

EFFGEN, Emanuel Maretto, D. Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, Junho de 2014. **Potássio no solo, na planta e produção de capim mombaça decorrente do uso de água residuária da suinocultura.** Orientador: Prof. D.Sc. Giovanni de Oliveira Garcia. Co-orientadores: Prof. D.Sc. Edvaldo Fialho dos Reis; Prof. D.Sc. Renato Ribeiro Passos.

No estado do Espírito Santo, estima-se que existem pouco mais de 226 mil cabeça de suínos, gerando cerca de 730.000 m<sup>3</sup> de dejetos ricos em nutriente anualmente. Dessa forma, partindo do pressuposto que a aplicação da Água Residuária de Suinocultura (ARS) pode promover alterações nos teores de potássio do solo, promovendo incremento desse nutriente, bem como propiciar aumento da produção de massa seca do *Panicum maximum* cv. Mombaça, sem que haja desbalanceamento nutricional da planta, objetivou-se avaliar os teores de potássio no solo e na planta, bem como a produção de massa seca do Capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) decorrentes de diferentes doses de ARS em comparação com a adução mineral. Esta pesquisa foi realizada em uma propriedade rural, localizada no município de Jerônimo Monteiro – ES. Para o K e a relação K/CTC, utilizou-se o esquema de parcelas subdivididas com três repetições. As parcelas receberam cinco tratamentos sendo: adubação mineral (200 kg ha<sup>-1</sup> K) via Cloreto de Potásio; e doses de ARS 50, 100, 150 e 200, equivalentes a 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> K, calculados a partir da recomendação agrônômica. Nas subparcelas, teve-se às profundidades do solo, sendo: 0 a 10; 10 a 20; 20 a 40 e 40 a 60 centímetros. Nas subsubparcelas, a situação representada pelo tempo antes da aplicação da ARS foi denominada AAARS, e dez dias após cada aplicação da ARS, denominada DAARS. Para a Massa Seca e o teor de K na planta, teve-se um esquema de parcelas subdivididas com três repetições. As parcelas receberam os tratamentos: adubação mineral e doses de ARS 50, 100, 150 e 200% da dosagem recomendada de potássio. As subparcelas foram os períodos de avaliação das aplicações da ARS aos dias 10, 130, 210 e 270 decorridos do início do experimento. Depois dos resultados obtidos, procedeu-se a análise estatística por meio de análise de variância adotando 5% significância F, sendo realizado o contraste entre os valores médios obtidos para adubação mineral e a ARS ao nível de 5 % de

probabilidade, pelo teste de Tukey. Posteriormente, para as variáveis quantitativas foi realizada a análise de regressão a 5% de significância, sendo os modelos foram escolhidos pela utilização o teste t de Student, e pelos coeficientes de determinação R<sup>2</sup>, utilizando-se o software SAEG. Verificou-se que, mesmo com a aplicação de doses de K superior à recomendação agrônômica através da ARS, ocorreu a redução linear dos teores de K no perfil solo, assim como ocorre o acréscimo linear desses teores com o aumento da dose. A aplicação ARS mostrou-se mais eficiente para incrementar K no solo, quando comparada à Adubação Mineral. A dose que se mostrou mais eficiente na manutenção dos teores K no solo é ARS 150 %. A maior produção de biomassa deu-se na dose 50%, todavia culminando com os menores teores de K na planta do capim Mombaça, e os maiores teores na planta foram obtidos nas maiores doses de ARS. Verifica-se que os atributos químicos do solo são influenciados pela aplicação de ARS, o que denota a necessidade de periodicidade na avaliação desses atributos em áreas com aplicação contínua de ARS.

**Palavras-chave:** Uso agrícola de efluentes. Dejetos líquidos de suínos. Massa seca. Teor foliar de potássio. Nutrientes. Adubação mineral.

## ABSTRACT

Effgen, Maretto Emanuel, D. Sc., Federal University of Espírito Santo, June 2014  
**Potassium in soil, plant and biomass production from Mombasa grass after fertigation with swine wastewater.** Advisor: Prof. D.Sc. Giovanni de Oliveira Garcia. Coadvisors: Prof. D.Sc. Edvaldo Fialho dos Reis; Prof. D.Sc. Renato Ribeiro Passos.

In Espírito Santo state, it is estimated that there are just over 226 000 head of pigs, therefore, these generate about 730.000m<sup>3</sup> nutrient-rich waste annually. Thus, assuming that the application of the swine wastewater can promote changes in the potassium soil, promoting increment this nutrient as well as provide increased dry matter yield of *Panicum maximum* cv. Mombasa, without nutritional unbalance the plant, it was aimed to evaluate the levels of potassium in the soil and plant, and the dry mass of Mombasa Grass (*Panicum maximum* cv. Mombasa) resulting from different doses of ARS compared to mineral adduction. This research was conducted in a rural property located in the municipality of Jeronimo Monteiro - ES. For K and K/CEC was used a scheme split-split-plot portion with three replications. The plots received five treatments being: mineral fertilizer (200 kg ha<sup>-1</sup> K) via potassium chloride; ARS and doses of 50, 100, 150 and 200, corresponding to 100, 200, 300 and 400 kg ha<sup>-1</sup> K, calculated from the agronomic recommendation. Subplots, it was taken to the depths of the soil, being: 0-10; 10 to 20; 20 to 40 and 40 to 60 centimeters. In the sub-subplots, the situation represented by time before the application of ARS was named AAARS, and ten days after each application of ARS, called DAARS. For Dry mass and K content in the plant, had become a split plot arrangement with three replications. The plots received treatments: mineral fertilizer and doses of ARS 50, 100, 150 and 200% of the recommended dosage of potassium. The subplots periods of evaluation of the applications of ARS 10 days, 130, 210 and 270 elapsed from the beginning of the experiment. After the results, it was proceeded to statistical analysis using analysis of variance adopting 5% significance F, the contrast between the mean values obtained for mineral fertilizer and the ARS at 5% probability being performed by Tukey test. Subsequently, for

quantitative variables regression analysis the 5% significance level was conducted, and the models were chosen by using the Student t test, and the coefficient of determination  $R^2$ , using the SAEG software. It was found that, even with the application of higher doses of K recommendation the agronomic via ARS occurred linear reducing of the content K in the soil profile as well as linear increase these levels with increasing dose occurs. The ARS application was more efficient to increase soil K compared to mineral fertilization. The more effective dose in maintaining levels of K in the soil was ARS 150%. The highest biomass yield was given at a dose 50%, however culminating with the lowest levels of K in the plant grass Mombasa, and the highest levels in the plant were obtained at higher doses of ARS. It appears that the soil chemical properties are influenced by the application of ARS, which indicates the need for periodicity in the evaluation of these attributes in areas with continuous application of ARS.

Keywords: Agricultural use of sewage. Pig slurry. Dry mass. Leaf potassium content. Nutrients. Mineral fertilizer.

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| INTRODUÇÃO.....  | 8  |
| REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....   | 13 |
| Uso agrícola do efluente da atividade suinícola.....   | 13 |
| Efeitos no solo decorrentes do uso agrícola de efluentes da suinocultura.....                          | 18 |
| Efeito nas plantas decorrentes do uso agrícola de efluentes da suinocultura.....                       | 20 |
| Legislação pertinente ao uso agrícola de efluentes de suinocultura.....                                | 21 |
| MATERIAL E MÉTODOS .....   | 25 |
| Caracterização da área de estudo.....  | 25 |
| Escolha do local para realização do experimento, delineamento experimental e tratamentos adotados..... | 26 |
| Caracterização da Água Residuária de Suinocultura para o experimento.....                              | 33 |
| Avaliação dos teores de K no solo.....   | 33 |
| Quantificação do potássio na planta e da massa seca do capim Mombaça.....                              | 36 |
| Análise estatística dos dados.....   | 37 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO.....  | 38 |
| Potássio no Solo.....  | 38 |
| Potássio na Planta e produção de massa seca do capim Mombaça.....                                      | 55 |
| CONCLUSÕES GERAIS.....   | 60 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 61 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> - Produção de suínos no Brasil (Adaptado de ABPA, 2013).....  | 12 |
| <b>Figura 2</b> - Croqui da propriedade Santa Maria no Município de Jerônimo Monteiro, ES, local de realização do experimento .....   | 24 |
| <b>Figura 3</b> - Dados meteorológicos médios de Temperaturas Máxima, Mínimas e Médias em °C, para a região onde foi realizado o experimento, obtidos na estação meteorológica automática do INMET, verificados no período de abril de 2013 a março de 2014. Adaptado do INCAPER (2014).....  | 26 |
| <b>Figura 4</b> - Dados meteorológicos médios de Precipitação mensal (mm), para a região onde foi realizado o experimento, obtidos na estação meteorológica automática do INMET, verificados no período de abril de 2013 a março de 2014. Adaptado do INCAPER (2014).....   | 24 |
| <b>Figura 5</b> - Amostragem do solo realizada com auxílio de uma sonda de 1,30 m comprimento e 50 mm diâmetro, realizada na propriedade Santa Marta, município de Jerônimo Monteiro – ES.....  | 34 |
| <b>Figura 6</b> - Teores Médios de Potássio – K ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) no solo, Situações (A) AAARS e (B) DAARS, e linha de tendências obtidas pelos ajustes de regressão linear, conforme modelos na Tabela 8 para a interação das Doses x Profundidade, para a (A) Profundidade 0 a 10 cm, (B) Profundidade de 10 a 20 cm, (C) Profundidade de 20 a 40 e (D) Profundidade de 40 a 60 cm..... | 42 |
| <b>Figura 7</b> - Teores Médios da Relação K/CTC para as situações (A) AAARS e (B) DAARS, e linha de tendências obtidas pelos ajustes de regressão linear, conforme modelos na Tabela 8 para a interação das Doses x Profundidade, para a (A) Profundidade 0 a 10 cm, (B) Profundidade de 10 a 20 cm, (C) Profundidade de 20 a 40 e (D) Profundidade de 40 a 60 cm.....                         | 45 |
| <b>Figura 8</b> - Teores Médios de Potássio – K ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) e linha de tendências obtidas pelos ajustes de regressão linear das doses (A) ARS 50% , (B) ARS 100 % , (C) ARS 150% e (D) ARS 200%, para as situações AAARS e DAARS, no perfil do solo, em função das doses ARS aplicadas.....   | 48 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 9</b> - Relação do Potássio na Capacidade de Troca de Cátions - K/CTC, (A) Dose ARS 50%, (B) ARS 100 %, (C) Dose ARS 150% e (D) ARS 200%, para as situações (A) AAARS e (B) DAARS, no perfil do solo, obtidos a partir do ajuste da polinomial em função das doses ARS aplicadas.....   | 51 |
| <b>Figura 10</b> - Massa Seca do capim Mombaça (A) e Teores de Potássio na Planta – K (B) obtidos a partir do ajuste de regressão em decorrência das doses de 50, 100, 150 e 200 % da recomendação agronômica de Potássio, fornecidos por aplicação de ARS em um Neossolo flúvico, cultivado <i>Panicum maximum</i> cv <i>mombaça</i> no município de Jerônimo Monteiro – ES..... | 55 |

## 1 INTRODUÇÃO

A exploração desordenada dos solos agrícolas, muitas vezes por falta de conhecimento do agricultor, associado a um manejo inadequado, tem culminado na perda de sua fertilidade e no abandono da área pelos produtores, principalmente em se tratando de pastagens. A importância do conhecimento destes atributos está correlacionada com a avaliação da qualidade, produtividade, conservação e necessidade de recuperação do solo, projetando um melhor uso e minimizando os impactos do manejo inadequado.

Todo processo de produção é caracterizado pelo uso de insumos, e dentre esses na pecuária destacamos os adubos. Os adubos de origem potássica, embora o Brasil já disponha de uma fonte doméstica produtora de potássio, no estado de Sergipe, o país continua dependendo da importação para suprir a demanda interna (OLIVEIRA & SOUZA, 2001), o que muitas vezes torna muito oneroso o processo produtivo.

Os efeitos do uso de dejetos no solo, na planta e no ambiente, são variáveis e dependem da composição química e física dos dejetos, da dose aplicada, do modo de aplicação, da época, da frequência e do tempo de aplicação (PANDOLFO et al., 2008) Assim os efluentes agrícolas podem ser fontes de matéria orgânica, nutrientes à agricultura, dentre esses têm-se as águas residuárias de suinocultura.

O Brasil é o quarto maior produtor de carne suína do mundo, com produção de 3,37 milhões de toneladas e um plantel de 41,3 milhões de cabeças (ABPA, 2013). O estado de Espírito Santo possui pouco mais de 226 mil cabeças de suínos (IBGE, 2006a) e corresponde a menos de 1% da produção brasileira, contudo, o município de Jerônimo Monteiro é o terceiro maior produtor de suínos no estado do Espírito Santo (IDAF, 2013).

Ao considerarmos a população de suínos do Espírito Santo, e que em média um suíno adulto produz em média 0,27 m<sup>3</sup> dejetos/mês, estima-se que diariamente são lançados ao meio ambiente um volume de 2.000 m<sup>3</sup>. Isso representa cerca de 730.000 m<sup>3</sup> de dejetos ricos em nutrientes anualmente, que poderiam estar sendo aproveitados na agricultura, no entanto, se forem lançados sem tratamento no ambiente, pode-se estar ocasionando diversos impactos negativos.

Devido ao potencial poluidor da Água Residuária de Suinocultura (ARS), surge a necessidade de cada vez mais conhecer, desenvolver e/ou adaptar tecnologias para solucionar os impactos negativos desse efluente no ambiente, devendo ainda buscar conhecimento técnico, econômico, social e, acima de tudo, uma destinação tecnologicamente sustentável.

A intensificação da produção agrícola pode levar a padrões de vida mais elevados de produtores e mais riqueza para um país. No entanto, se não acompanhadas de uma boa gestão ambiental, sérios problemas ambientais podem ocorrer, tanto em nível agrícola quanto *off-site*.(BACIC et al., 2008).

A legislação ambiental exige o tratamento desses dejetos e cuidados especiais para a disposição deste e de outros efluentes no meio ambiente. Entre as técnicas existentes para o tratamento da ARS, têm-se o sistema de biodigestor, lagoas anaeróbicas e esterqueiras. Este último, mais comumente encontrado em pequenos e médios empreendedores, constitui-se de um tanque de armazenamento onde a ARS fica acumulada até que o empreendedor possa fazer sua destinação final. Segundo o IDAF (2009), para a obtenção do licenciamento ambiental, essa esterqueira tem que atender alguns critérios, dentre esses: ser dimensionada considerando o volume de efluentes gerados na granja, ter período mínimo de estocagem de 120 dias, ser impermeabilizada e possuir profundidade mínima de 2,5 metros, para que posteriormente, o efluente possa ser utilizado na agricultura.

A utilização da ARS em cultivos agrícolas tem sido apontada por pesquisadores como uma alternativa de fornecimento de nutrientes às culturas, promovendo melhorias nos atributos do solo (ADELI & VARCO, 2001; ECHBERG, 2003; MENEZES et al., 2003; ROSA & KONZEN, 2004; KONZEN, 2003; GIACOMINI, 2005; COSTA, 2007; FREITAS, 2007; FREITAS et al., 2009) e quando manejada corretamente, pode vir a suprir parcialmente, o fertilizante químico (SCHERER et al., 1996).

Avaliando a aplicação de ARS no cultivo do milho em sistema de plantio direto sobre um argissolo vermelho distrófico, Aita et al. (2006) verificaram que os dejetos de suínos proporcionaram aumento do acúmulo de nutrientes, e a produção de matéria seca nas plantas. Assmann et al. (2007) verificaram que a aplicação de ARS na

aveia consorciada com azevem aumentou os teores de K apenas na camada superficial de um Latossolo Vermelho distrófico.

No estado de Minas Gerais, Leite et al. (2009) avaliaram a produtividade de cana-de-açúcar adubada com ARS, cultivada sobre um Latossolo Vermelho Escuro distrófico, e verificaram que a ARS proporcionou aumentos significativos na produtividade de colmos com incrementos de 46,2 a 96,3% na produtividade.

Lourenzi (2010) estudou o uso de ARS, num sistema de plantio direto com aveia preta/milho/nabo forrageiro, cultivado sobre um Argissolo distrófico arênico no Rio Grande do Sul, e verificou que aplicações sucessivas da ARS promovem incrementos de nutrientes no solo, e após aplicações de dejetos, para a camada de 0-10 cm, os teores de K eram considerados altos para fins de recomendação de adubação.

Avaliando a produtividade do cafeeiro após aplicação de ARS em um Argissolo Vermelho Amarelo, Corrêa et al. (2011a) verificaram que essa é uma alternativa viável de adubação para a cultura do café, por proporcionar nutrientes à cultura e diminuição dos custos da produção, que aumentou linearmente com a aplicação das doses.

Santos et al. (2012), ao estudarem o rendimento, a qualidade e a absorção de nutrientes pelos frutos de abóbora em função de doses de ARS cultivados sobre um Argissolo Vermelho Amarelo, cambico, no Estado de Minas Gerais, verificaram que a ARS pode ser utilizada como biofertilizante e fonte de nutrientes no cultivo de abóbora híbrida.

Todavia, é notório o conhecimento difuso que a aplicação contínua de ARS em pequenas áreas, comumente existentes ao redor das granjas, sem que haja um controle de dosagem de nutrientes, pode decorrer em severos danos ambientais, além da possibilidade de um desbalanceamento de nutrientes, seja no solo, seja na planta. Nesse contexto, com a utilização da ARS de forma correta, ou seja, com base nas recomendações agronômicas, faz-se uma medida de controle ambiental.

Destaca-se que, segundo o IBGE (2006b), o Estado do Espírito Santo possui pastagens em cerca de 70% das propriedades agrícolas cobrindo uma área total de

aproximadamente 1.821.065 ha, sendo mais de 30 % correspondentes a pastagens naturais. No Espírito Santo, cerca de 238.943 ha de pastagem podem ser considerados como degradados (Barreto et al., 2012). Assim, no Espírito Santo, existe uma vasta área carente de nutrientes, onde se poderia aproveitar do potencial nutricional da ARS.

A pastagem pode ser considerada uma fonte econômica de alimentação para ruminantes, além de constituir um sistema de produção que requer menores investimentos. O capim Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) é considerado uma das forrageiras tropicais mais produtivas à disposição dos pecuaristas (JANK, 1994). Porém, Silva (1995) afirma que em situações de baixa fertilidade a produção é reduzida, caracterizando-a como forrageira exigente em fertilidade do solo.

Todavia, como a topografia do estado é bastante acidentada, as áreas onde se verifica terrenos planos possuem os mais variados tipos de formação de solos, dentre esses, têm-se os Neossolos Flúvicos, que possuem natureza muito variada, dependendo fortemente das características dos sedimentos aluviais que os formaram. São pouco evoluídos, desenvolvidos de camadas de sedimentos aluviais recentes sem relações pedogenéticas entre os extratos. Possuem variável formação textural, podendo ser arenosa, média e até muito argilosa (MIRANDA et al., 2002).

De uma forma geral, para os Neossolos, as camadas do perfil do solo apresentam espessura e granulometria bastante diversificadas, tanto no sentido vertical quanto horizontal dos perfis do solo, devido à heterogeneidade de deposição do material originário. Esse tipo de solo pode ser distrófico ou eutrófico, podendo ou não apresentar salinidade ou sodicidade. Dessa maneira, parte desses solos pode apresentar boa aptidão à agricultura e outra parte pode ser inapta (JACOMIME et al., 1976; MIRANDA et al., 2002; JARBAS et al., 2012).

Assim, levando-se em consideração o pressuposto de que a aplicação contínua de ARS proporciona alterações nos teores de K do solo, podendo gerar aumento da concentração desse nutriente no perfil do solo, bem como avaliar a produção de forragem do Capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. *Mombaça*), objetivou-se com a realização deste trabalho avaliar o comportamento do K no perfil de um Neossolo

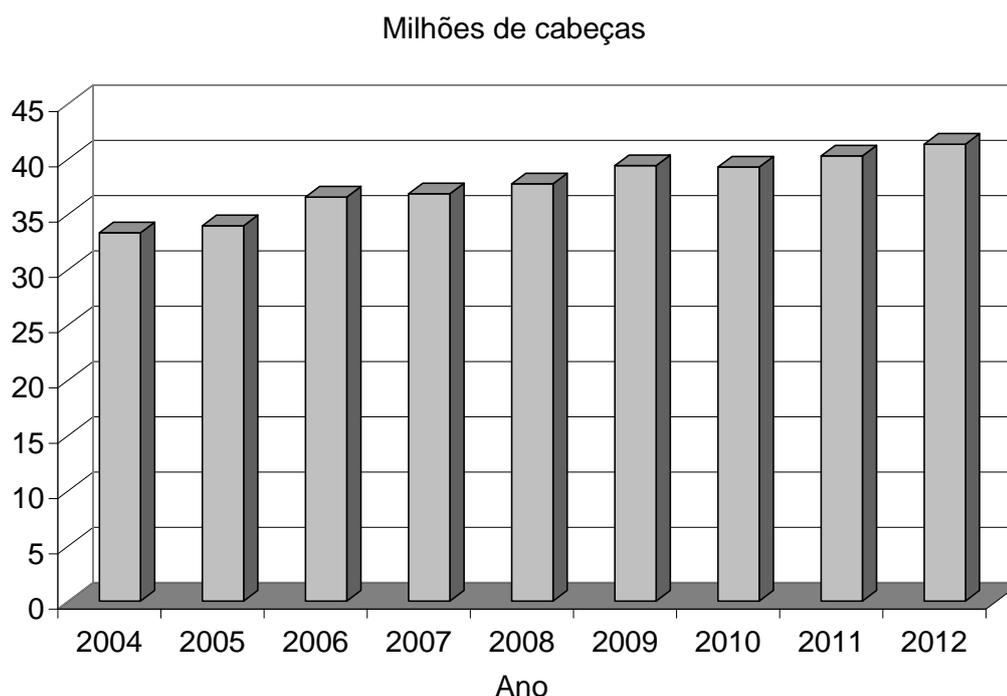
Flúvico, na planta e a produção massa seca do Capim Mombaça decorrentes da aplicação de diferentes doses de ARS e da adubação.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### USO AGRÍCOLA DO EFLUENTE DA ATIVIDADE SUINÍCOLA

A suinocultura, de uma forma geral, é considerada pelos órgãos ambientais como uma das atividades agrícolas de grande potencial poluidor, tendo o dejetos suíno um potencial poluidor cerca de quatro vezes mais do que os dejetos humanos, cuja destinação inadequada representa uma fonte potencial de contaminação e degradação do meio ambiente.

Com o crescimento da suinocultura no Brasil decorrido nos últimos anos, expresso na figura abaixo, surge a preocupação sobre qual a destinação está sendo aplicada para esse tipo de efluente.



**Figura 1** - Produção de suínos no Brasil (Adaptado de ABPA, 2013).

Segundo Perdomo & Cazzaré (2001), a eficiência média na utilização de nutrientes pelos suínos é de 29% para o nitrogênio e fósforo, e 6% para o potássio. São excretados pelos animais 40 a 60% do nitrogênio, 50-80% do cálcio e fósforo, e 70-

95% do K, fornecidos pela ração. Assim, esse tipo de efluente pode ser fonte de matéria orgânica, nutrientes à agricultura, entre esses se tem o Potássio – K que, embora o Brasil já disponha de uma fonte doméstica produtora no estado de Sergipe, o país continua dependendo da importação para suprir a demanda interna, sendo o cloreto de potássio responsável por considerável valor das importações brasileiras (OLIVEIRA & SOUZA, 2001).

Todavia, as características da ARS, dependendo de como é feito o seu armazenamento e/ou manuseio, poderá também apresentar uma grande variação na concentração de seus componentes, sendo essa concentração também influenciada pelas diferenças climáticas de cada região e pela sazonalidade (BELLI FILHO, 2000).

Segundo Oliveira (2002), a recomendação técnica para o manejo desses resíduos líquidos é o armazenamento e o tratamento em esterqueiras ou lagoas para posterior uso em lavouras como fertilizante. Tendo este mesmo pesquisador lançado ressalvas sobre os trabalhos de pesquisa desenvolvidos na área de manejo de efluentes da suinocultura, os quais indicam que nenhum dos tratamentos de dejetos em uso no Brasil seriam eficientemente capazes de tratar o resíduo final a ponto de que este seja lançado diretamente nos cursos d'água.

Para Rosa et al. (2004), deve-se galgar meios para a utilização da ARS, de forma racional e econômica, minimizando seus efeitos prejudiciais, com vistas principalmente à diminuir o impacto ambiental.

Uma alternativa adotada para os efluentes é a disposição no solo, como fonte de adubação para culturas anuais ou perenes, visto que a sua composição química é rica em nutrientes, tais como: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, micronutrientes e matéria orgânica. Essa utilização dos efluentes de suínos em lavouras na forma de adubos é uma prática rotineira e, às vezes, a única fonte de nutrientes às culturas comerciais, sendo uma forma de amenizar os custos de produção.

Contudo, enquanto os fertilizantes minerais podem ser formulados para condições específicas de cada solo e cultura, a ARS apresenta nutrientes em quantidades

desproporcionais em relação às necessidades das plantas (SBCS, 2004). Dessa forma, adubações excessivas ou continuadas com esses dejetos podem resultar em degradação das características do solo e impactos negativos ao meio ambiente, entre essas, desequilíbrios químicos e biológicos no solo, nas águas, na biota, e quiçá, perdas de produtividade e da qualidade dos produtos agropecuários (SEGANFREDO, 2006).

O K é o macronutriente, via de regra, menos abundante na ARS e seus teores dependem diretamente da quantidade de material sólido encontrado nesse resíduo (SCHERER et al., 1996). Todavia, em se tratando do ciclo de terminação, esse nutriente pode vir a apresentar grandes concentrações na ARS (PEREIRA, 2006). Este elemento se encontra na forma solúvel e se torna disponível às plantas logo após a sua aplicação, com efeito residual muito curto (DURIGON et al., 2002). Estes mesmos pesquisadores concluíram que se deve dar uma especial atenção às concentrações de potássio presente no esterco líquido de suínos, uma vez que, apresentaram altas taxas de exportação via matéria seca da pastagem, bem como ao nutriente magnésio, por ter extração via matéria seca similar apresentada pelo potássio.

Na maioria, os trabalhos encontrados avaliam o potencial fertilizante do ARS, enfatizam sua aplicação como fonte de N, por ser o nutriente exigido em maior quantidade pelas plantas. No entanto, além de ser uma fonte de N, a ARS constitui fonte significativa de K. Pereira (2006) verificou maiores quantidades de K excretados em fases de terminação e esclarece que essa maior concentração de K justifica-se pois o K é excretado pelas fezes, daí a maior concentração de K, deu-se ao maior volume excretado, nessa fase do criadouro.

Nesse contexto, Pearson & Ison (1997) afirmam que a recuperação do K aplicado via fertilizante é maior quando aplicado sobre pastagens constituídas por gramíneas e sem revolvimento, do que quando em sistemas de produção em que o solo é arado. Evidenciam ainda que para o caso de gramíneas, a quantidade de K recuperado pelas plantas pode chegar a 90 % da quantidade aplicada.

Sobre o comportamento do K no solo Scherer et al. (2010) ao avaliarem os atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de ARS, verificaram que a

estratificação do K ao longo do perfil do solo caracteriza-se pelo acúmulo desse nutriente na superfície do solo e decréscimo nos teores com o aumento da profundidade de amostragem, ocorrendo tanto em solos sob cultivo de plantas anuais quanto sob plantas nativas. Observaram ainda que a maior mobilidade de K no perfil do solo deu-se no Latossolo, quando comparado com o Cambissolo e Neossolo.

Queiroz et al. (2004), em suas pesquisas com a aplicação de esterco líquido de suínos em solos cultivados com gramíneas forrageiras, relataram que o nutriente potássio, aplicados a partir de esterco líquido de suínos, acumularam-se no solo, na profundidade de 0,0-0,20 m; apontaram como recomendável um monitoramento das características químicas do solo, ao longo de seu perfil, para que se avaliem riscos de contaminação ambiental. Deve-se considerar que este elemento, no efluente em quantidade excessiva, quando aplicado em natura no solo, causa um desequilíbrio no sistema (PEREIRA, 2013).

No Espírito Santo, a atividade suinícola é predominante em pequenas propriedades onde muitas vezes há limitação, de área para a realização dos tratamentos com posterior descarte, bem como, da topografia acidentada que quase sempre inviabiliza a aplicação mecânica do dejetos em grande parte da propriedade.

Outro fator importante nesse contexto é a cada vez mais freqüente escassez de mão de obra para a agricultura associada às limitações topográficas, muitas vezes tornam a aplicação do dejetos restrita a pequenas áreas e pequenos períodos do ano, o que muitas vezes leva os produtores a usarem repetidamente altas doses deste esterco na área de sua propriedade, devido à dificuldade de viabilizar economicamente sua distribuição distante de onde é gerado.

Segundo Corrêa et al. (2011b), alguns pesquisadores têm elaborado critérios para aplicação agrícola dos dejetos, iniciando-se pela coleta, e análise de solo. Para a obtenção de bons resultados agrônômicos e ambientais é necessário que o conjunto das práticas agrícolas seja respeitado, não considerando apenas o volume de dejetos de suíno aplicado e sim as características do resíduo orgânico, bem como a análise, manejo e conservação do solo, a necessidade nutricional e a produtividade esperada para cada espécie vegetal.

Outro fator a ser considerado é o uso de dejetos para a melhoria de matéria orgânica em solos de baixa fertilidade, degradados. Estudos realizados têm demonstrado que o uso contínuo dos dejetos líquidos de suínos em solos não traz aumento significativo da concentração de matéria orgânica (OLIVEIRA, 2002).

A ARS, se utilizada de forma equilibrada, pode ser considerada uma excelente fonte de nutrientes, principalmente de nitrogênio, de fósforo e de potássio (ADELI & VARCO, 2001; ECHBERG, 2003; MENEZES et al., 2003; ROSA & KONZEN, 2004) e, quando manejada corretamente, pode vir a suprir parcial o fertilizante químico (SCHERER et al., 1996), dependendo de cada situação para a adubação química das culturas, e ainda das condições existentes “in loco” e dos propósitos do agricultor. Kruger et al. (1995) afirmaram que a utilização de ARS melhora as características químicas, físicas e microbiológicas do solo o que reflete em benefícios diretos para a produtividade e a qualidade das pastagens. Rosa et al. (2004) afirmaram que a fertilização de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com ARS melhorou os atributos químicos do solo.

A agropecuária encontra-se em fase de elevada dependência de insumos. O alto custo dos fertilizantes químicos, a sua disponibilidade limitada, a redução da capacidade produtiva dos solos e o uso inadequado dos adubos químicos são realidades problemáticas. Tal fato justifica a importância da utilização de ARS em substituição à fertilização química (FREITAS, 2007), mesmo que de forma parcial.

Do pressuposto que aplicações contínuas de K em pequenas áreas, tendo como fonte desse nutriente a ARS, pode vir a resultar no acúmulo desse nutriente no solo. Tem-se o contexto onde a viabilidade técnica, econômica e ambiental dos processos de tratamento a serem adotados precedendo à utilização desses dejetos para a agricultura deve ser analisada para realidade de cada atividade, objetivando o reuso da água, alterando a visão de um efluente com elevado potencial poluidor, para se tornar uma alternativa econômica viável para a propriedade rural, quando manejados adequadamente, de forma a não comprometer a qualidade ambiental.

## **EFEITOS NO SOLO DECORRENTES DO USO AGRÍCOLA DE EFLUENTES DA SUINOCULTURA.**

O dejetos líquido de suínos tem sido usado em áreas de lavoura e pastagens como fonte de nutrientes, sendo importante na ciclagem dos mesmos dentro das próprias unidades de produção (DAL MORO, et al., 2010).

Diversos estudos demonstram que a produtividade agrícola aumenta significativamente em áreas fertirrigadas com águas residuárias, desde que estas sejam adequadamente manejadas (CERETTA et al., 2003; CERETTA et al., 2005; MEDEIROS et al., 2007; PEREIRA, 2006; ASSMANN et al., 2007). Apesar das vantagens do uso da água residuária na agricultura, sua utilização de maneira inadequada pode trazer alguns riscos como: contaminação do lençol freático, acumulação de elementos tóxicos, desequilíbrio de nutrientes, salinização e impermeabilização do solo (SEGANFREDO, 2000)

Os nutrientes com alta mobilidade no solo atingem o volume de solo explorado pelas raízes rapidamente, porém se perdem facilmente por lixiviação e, se manejados incorretamente, podem contaminar as águas subterrâneas. (PREVEDELLO, 1996).

Conforme Basso (2003), os fertilizantes orgânicos contêm uma série de elementos químicos prontamente disponíveis, ou que, após o processo de mineralização, estarão disponíveis e poderão ser absorvidos pelas plantas da mesma forma que aqueles oriundos de fertilizantes minerais industrializados.

Ceretta et al. (2003) estudando o acúmulo de potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro, verificaram que o uso sistemático de esterco líquido de suínos representa a adição de grande quantidade de nutrientes ao solo. Por sua vez, Ceretta et al. (2005), ao avaliarem as características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural, observaram que o K foi o nutriente que apresentou a maior recuperação aparente, atribuindo esse comportamento à grande demanda das plantas e ao fato de que quase todo o K do dejetos estar em forma prontamente disponível às plantas.

Avaliando os atributos químicos de um Argissolo sob aplicações de ARS, Lourenzi (2010) verificou que o K apresentou incremento até a profundidade de 60 cm com a

aplicação de dejetos líquidos de suínos. Segundo esse pesquisador, os resultados apresentaram um aumento médio de 44% na camada de 0-4 cm e de 47% na camada de 40-60 cm, tendo atribuído esse comportamento à transferência de K, bem como, às perdas por lixiviação, uma vez que, o acréscimo aconteceu até a camada mais profunda, entretanto, com as aplicações do dejetos foi possível manter altos os teores de K para o solo estudado.

Queiroz et al. (2004), ao avaliarem as características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras, verificaram que os nutrientes aplicados com ARS acumularam no solo, na profundidade de 0-20 cm, sendo recomendável um monitoramento das características químicas do solo, ao longo de seu perfil e das águas subterrâneas para que se avaliem riscos de contaminação ambiental.

Ao estudar o efeito da aplicação de ARS, nas características nutricionais do milho, Oliveira et al. (2004) relataram que K (potássio), entre outros nutrientes no solo, aumentaram com a aplicação de águas residuárias de suinocultura, por se tratar de fonte rica desses nutrientes. Segundo o autor, a produtividade de matéria seca foi maior nos tratamentos que receberam águas residuárias de suinocultura, independente da lâmina aplicada, e alterou as características químicas do solo nas diversas lâminas estudadas.

Segundo Del Moro et al. (2010), não se pode desprezar o nutriente potássio na aplicação de dejetos. De acordo com VILELA et al. (2004), geralmente, os sais de potássio apresentam alta solubilidade e as concentrações de K na solução do solo podem, também, atingir concentrações bastante elevadas. Em razão disso, a utilização de dejetos de suínos requer cuidados especiais, entre os quais, a definição de doses adequadas em função da necessidade das plantas e o potencial de acumulação de potássio no perfil do solo, indicando a necessidade de monitoração periódica desse elemento.

A avaliação da qualidade de solo para as substâncias químicas naturalmente presentes no solo, conforme Resolução CONAMA 420 (CONAMA, 2009) com suas alterações, deve ser efetuada com base em Valores Orientadores de Referência de

Qualidade, de Prevenção e de Investigação – VRQ's, que devem ser estabelecidos pelos Estados e Distrito Federal até dezembro de 2014.

De acordo com a quantidade de K em relação aos demais cátions junto ao complexo de troca do solo, têm-se diferentes graus de saturação de K. A saturação de K é dada pela relação entre o K trocável e a CTC potencial (T) do solo, expressa em porcentagem. Tem-se sugerido utilizar esse valor como índice de disponibilidade de K para as plantas. Além disso, para potássio, os teores do nutriente no solo são um eficiente índice para avaliar sua disponibilidade no solo, contudo a relação K/T pode, eventualmente, ser usada como um critério auxiliar (IAC, 2014).

Tendo o pressuposto que a aplicação de ARS no solo pode promover a alteração nos teores de K no solo, assim como em profundidade, urge a necessidade de avaliar doses de aplicação de ARS, considerando a recomendação agrônômica do K.

## **EFEITO NAS PLANTAS DECORRENTES DO USO AGRÍCOLA DE EFLUENTES DA SUINOCULTURA**

Entre os elementos essenciais ao crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas, destacam-se o N, o P e o K. A Sua falta ou excesso provoca desordem nutricional, ou seja, há um denominador comum para os sintomas em todas as espécies (MALAVOLTA, 2006).

Em relação ao K, este nutriente é mais abundante nas plantas chegando a constituir até 10% de seu peso, apesar de não ser integrante de nenhum composto dentro das plantas (EPSTEIN & BLOOM, 2006). Embora seja necessário suprimento adequado de todos os nutrientes para as plantas visando um aumento constante do rendimento, o aumento da eficiência da nutrição potássica é extremamente importante. Enquanto a fixação biológica é uma importante fonte de N para o ecossistema, não existem fontes renováveis de K no ciclo biogeoquímico (LÉIS, 2009).

As gramíneas tropicais produzem elevadas quantidades de matéria seca - MS devido à sua alta capacidade fisiológica de converter energia solar em fotoassimilados. A fertilidade do solo é fator primordial para garantir a produção de matéria seca, porém é necessário que exista equilíbrio entre os macronutrientes e os micronutrientes do solo. Assim, a disponibilidade de nutrientes é fundamental no processo de forragens (LAVRES JÚNIOR et al., 2003).

No trabalho intitulado “Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos”, Durigon et al. (2002) conduziram os tratamentos com doses de 0, 20 e 40 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de ARS, aplicadas em intervalos de 45 a 60 dias e analisaram os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, e concluíram que aplicação da dose de 20 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de ARS em intervalos de 45 a 60 dias foi mais eficiente para o suprimento de nutrientes às plantas da pastagem natural. Esses mesmos autores destacam que se deve ter especial atenção às concentrações de potássio e magnésio presentes na ARS, considerando as altas taxas de exportação desses nutrientes via matéria seca da pastagem.

Konzen (2002) cita que em pastagens de capim tanzânia e mombaça, em Brasilândia - MS, foram obtidas produções de matéria seca da ordem de 8.000 kg ha<sup>-1</sup>.mês<sup>-1</sup>, utilizando-se de fertirrigação com ARS, em dose de 180 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Em estudos pioneiros sobre o uso de dejetos em plantas forrageiras, realizados na Universidade Federal de Santa Maria, em pastagem natural, foram obtidos aumentos de até 307% na produção de massa seca - MS com aplicações repetidas de dejetos (40 m<sup>3</sup>/ha), ao passo que, no centro do País, com aplicações de 150 m<sup>3</sup>/ha/ano, a produção de *Brachiaria brizantha* cv. *Marundu*, chegou a 156% a mais em relação à testemunha (KONZEN, 2003)

Konzen (2003) fez ainda observações em pastagens de capim tanzânia, mombaça e braquiarião fertirrigadas com dejetos de suínos, em Brasilândia, Mato Grosso do Sul, e verificou produções de até oito toneladas de matéria seca por hectare por mês.

Ceretta et al. (2005), ao estudarem a produção de matéria seca na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro cultivados sobre Argissolo Vermelho distrófico arênico, verificaram uma eficiente recuperação de K pelo milho, sendo 46,3% na média dos

dois anos de cultivo e das três doses de dejetos aplicadas, utilizando-se 20, 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de. Esses mesmos pesquisadores concluíram que a maior produção de matéria seca de aveia preta ocorreu com doses muito altas de dejetos líquidos de suínos e, na maioria dos casos, evidencia que na tomada de decisão sobre doses de ARS devem ser levados em consideração também aspectos operacionais, econômicos e ambientais.

Já Drumond (2006), ao estudar a produção de matéria seca em pastagem de Tifton 85 irrigada com ARS, concluiu que o fornecimento de 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> de ARS possibilitou produção de 5.928 kg de matéria seca por ciclo de 28 dias, correspondendo acerca de duas vezes a produção de Tifton 85 do tratamento que recebeu somente água.

Medeiros et al. (2007) concluíram que a aplicação de ARS na dosagem de 180 m<sup>3</sup>/ha/ano proporcionou, em comparação à adubação química, resultados melhores ou semelhantes para produção do *Brachiaria brizantha* cv Marandu e, desta forma, a aplicação de ARS poder-se-ia substituir de forma satisfatória a adubação química.

Freitas et al. (2009) concluíram que a fertilização com 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> de ARS e a fertilização mineral apresentaram as melhores produções de massa seca, bem como, que a fertilização orgânica e mineral melhoraram os atributos químicos do solo nas camadas mais superficiais, ao estudarem a produção de massa seca e atributos químicos de solos com capim-mombaça submetido a fertilização orgânica, mineral e irrigação.

O Capim Mombaça, apesar de seu comprovado potencial para uso em sistemas intensivos, possui informações isoladas sobre suas características de produção, sem associá-las à aplicação de ARS, a irrigação, e as modificações nos atributos químicos do solo (FREITAS, 2007). Contudo, tem se destacado por apresentar elevados índices de produção de massa seca - MS, mas possui alta exigência em relação à fertilidade dos solos (FREITAS et al., 2009). Jank et al. (1994) consideram o Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) como sendo uma das forrageiras tropicais mais produtivas à disposição dos pecuaristas.

Uma das limitações do uso dos dejetos em culturas e pastagens é que, em razão da baixa e variada concentração de nutrientes, torna-se necessário aplicar volumes superiores às dos fertilizantes minerais para suprir as exigências nutricionais das plantas. Normalmente, o nitrogênio é o principal elemento adotado na determinação das doses de ARS a serem aplicadas (ROGERS et al., 1996). Assim, vê-se a necessidade de um maior aprofundamento nos estudos da produção de biomassa de forrageira em relação às aplicações de K no solo via ARS, bem como no comportamento da Mombaça na extração de K do solo.

## **LEGISLAÇÃO PERTINENTE AO USO AGRÍCOLA DE EFLUENTES DE SUINOCULTURA**

No mundo inteiro a utilização de efluentes para agricultura vem sendo efetuada e discutida, sendo que em alguns países encontram-se bastante avançados com a legislação sobre a utilização dos efluentes pecuários (PEREIRA, 2006).

Portugal destaca-se por haver legislado sobre o assunto, conforme a NT-PGEP versão 3.5 (Norma Técnica para Elaboração de Plano de Gestão dos Efluentes Pecuários). O Decreto-Lei n.º 214 de 10 de Novembro de 2008, de Portugal, define os efluentes pecuários. Numa portaria conjunta dos Ministérios do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional e da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, de nº 631 de 9 de Junho de 2009 é definida a caracterização de esterco e chorume. Pela NT-PGEP, já acima citada, são determinadas as regras para a elaboração de todos os Planos de Gestão de Efluentes Pecuários (PGEP) necessários aos processos de licenciamento das atividades pecuárias com geração superior a 200 m<sup>3</sup>/ano de efluentes. (DRAP, 2014).

No Brasil, o sistema de licenciamento ambiental de atividades efetivamente e/ou potencialmente poluidoras é de competência comum entre a União, Estados, Distrito Federal e Municípios, conforme a Constituição Federal (BRASIL, 1988) em seu

artigo 23, cuja norma norteadora sobre as competências dá-se pela Lei Complementar nº 140 de 08 d dezembro de 2008.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA instituído pela Lei 6.938 de 23 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto Federal nº 99.274 de 06 de junho de 1990 (CONAMA, 2014).

No estado do Espírito Santo o licenciamento ambiental de atividades agropecuárias potencialmente e/ou efetivamente poluidoras é compartilhado entre o Instituto Estadual de Meio Ambiente – IEMA e o Instituto Estadual de Defesa Agropecuária e Florestal – IDAF, dependendo do porte da atividade. Conforme Decreto Estadual 2055-R, de 14 de maio de 2008 (IDAF, 2008), as atividades que possuam porte poluidor do tipo Simplificado, I e II são licenciadas ambientalmente pelo IDAF, e aquelas que possuem porte III e IV, pelo IEMA.

Para a atividade de suinocultura, o enquadramento da atividade está previsto na Instrução Normativa do IDAF nº 004 de 09 de maio de 2011 (IDAF, 2011). Nesta, os criadouros que possuem uma capacidade máxima de lotação no ciclo de até 200 cabeças animais se enquadram na Classe Simplificada, e os que possuem de 201 até 1000 cabeças animais e 1001 até 1500 cabeças animais no sistema criação em ciclo completo, se enquadram nas classes I e II, respectivamente.

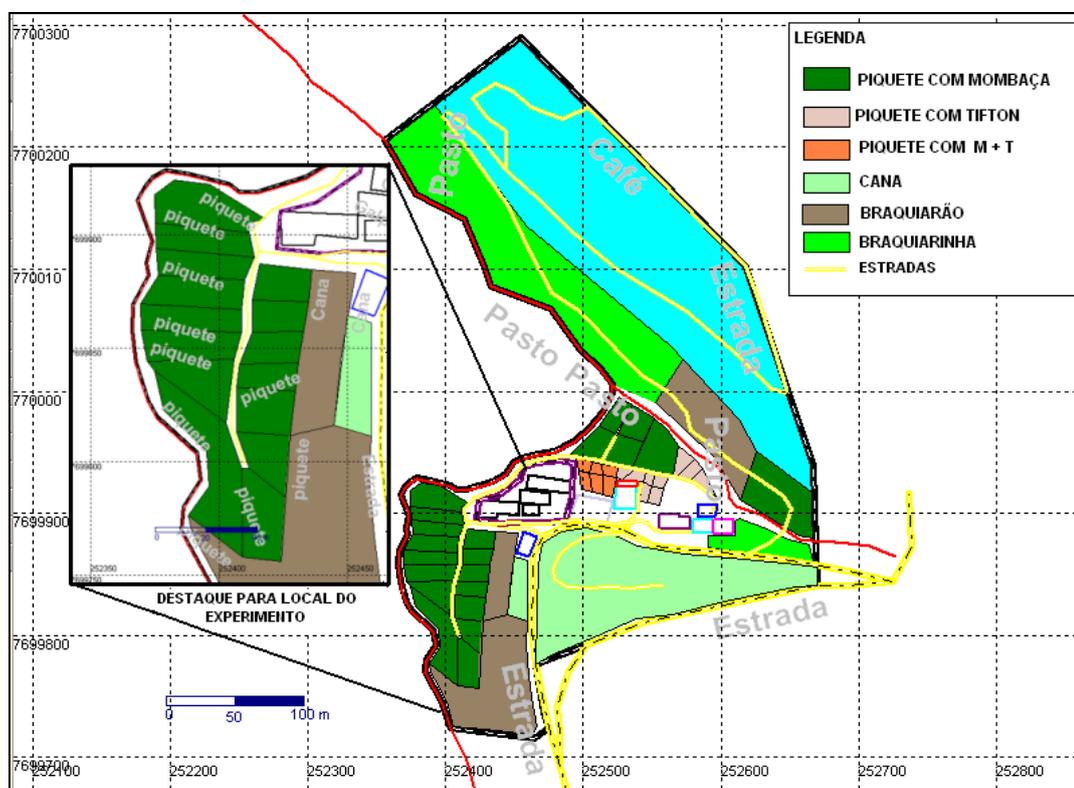
Segundo IDAF (2008), as atividades devem possuir um sistema de tratamento da ARS com a implementação, de forma isolada e/ou integrada, os mecanismos de: a) utilização de esterqueiras dimensionadas para receber e estocar o volume de ARS por um período mínimo de 120 dias; b) disposição em lagoas de estabilização adequadamente dimensionadas ao porte da atividade; e c) qualquer outro sistema físico-químico-biológico de tratamento e destinação final utilizados de forma isolada ou integrada que tenha comprovação de sua eficácia e eficiência. O acompanhamento da destinação final desse resíduo deve ser monitorado por profissional devidamente habilitado com registro em conselho de classe correspondente.

## MATERIAL E MÉTODOS

### CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi desenvolvido na propriedade rural Santa Maria, localizada no Distrito Sede do município de Jerônimo Monteiro – ES, com área total de 9,50 hectares, altitude em torno de 100 m, geograficamente localizado às Coordenadas Datum WGS 84 UTM 24 K, 252411 E : 7699858 N. O clima da região, segundo Köppen, como sendo do tipo Aw, com estação seca no inverno e verão quente e chuvoso.

Na propriedade rural (Figuras 2), são desenvolvidas duas atividades pecuárias, sendo: pecuária leiteira realizada em um sistema intensivo com pastejo rotacionado em piquetes e suinocultura onde são mantidos em média 200 animais criados em sistema de ciclo completo.



**Figura 2** - Croqui da propriedade Santa Maria no Município de Jerônimo Monteiro, ES, local de realização do experimento.

A pecuária intensiva irrigada é a principal atividade econômica da propriedade, sendo praticada com 26 piquetes de 410 m<sup>2</sup> cada, onde são mantidas 12 vacas com produção média anual de 130 litros de leite por dia. A propriedade também possui outros quatro piquetes destinados a pastos que são ocupados por animais fora de lactação e bezerras.

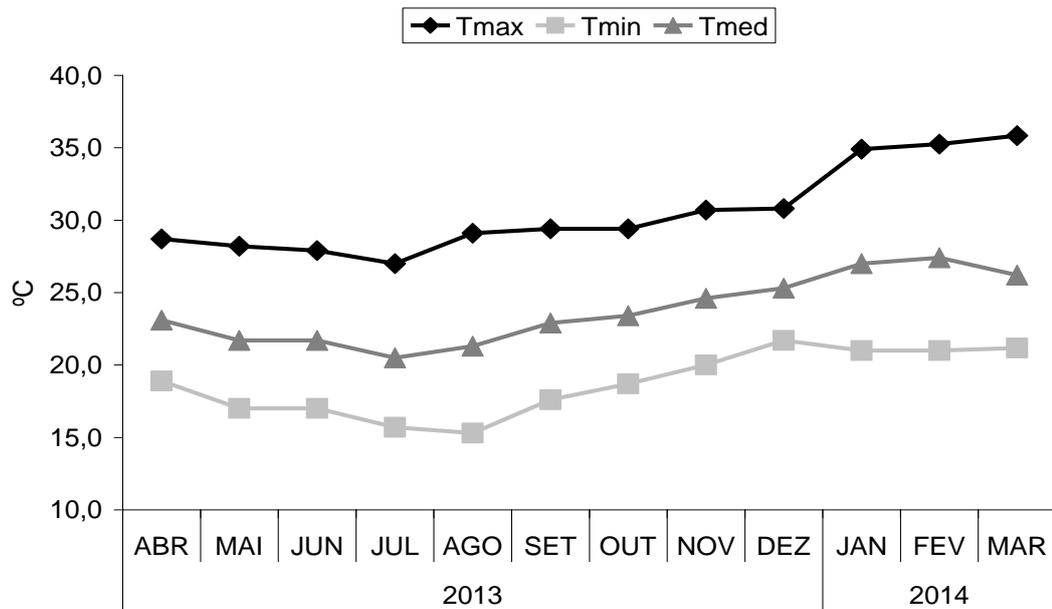
A atividade de suinocultura gera cerca de 1000 litros por dia de resíduos líquidos, denominado Água Residuária da Suinocultura (ARS) que, após passar por um sistema de tratamento preliminar constituído de gradeamento para retirada dos sólidos mais grosseiros, é direcionada para um tanque de decantação de 2,0 x 2,5 x 2,5 m (largura, comprimento e profundidade, respectivamente), onde posteriormente é bombeada para um reservatório impermeabilizado de 90 m<sup>3</sup> (esterqueira).

A cada três meses, a ARS armazenada no reservatório é bombeada e distribuída manualmente nos piquetes promovendo a fertirrigação das pastagens que aportam o volumoso para a pecuária leiteira.

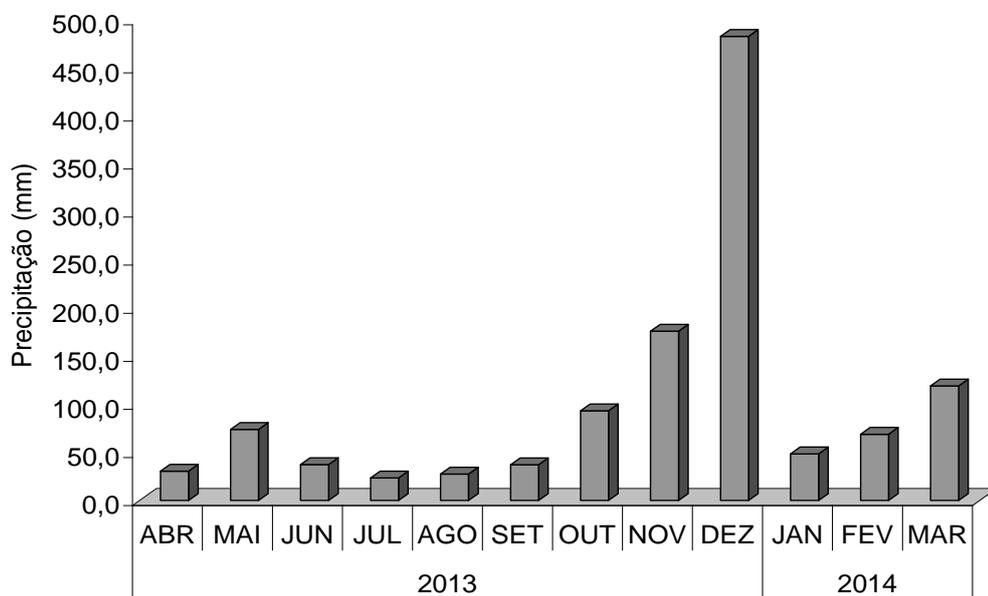
## **ESCOLHA DO LOCAL PARA REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO, DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS ADOTADOS**

O experimento foi realizado entre os meses de maio de 2013 a março de 2014 num período de 270 dias. Entre os 26 piquetes existentes na propriedade foram selecionados 15 (Figura 2) para a implantação do experimento por estarem em uma área plana, formada por Neossolo Flúvico onde é cultivado o Capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça). Nesses piquetes é adotado o sistema de pastejo rotacionado onde foi possível a aplicação de ARS, como destinação final do efluente.

Durante o período experimental foram coletadas as informações de pluviosidade média, temperaturas máxima, mínima e média obtidas na Estação Meteorológica automática do INMET para a região onde foi realizado o estudo, conforme Figuras 3 e 4. No período experimental, verificou-se a temperatura média de 24,7 °C., precipitação 1217 mm.



**Figura 3** - Dados meteorológicos médios de Temperaturas Máxima, Mínimas e Médias em °C, para a região onde foi realizado o experimento, obtidos na estação meteorológica automática do INMET verificados no período de abril de 2013 a março de 2014. Adaptado de INCAPER (2014).



**Figura 4** - Dados meteorológicos médios de Precipitação mensal (mm), para a região onde foi realizado o experimento, obtidos na estação meteorológica automática do INMET verificados no período de abril de 2013 a março de 2014 (Adaptado de INCAPER (2014)).

Para as variáveis Potássio (K) e Relação Potássio na capacidade de troca de cátions do solo (K/CTC), utilizou-se o delineamento experimental em esquema de parcelas subsubdivididas com três repetições. As parcelas foram compostas pela aplicação de cinco tratamentos sendo a Adubação Mineral definida pela recomendação agrônômica de potássio ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e quatro doses de ARS correspondentes a 50, 100, 150 e 200% da dosagem recomendada de potássio (equivalentes a 100, 200, 300 e  $400 \text{ kg ha}^{-1}$ ) para o capim Mombaça, em cultivo intensivo, divididas em quatro aplicações. As subparcelas foram compostas pelas profundidades avaliadas no perfil do solo, sendo: 0 a 10; 10 a 20; 20 a 40 e 40 a 60 centímetros. Nas subsubparcelas, teve-se a situação, representada pelo tempo antes da aplicação da ARS, denominada AAARS, e dez dias após cada aplicação da ARS, denominadas DAARS.

As variáveis Massas Seca e Teor de K na planta foram estudadas em um delineamento em esquema de parcelas subdivididas com três repetições. As parcelas foram compostas pelos tratamentos, adubação mineral (equivalente a  $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}$ ) e doses de ARS 50, 100, 150 e 200% da recomendação agrônômica (equivalentes a 100, 200, 300 e  $400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}$ ) para o capim Mombaça em sistema de cultivo intensivo, dividida em quatro aplicações. As subparcelas foram quatro períodos de avaliação correspondentes às divisões das aplicações dos tratamentos, sendo aos dias 10, 130, 210 e 270.

Objetivando estabelecer os cálculos agrônômicos e definição das doses de aplicações de efluentes correspondentes aos tratamentos a serem aplicados, foi realizada previamente a caracterização dos atributos químicos do solo onde foram retiradas, na camada superficial de 0–20 cm de cada unidade experimental, nove amostras simples deformadas do solo com auxílio de uma sonda de 0,30 metros e diâmetro de 12,7 milímetros, formando uma amostra composta.

Depois de amostrado, o solo foi seco ao ar, destorroado e passado em peneira de 2,0 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Posteriormente, as amostras foram encaminhadas ao laboratório (Tabela 1) para análise química de rotina, conforme metodologia preconizada pela Embrapa (2009).

**Tabela 1** - Atributos químicos do Neossolo Flúvico utilizados para os cálculos de fertirrigação da pastagem de capim Mombaça, cultivada em um Neossolo Flúvico no município de Jerônimo Monteiro – ES

| pH  | P                              | K    | Na | Ca  | Mg   | H+Al | T    | S.B. | V  |
|-----|--------------------------------|------|----|---|------|------|------|------|----|
|     | -----mg dm <sup>-3</sup> ----- |      |    | -----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----- |      |      |      |      | %  |
| 6,1 | 45,7                           | 60,2 | 6  | 4,0   | 0,65 | 1,53 | 6,33 | 4,8  | 71 |

Extração e determinação: pH em água (1:2,5); MO: dicromato de potássio (1 mol L<sup>-1</sup>) e titulação pelo sulfato ferroso (0,5 mol L<sup>-1</sup>); P: Mehlich-1 e colorimetria; K: Mehlich-1 e espectrofotometria de chama; Ca e Mg: KCl (1 mol L<sup>-1</sup>) e espectrometria de absorção atômica; e Al: KCl (1 mol L<sup>-1</sup>) e titulometria; H + Al: acetato de cálcio (0,5 mol L<sup>-1</sup>) (EMBRAPA, 2009).

Para caracterização física do solo em cada unidade experimental (piquetes), foi retirada uma amostra composta oriunda de cinco amostras simples deformadas com auxílio de uma sonda de 1,30 metros e diâmetro de 50 milímetros, nas profundidades de 0 – 10; 10 – 20; 20 - 40 e 40 – 60 cm.

Depois de amostrado, o solo foi seco ao ar, destorroado e passado em peneira de 2,0 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Posteriormente, as amostras foram encaminhadas ao laboratório para quantificação da areia grossa, final e total; silte e argila (Tabela 2) conforme metodologia preconizada pela Embrapa (2007).

**Tabela 2** - Caracterização granulométrica do Neossolo Flúvico às profundidades de 0 – 10, 10 – 20, 20 – 40 e 40 – 60 cm, onde aplicou-se os tratamentos de fertilização por Adubação Mineral (100%) e ARS (50, 100, 150 e 200%) para o capim Mombaça, no município de Jerônimo Monteiro – ES

| Tratamento       | Repetição/ nº do Piquete | Profundidade | Areia  |      |       | Silte | Argila | Textura               |
|------------------|--------------------------|--------------|--------|------|-------|-------|--------|-----------------------|
|                  |                          |              | Grossa | Fina | Total |       |        |                       |
| Adubação Mineral | 1/2                      | 0 – 10       | 224    | 322  | 546   | 214   | 240    | Franco Argilo Arenoso |
|                  |                          | 10 – 20      | 232    | 306  | 538   | 222   | 240    | Franco Argilo Arenoso |
|                  |                          | 20 – 40      | 176    | 272  | 448   | 272   | 280    | Franco Argiloso       |
|                  |                          | 40 – 60      | 186    | 312  | 498   | 262   | 240    | Franco Argilo Arenoso |
|                  | 2/8                      | 0 – 10       | 202    | 518  | 720   | 140   | 140    | Franco Arenoso        |
|                  |                          | 10 – 20      | 508    | 300  | 808   | 92    | 100    | Franco Arenoso        |
|                  |                          | 20 – 40      | 492    | 314  | 806   | 74    | 120    | Franco Arenoso        |
|                  |                          | 40 – 60      | 424    | 378  | 802   | 78    | 120    | Franco Arenoso        |
|                  | 3/12                     | 0 – 10       | 508    | 376  | 884   | 56    | 60     | Areia Franca          |
|                  |                          | 10 – 20      | 540    | 340  | 880   | 60    | 60     | Areia Franca          |
|                  |                          | 20 – 40      | 322    | 506  | 828   | 72    | 100    | Areia Franca          |
|                  |                          | 40 – 60      | 360    | 458  | 818   | 82    | 100    | Areia Franca          |
| ARS Dose 50%     | 1/7                      | 0 – 10       | 246    | 402  | 648   | 192   | 160    | Franco Arenoso        |
|                  |                          | 10 – 20      | 404    | 460  | 864   | 56    | 80     | Areia Franca          |
|                  |                          | 20 – 40      | 290    | 388  | 678   | 162   | 160    | Franco Arenoso        |
|                  |                          | 40 – 60      | 456    | 298  | 754   | 86    | 160    | Franco Arenoso        |
|                  | 2/10                     | 0 – 10       | 560    | 298  | 858   | 62    | 80     | Areia Franca          |
|                  |                          | 10 – 20      | 472    | 362  | 834   | 66    | 100    | Areia Franca          |
|                  |                          | 20 – 40      | 444    | 388  | 832   | 68    | 100    | Areia Franca          |
|                  |                          | 40 – 60      | 476    | 292  | 768   | 152   | 80     | Franco Arenoso        |
|                  | 3/15                     | 0 – 10       | 326    | 446  | 772   | 88    | 140    | Franco Arenoso        |
|                  |                          | 10 – 20      | 344    | 400  | 744   | 116   | 140    | Franco Arenoso        |
|                  |                          | 20 – 40      | 300    | 428  | 728   | 112   | 160    | Franco Arenoso        |
|                  |                          | 40 – 60      | 316    | 364  | 680   | 140   | 180    | Franco Arenoso        |

**Continuação Tabela 2** - Caracterização granulométrica do Neossolo Flúvico às profundidades de 0 – 10, 10 – 20, 20 – 40 e 40 – 60 cm, onde aplicou-se os tratamentos de fertilização por Adubação Mineral (100%) e ARS (50, 100, 150 e 200%) para o capim Mombaça, no município de Jerônimo Monteiro – ES

| Tratamento | Repetição/ nº do Piquete | Profundidade | Areia  |      |       | Silte | Argila | Textura               |
|------------|--------------------------|--------------|--------|------|-------|-------|--------|-----------------------|
|            |                          |              | Grossa | Fina | Total |       |        |                       |
| 100%       | 1/3                      | 0 – 10       | 350    | 290  | 640   | 140   | 220    | Franco Argilo Arenoso |
|            |                          | 10 – 20      | 408    | 276  | 684   | 116   | 200    | Franco Argilo Arenoso |
|            |                          | 20 – 40      | 374    | 274  | 648   | 132   | 220    | Franco Argilo Arenoso |
|            |                          | 40 – 60      | 408    | 264  | 672   | 128   | 200    | Franco Argilo Arenoso |
|            | 2/6                      | 0 – 10       | 392    | 306  | 698   | 102   | 200    | Franco Arenoso        |
|            |                          | 10 – 20      | 382    | 300  | 682   | 118   | 200    | Franco Arenoso        |
|            |                          | 20 – 40      | 366    | 362  | 728   | 112   | 160    | Franco Arenoso        |
|            |                          | 40 – 60      | 356    | 356  | 712   | 108   | 180    | Franco Arenoso        |
|            | 3/11                     | 0 – 10       | 580    | 282  | 862   | 58    | 80     | Areia Franca          |
|            |                          | 10 – 20      | 600    | 264  | 864   | 56    | 80     | Areia Franca          |
|            |                          | 20 – 40      | 578    | 282  | 860   | 40    | 100    | Areia Franca          |
|            |                          | 40 – 60      | 498    | 328  | 826   | 74    | 100    | Areia Franca          |
| 150%       | 1/4                      | 0 – 10       | 342    | 424  | 766   | 114   | 120    | Franco Arenoso        |
|            |                          | 10 – 20      | 346    | 402  | 748   | 112   | 140    | Franco Arenoso        |
|            |                          | 20 – 40      | 456    | 376  | 832   | 68    | 100    | Areia Franca          |
|            |                          | 40 – 60      | 448    | 400  | 848   | 72    | 80     | Areia Franca          |
|            | 2/9                      | 0 – 10       | 384    | 406  | 790   | 110   | 100    | Franco Arenoso        |
|            |                          | 10 – 20      | 350    | 462  | 812   | 68    | 120    | Franco Arenoso        |
|            |                          | 20 – 40      | 468    | 342  | 810   | 90    | 100    | Franco Arenoso        |
|            |                          | 40 – 60      | 438    | 418  | 856   | 64    | 80     | Areia Franca          |
|            | 3/14                     | 0 – 10       | 438    | 360  | 798   | 82    | 120    | Franco Arenoso        |
|            |                          | 10 – 20      | 460    | 380  | 840   | 60    | 100    | Areia Franca          |
|            |                          | 20 – 40      | 444    | 394  | 838   | 62    | 100    | Areia Franca          |
|            |                          | 40 – 60      | 528    | 380  | 908   | 32    | 60     | Areia                 |

**Continuação Tabela 2** - Caracterização granulométrica do Neossolo Flúvico às profundidades de 0 – 10, 10 – 20, 20 – 40 e 40 – 60 cm, onde aplicou-se os tratamentos de fertilização por Adubação Mineral (100%) e ARS (50, 100, 150 e 200%) para o capim Mombaça, no município de Jerônimo Monteiro – ES

| Tratamento | Repetição/ nº do Piquete | Profundidade | Areia  |      |       | Silte | Argila | Textura               |
|------------|--------------------------|--------------|--------|------|-------|-------|--------|-----------------------|
|            |                          |              | Grossa | Fina | Total |       |        |                       |
| 200%       | 1/2                      | 0 – 10       | 300    | 300  | 600   | 200   | 200    | Franco Argilo Arenoso |
|            |                          | 10 – 20      | 322    | 318  | 640   | 160   | 200    | Franco Argilo Arenoso |
|            |                          | 20 – 40      | 300    | 298  | 598   | 182   | 220    | Franco Argilo Arenoso |
|            |                          | 40 – 60      | 308    | 308  | 616   | 184   | 200    | Franco Argilo Arenoso |
|            | 2/5                      | 0 – 10       | 380    | 354  | 734   | 106   | 160    | Franco Arenoso        |
|            |                          | 10 – 20      | 332    | 378  | 710   | 110   | 180    | Franco Arenoso        |
|            |                          | 20 – 40      | 306    | 394  | 700   | 120   | 180    | Franco Arenoso        |
|            |                          | 40 – 60      | 226    | 480  | 706   | 154   | 140    | Franco Arenoso        |
|            | 3/13                     | 0 – 10       | 470    | 350  | 820   | 60    | 120    | Areia Franca          |
|            |                          | 10 – 20      | 458    | 368  | 826   | 74    | 100    | Areia Franca          |
|            |                          | 20 – 40      | 390    | 458  | 848   | 72    | 80     | Areia Franca          |
|            |                          | 40 – 60      | 402    | 426  | 828   | 72    | 100    | Areia Franca          |

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA PARA O EXPERIMENTO

Anteriormente, a cada aplicação da ARS, foi coletado um volume de um litro de ARS diretamente no tanque denominado esterqueira. Depois de coletada, a amostra de ARS foi acondicionada em um recipiente esterilizado que foi lacrado e acondicionado sob refrigeração a  $\pm 4$  °C.

A amostra foi encaminhada ao laboratório para determinação da Condutividade Elétrica e o pH, conforme demonstrado na Tabela 3. Também foram quantificados os teores de Ferro Reduzido ( $\text{Fe}^{2+}$ ), Oxidado ( $\text{Fe}^{3+}$ ) e Total; Sódio; Cloro; Carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ); Dureza ( $\text{CaCO}_3$ ); Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ); Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ); Potássio; Cálcio; Magnésio; Boro; Manganês; Zinco; Cobre; Alumínio; e Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), conforme metodologia preconizada por Silva & Oliveira (2001). De posse dos resultados dos teores de sódio, cálcio e magnésio, foi determinada a Razão de Adsorção de Sódio - RAS.

**Tabela 3** - Caracterização química média da ARS utilizada na fertirrigação da pastagem de capim Mombaça, cultivado em um Neossolo Flúvico no município de Jerônimo Monteiro – ES

|  |  |   |   |  |                                   |   |
|--|--|---|---|--|-----------------------------------|---|
| Condutividade Elétrica<br>$\text{dS m}^{-1}$ | pH<br>-  | Razão de Adsorção de Sódio<br>$\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$ | Ferro Reduzido ( $\text{Fe}^{2+}$ )<br>$\text{mg L}^{-1}$ | Ferro Oxidado ( $\text{Fe}^{3+}$ )<br>$\text{mg L}^{-1}$ | Ferro Total<br>$\text{mg L}^{-1}$ | Sódio<br>$\text{mg L}^{-1}$                       |
| 4,3475                                       | 7,725  | 4,5525  | 0,2225  | 0,3125   | 0,535                             | 8,6   |
| Cloro<br>$\text{mg L}^{-1}$                  | Carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ )<br>$\text{mg L}^{-1}$ | Dureza ( $\text{CaCO}_3$ )<br>$\text{mg L}^{-1}$            | Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ )<br>$\text{mg L}^{-1}$      | Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ )<br>$\text{mg L}^{-1}$     | Potássio<br>$\text{mg L}^{-1}$    | Cálcio<br>$\text{mg L}^{-1}$                      |
| 0,375  | 0,115  | 363,9875  | 1,7625  | 6,3225   | 355                               | 4,0925  |
| Magnésio<br>$\text{mg L}^{-1}$               | Boro<br>$\text{mg L}^{-1}$                             | Manganês<br>$\text{mg L}^{-1}$                              | Zinco<br>$\text{mg L}^{-1}$                               | Cobre<br>$\text{mg L}^{-1}$                              | Alumínio<br>$\text{mg L}^{-1}$    | Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )<br>$\text{mg L}^{-1}$ |
| 3,19   | 0,9975   | 0,3175  | 0,2375  | 0,1675   | 0,03625                           | 3,2   |

De posse da caracterização química do solo e dos teores dos macronutrientes na ARS, definiram-se as dosagens correspondentes aos níveis a serem aplicados tomando como base a recomendação agrônômica do potássio pelo fato de ser o nutriente de maior concentração na análise da ARS. Definiu-se pela recomendação anual de potássio de 200 kg ha<sup>-1</sup> para o Capim Mombaça, conforme proposto por (PREZZOTI, 2013) para piquete rotacionado, sendo esta dose dividida em quatro aplicações.

Uma vez definida a recomendação anual de potássio para o atendimento da demanda nutricional da cultura, estabeleceu-se pela aplicação de doses de 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, correspondendo, respectivamente aos níveis de 50, 100, 150 e 200%.

Conhecido volume de ARS necessário para a aplicação das doses e considerando o tamanho dos piquetes selecionados, efetuou-se o ajuste para a vazão do equipamento de irrigação e, assim, obteve-se o tempo necessário para aplicar o volume de ARS compreendido para cada uma das doses se ARS previstas neste trabalho.

Na Tabela 4, são apresentados os volumes de ARS aplicados para cada tratamento em metros cúbicos por piquetes.

**Tabela 4** - Volumes de ARS utilizados na fertirrigação da pastagem de capim Mombaça, cultivado em um Neossolo Flúvico no município de Jerônimo Monteiro – ES

| Tratamento       | Unidade                              | Volume Aplicado |
|------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Adubação Mineral | m <sup>3</sup> piquete <sup>-1</sup> | 0               |
| ARS 50           | m <sup>3</sup> piquete <sup>-1</sup> | 6,50            |
| ARS 100          | m <sup>3</sup> piquete <sup>-1</sup> | 13,00           |
| ARS 150          | m <sup>3</sup> piquete <sup>-1</sup> | 19,50           |
| ARS 200          | m <sup>3</sup> piquete <sup>-1</sup> | 26,00           |

Devido à variação nos teores de potássio da ARS, conforme apresentado na Tabela 3, esse procedimento foi ajustado de modo a quantificar o volume de ARS a ser aplicado para atender o parcelamento da recomendação agrônômica do nutriente potássio, durante o período experimental, para cada aplicação.

### **AVALIAÇÃO DOS TEORES DE K NO SOLO**

Para avaliar as possíveis alterações no atributo K, e da relação K/T no perfil do solo estudado decorrentes da aplicação dos diferentes tratamentos, aos dez dias após cada aplicação (Tabela 3), dado o manejo do pastejo utilizado na propriedade, foi coletada, em cada unidade experimental, uma amostra composta oriunda de cinco amostras simples (Figura 6) deformadas com auxílio de uma sonda de 1,30 metros e diâmetro de 50 milímetros, nas profundidades de 0–10; 10–20; 20–40 e 40–60 cm.



**Figura 5** - Amostragem do solo realizada com auxílio de uma sonda de 1,30 m comprimento e 50 mm diâmetro, realizada na propriedade Santa Marta, município de Jerônimo Monteiro – ES.

Para a realização da amostragem, procedeu-se uma coleta aleatória em zig-zag, dentro dos limites de cada unidade experimental, de cinco amostras simples do solo. As amostras simples foram homogeneizadas em bandejas plásticas, obtendo-se uma amostra composta. Ao final desse procedimento, as amostras de solo foram acondicionadas em vasilhames plásticos e encaminhadas para laboratório onde foram secas ao ar e posteriormente destorroadas e passadas em peneira de 2,0 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

As amostras, então, foram encaminhadas ao laboratório para determinação dos teores de macronutrientes, conforme Tabela 5, seguindo a metodologia preconizada pela Embrapa (2009).

**Tabela 5** - Metodologias utilizadas para a análise dos atributos químicos do solo

| Variáveis       | Unidade                             | Método                                   |
|-----------------|-------------------------------------|--|
| Potássio –K     | mg dm <sup>-3</sup>                 | Fotômetro de Chama                       |
| T (CTC a pH7,0) | cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> | $\Sigma [(K/390)+Ca+Mg+(H+Al)+(Na/230)]$ |
| K/T             | %                                   | $[(K/390)/T]*100$                        |

## **QUANTIFICAÇÃO DO POTÁSSIO NA PLANTA E DA MASSA SECA DO CAPIM MOMBAÇA**

Para avaliar as produções de massas fresca e seca em cada unidade experimental, foi realizada a coleta das biomassas com auxílio de uma tesoura, utilizando um gabarito de 1,0 m<sup>2</sup>, distribuído de forma aleatória por dentro de cada piquete.

O corte do capim Mombaça foi realizado respeitando a altura de pastejo adotado pelo proprietário rural, de cerca de 30 centímetros de altura em relação ao solo. Essas amostras foram obtidas depois de decorridos 10 dias da aplicação da ARS, anteriormente ao retorno dos animais à área experimental.

O tecido foliar colhido foi acondicionado em sacola de papel. Para a obtenção da Massa Seca, utilizou-se de estufa de circulação forçada a  $\pm 72$  °C até se obter uma massa constante. Posteriormente, o material foi pesado em balança de precisão para obtenção do peso da matéria seca.

Em seguida, o material foi moído em moinho de faca tipo Willey (<40 mesh), acondicionado em sacolas identificadas para envio ao laboratório, para análise química completa para determinação da concentração de nutrientes no tecido vegetal. Os teores de potássio (K) foram determinados após a digestão nitro-perclórica por fotometro de chama (MALAVOLTA et al., 1997). A extração de K foi calculada a partir dos teores de K obtidos nas folhas e a produção média de Massa Seca da Mombaça no período experimental.

### **ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS**

De posse dos resultados obtidos, a análise estatística foi realizada por meio de análise de variância adotando 5% significância F, sendo realizado o Contraste entre os valores médios obtidos para Adubação Mineral e a ARS ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. Posteriormente, para as variáveis quantitativas, foi realizada a análise de regressão a 5% de significância, sendo que os modelos foram escolhidos pela utilização o teste t de Student, e pelos coeficientes de determinação R<sup>2</sup>, utilizando-se o software SAEG.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### POTÁSSIO NO SOLO.

Na análise estatística apresentada na Tabela 6, observa-se que para a concentração de potássio - K no solo, bem como para a relação entre o potássio e a capacidade de Troca de cátions - K/T, houve interação Tratamentos x Profundidades x Situação.

**Tabela 6** - Análise de variância adotada para analisar os efeitos da aplicação da ARS sobre os atributos químicos no perfil do Neossolo flúvico sob cultivo de Mombaça, no município de Jerônimo Monteiro – ES

| Fonte de Variação | GL  | Quadrado Médio |           |
|-------------------|-----|----------------|-----------|
|                   |     | K              | K/T       |
| Trat              | 3   | 311,1592 *     | 10,5874 * |
| Erro A            | 8   | 1525,3230..    | 16,8058.. |
| Prof              | 3   | 28697,6800 *   | 31,6078 * |
| Erro B            | 15  | 542,9610..     | 2,7403..  |
| Dias              | 3   | 26219,8300 *   | 96,0155 * |
| Prof*Sit          | 9   | 2008,5670 *    | 3,7454 *  |
| Trat*Sit          | 9   | 2123,0730 *    | 5,4304 *  |
| Trat*Prof*Sit     | 27  | 576,0221*      | 1,5004*   |
| Resíduo           | 114 | 236,8225..     | 0,6280..  |

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste f.

Conforme a Tabela 6, na análise de variância dos dados, teve-se interação entre os fatores estudados, havendo ocorrido a interação tripla entre Tratamentos x Profundidades x Situações. Assim, realizou-se o estudo dessa interação para o K e a relação K/CTC, nos tratamentos de adubação mineral e doses de ARS nas situações antes e depois da aplicação da ARS, respectivamente AAARS e DAARS, para cada profundidade avaliada, conforme Tabela 7.

**Tabela 7** - Teores médios de Potássio – K ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) observados num Neossolo flúvico, localizado em Jerônimo Monteiro-ES, antes (AAARS) e depois (DAARS) da aplicação da Água Residuária de Suinocultura (AAARS)

|                   | Situação | K        |           | K/CTC     |          |          |
|-------------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
|                   |          | Adubação | ARS       | Adubação  | ARS      |          |
|                   |          | Mineral  |           | Mineral   |          |          |
| Profundidade (cm) | 0-10     | AAARS    | 70,75 b A | 86,35 a A | 2,82 b A | 3,86 a A |
|                   |          | DAARS    | 70,50 b A | 95,20 a A | 3,30 b A | 4,56 a A |
|                   | 10-20    | AAARS    | 48,75 b A | 60,47 a A | 2,62 b A | 3,21 a A |
|                   |          | DAARS    | 46,25 b A | 68,25 a A | 2,49 b A | 3,82 a A |
|                   | 20-40    | AAARS    | 40,37 b A | 50,02 a A | 2,45 b A | 2,85 a A |
|                   |          | DAARS    | 41,25 b A | 56,75 a A | 2,44 b A | 3,54 a A |
|                   | 40-60    | AAARS    | 34,75 b A | 41,14 a A | 2,11 b A | 2,49 a A |
|                   |          | DAARS    | 32,75 b A | 46,47 a A | 2,10 b A | 3,09 a A |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada profundidade, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tuckey ao nível.

Verifica-se, na Tabela 7, que não ocorreu diferença significativa para os teores de K do solo, entre as avaliações antes e após da aplicação da ARS. Todavia, verifica-se que ao compararmos os tratamentos, a ARS, tanto para o K, como para a relação K/CTC, mostrou-se significativamente superior à Adubação Mineral, comportamento este presente em todas as profundidades do solo estudadas. Esse comportamento já foi encontrado por Oliveira et al. (2004) que, ao estudarem o efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura nas características nutricionais do milho, relataram que os nutrientes no solo aumentaram com a aplicação de águas residuárias de suinocultura, por se tratar de fonte rica desses nutrientes, dentre esses o potássio – K.

Nota-se ainda, pela Tabela 7, que ocorre uma redução nos teores dos atributos avaliados, quando observado às profundidades. Ao analisarmos os teores, verifica-se que de acordo com Prezzoti (2014), os valores de K, mensurados para a Adubação Mineral, podem ser considerados médio na profundidade 0-10 cm, e baixo para das demais profundidades. Ainda segundo esse mesmo autor, para a adubação com ARS, verifica-se os que teores aferidos podem ser considerados de acordo com

as classes de interpretação para potássio disponível para a cultura, como médio para as profundidades de 0-10 e 10-20 cm do solo, e baixos nas demais profundidades analisadas. Esse comportamento demonstra que a aplicação de ARS está promovendo incremento de potássio no solo, nas camadas mais superficiais, sendo que esse comportamento ocorreu em todas as profundidades estudadas, contudo, não foi suficiente para prover a mudança de classe de interpretação para as profundidades de 20-40 e 40-60 cm.

Freitas et al. (2009), ao avaliarem atributos químicos de solos com capim-mombaça submetido a fertilização orgânica, mineral e irrigação, nos perfis de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade, verificaram que o tratamento mineral apresentou teores de K significativamente superiores em todas as camadas do solo, com exceção das camadas de 20-40 e de 40-60 cm de profundidade, comportamento este distinto ao verificado no presente estudo.

Resultados semelhantes a este trabalho foram obtidos por Ceretta et al. (2003) em pastagem natural fertirrigada com ARS, no entanto, Pacheco (2012) observou que a concentração de K no solo aumentou com o incremento das taxas de aplicação de ARS. Dessa forma, deve-se dar uma especial atenção às concentrações de potássio presente no esterco líquido de suínos (Durigon et al., 2002), pois em pastagens, esse elemento pode vir a ser exportado, via massa seca, em taxas elevadas contribuindo para o aumento do perfilhamento, conforme evidenciado por Pereira (2001) em capim Mombaça.

Observa-se que os teores de K no solo ocorreram elevados nas camadas superficiais do solo, bem como, que a estratificação do K ao longo do perfil do solo caracteriza-se pelo acúmulo desse nutriente na superfície do solo e decréscimo nos teores com o aumento da profundidade, sendo este um comportamento já esperado, conforme demonstrado por Scherer et al. (2010).

Queiroz et al. (2004), ao avaliarem as características químicas do solo submetido a diferentes doses de ARS e cultivado com gramíneas forrageiras, quicuío da Amazônia (*Brachiaria humidicola*), braquiária (*Brachiaria decumbens*), coastcross (*Cynodon dactylon*) e tifton 85 (*Cynodon spp.*), verificaram que a concentração de K e outros nutrientes no solo também foi influenciada pela interação entre doses e pela

época de amostragem, e verificaram, ainda, que os teores de K no solo variam de acordo com a gramínea avaliada. Todavia, esses pesquisadores concluíram que para o caso daquele estudo ocorreu acúmulo de K na profundidade de 20–40 m do solo.

Ao estudarem as características químicas de solos sob aplicação de ARS, Ceretta et al. (2003) também observaram o comportamento de redução dos teores de K, tendo verificado que, para a profundidade de 5-10 cm, a diminuição do teor de K no solo variou de 47% a 56% com a aplicação de 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e de 33% a 44%, com o uso de 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, e, para a profundidade de 20-40 m, ocorreu o decréscimo de 25% a 28%. Segundo estes autores, esse comportamento pode ser considerado um indicativo da importância da sua exportação na matéria seca, pois é acima desta profundidade do solo que se concentra a maior massa de raízes.

Para a Relação K/CTC, verificou-se na Tabela 7, que para a Adubação Mineral os valores desta, se encontravam inferiores ao considerado ideal pelo recomendado por Daldato & Fullin (2001), cujo valor deve estar entre 3 a 5% para a maioria das culturas, o que denota uma menor disponibilidade de K para as plantas. Para a ARS, observa-se que essa relação encontra-se dentro da faixa estabelecida como ideal, contudo, próximo ao seu limite inferior, assim a relação K/CTC demonstrou evolução, o que denota que a ARS está propiciando maior disponibilidade de K, uma vez que seus valores estão em torno de 3%, sendo este valor considerado como ideal por Prezzoti et al. (2007) para a saturação de potássio na capacidade de troca de cátions (K/CTC).

De forma geral, ocorreu um acréscimo da relação K/CTC com a aplicação de ARS em relação da adubação mineral. Como a interpretação dessa relação reflete, em tese, a disponibilidade de K para as plantas, teve-se no presente estudo um acréscimo dessa disponibilidade, o que vai ao encontro ao descrito por Cope & Rouse (1973) e corroborado por Meurer & Anghinoni (1993).

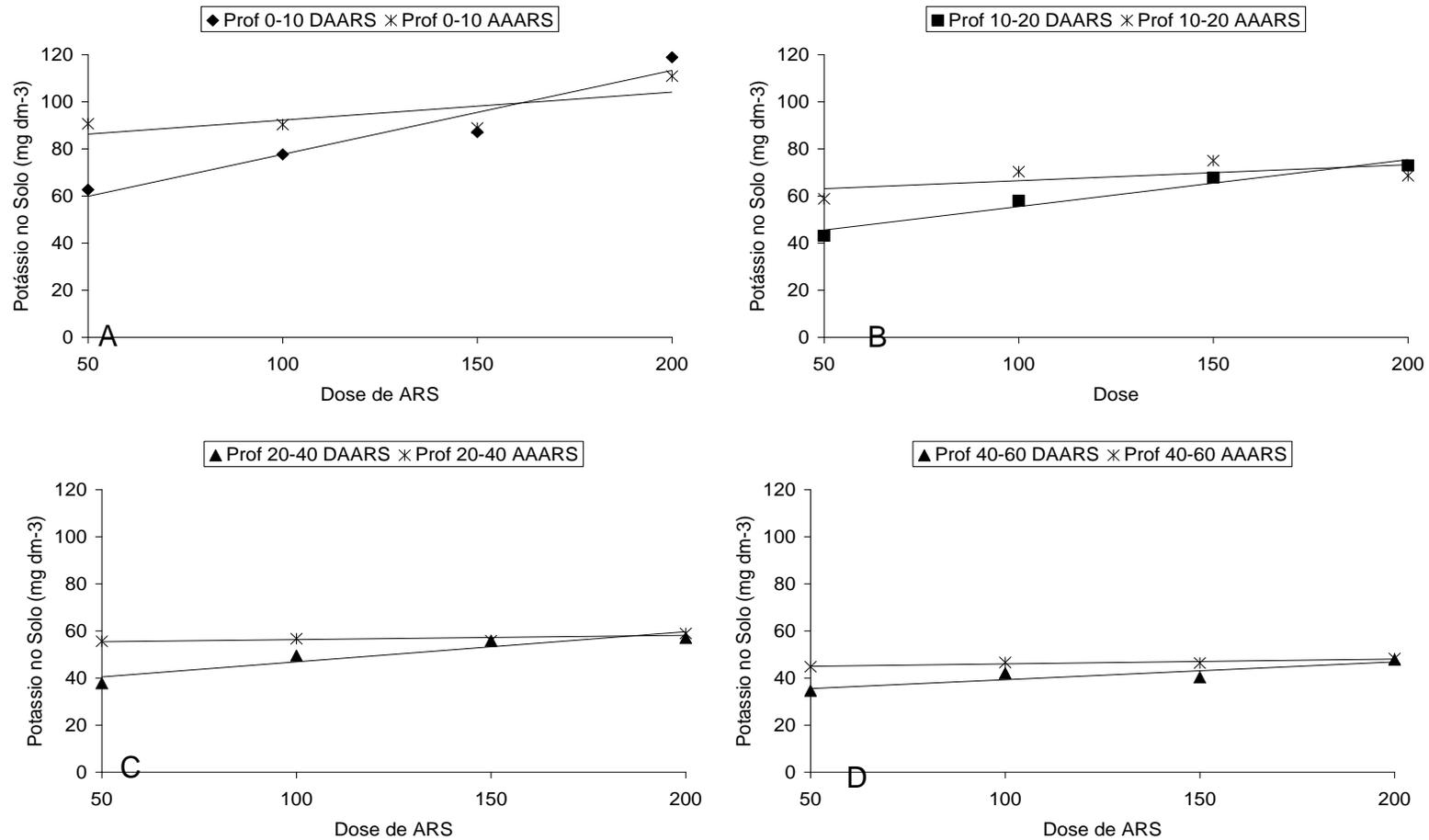
Bolzani et al. (2012), ao avaliarem o efeito da aplicação de água residuária de suinocultura no solo e na qualidade dos seus lixiviados, concluíram que a adição de efluente contribuiu para o aumento da CTC com maior intensidade nos solos de textura arenosa do que nos de textura argilosa

Na Tabela 8, considerando a ocorrência da interação tripla, são apresentados os modelos de regressão ajustados, no estudo das diferentes doses de ARS aplicadas, em relação a cada situação de avaliação (AAARS e DAARS), função das profundidades do solo avaliadas.

**Tabela 8** - Regressões ajustadas para K e K/CTC, no solo em função das situações AAARS e DAARS das profundidades estudadas em um Neossolo flúvico, cultivado *Panicum maximum* cv *mombaça* no município de Jerônimo Monteiro – ES

| Modelo de Regressão Linear Ajustado |              |                        |       |
|-------------------------------------|--------------|------------------------|-------|
| Situação                            | Profundidade | Potássio – K           | R2    |
| AAARS                               | 0 a 10       | $Y = 0,1187x + 80,37$  | 0,532 |
|                                     | 10 a 20      | $Y = 0,0681x + 59,68$  | 0,418 |
|                                     | 20 a 40      | $Y = 0,0183x + 54,455$ | 0,609 |
|                                     | 40 a 60      | $Y = 0,0205x + 43,915$ | 0,853 |
| DAARS                               | 0 a 10       | $Y = 0,3565x + 42,035$ | 0,936 |
|                                     | 10 a 20      | $Y = 0,1992x + 35,58$  | 0,954 |
|                                     | 20 a 40      | $Y = 0,1282x + 34$     | 0,880 |
|                                     | 40 a 60      | $Y = 0,0755x + 31,705$ | 0,808 |
| Situação                            | Profundidade | Relação K/CTC          | R2    |
| AAARS                               | 0 a 10       | $Y = 0,02x + 1,365$    | 0,939 |
|                                     | 10 a 20      | $Y = 0,0137x + 1,5$    | 0,966 |
|                                     | 20 a 40      | $Y = 0,0113x + 1,445$  | 0,914 |
|                                     | 40 a 60      | $Y = 0,0055x + 2,4$    | 0,893 |
| DAARS                               | 0 a 10       | $Y = 0,0111x + 3,175$  | 0,688 |
|                                     | 10 a 20      | $Y = 0,0087x + 2,725$  | 0,985 |
|                                     | 20 a 40      | $Y = 0,0073x + 2,63$   | 0,918 |
|                                     | 40 a 60      | $Y = 0,0071x + 1,605$  | 0,976 |

Na Figura 6, são apresentados os valores médios de potássio – K observados no presente estudo, bem como, as linhas de tendências obtidas a partir de ajustes de regressão linear, oriundos do estudo da interação tripla decorrentes do aumento das doses de ARS aplicadas, nas situações AAARS e DAARS para as profundidades estudadas.



**Figura 6** - Teores Médios de Potássio – K (mg dm<sup>-3</sup>) no solo, Situações (A) AAARS e (B) DAARS, e linha de tendências obtidas pelos ajustes de regressão linear, conforme modelos na Tabela 8, para a interação das Doses x Profundidade, para a (A) Profundidade 0 a 10 cm; (B) Profundidade de 10 a 20 cm (C) Profundidade de 20 a 40 e (D) Profundidade de 40 a 60 cm.

Observa-se na Figura 6, que para o comportamento linear de acréscimo dos teores de K no solo, para todas as profundidades estudadas, na medida em que se aumenta a dose de ARS aplicada. Portanto, para os solos que receberam doses mais elevadas de ARS, houve um “aparente” aumento na concentração de potássio no presente estudo. Esse comportamento é corroborado por Kessler et al. (2010).

Esse comportamento de alteração dos teores de K no perfil do solo a partir de utilização de ARS, também foi observado por Silva et al. (2012), que avaliaram as profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm de um Latossolo Vermelho Distrófico, tendo esses pesquisadores verificado o aumento em todas as profundidades, sendo esse comportamento corroborando com FAGERIA et al. (1990), que acharam o movimento de potássio para as camadas inferiores do solo, especialmente nas doses mais elevadas do nutriente.

Contudo, nas Figuras 7 A, B e C, ao estudar os teores de K nas situações AAARS e DAARS, verificou-se que ocorreu a redução dos teores de K no solo, enfatizando que esse decréscimo, em relação à situação AAARS é mais evidente nas doses 50 e 100. Essa redução mostra que a aplicação de doses de ARS quantificadas pela recomendação agrônômica é insuficiente para a manutenção dos teores de K do solo, principalmente para as camadas mais superficiais do solo, onde se encontram inseridas a maior porção do sistema radicular das plantas.

Na Figura 6 D, observa-se na comparação entre os teores de K no solo antes das aplicações de ARS (AAARS) e após estas (DAARS), que para essa profundidade avaliada, os teores de K apresentam-se sem grandes oscilações, havendo ainda assim um decréscimo, o que provavelmente deu-se devido à sua mobilidade do K no solo, que conforme descrito por Doblinski et al. (2010), esse nutriente possui boa mobilidade no solo. Todavia, Matos et al. (1997) afirmam que há pouco movimento de potássio no solo abaixo de 45 cm, com aplicação de até 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de ARS, atribuindo esse fenômeno à remoção elevada de vegetação, que imobiliza parte desse nutriente na planta.

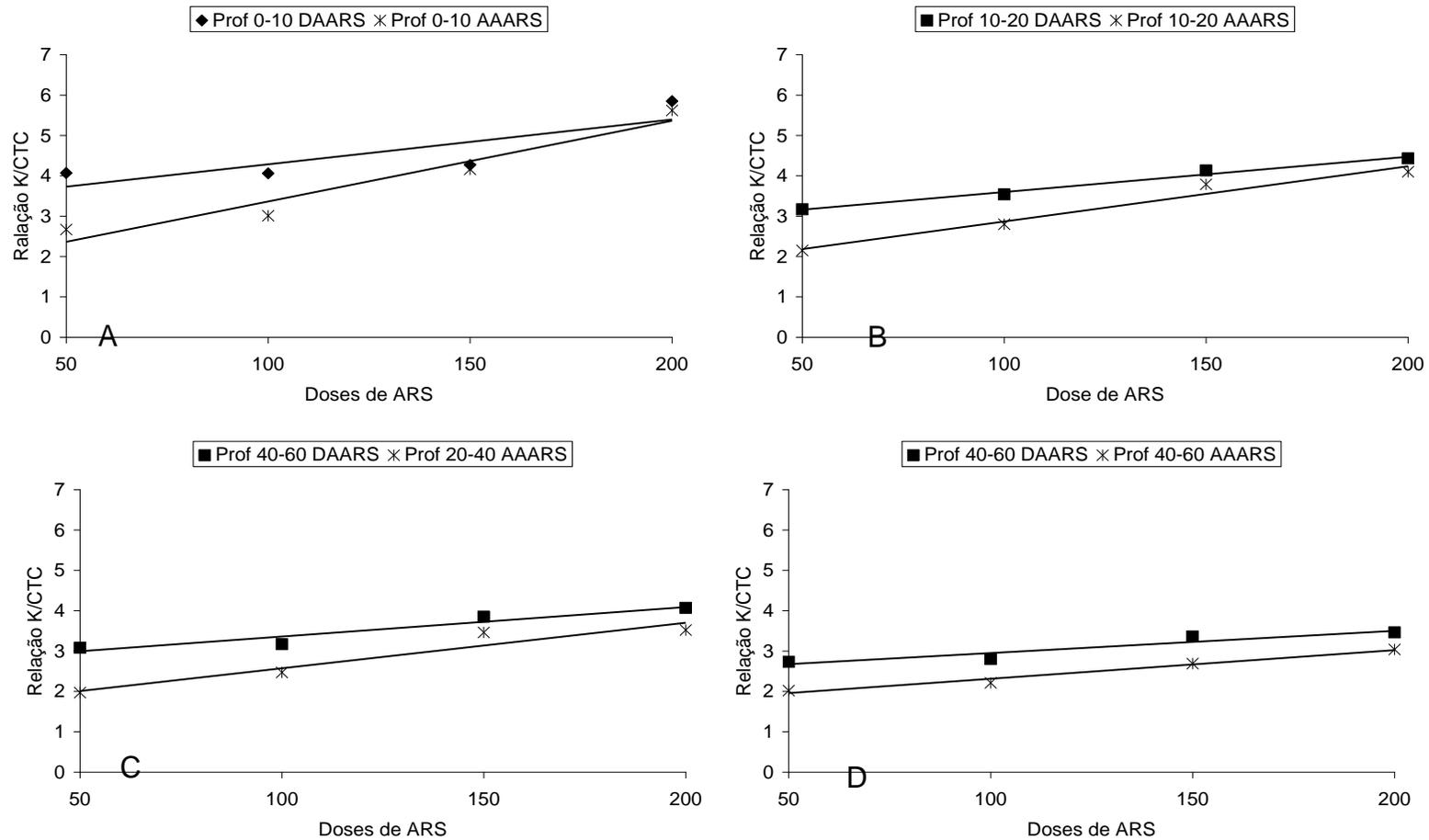
De uma forma geral, verificou-se que as doses de ARS 50 e 100 não proporcionaram a manutenção dos teores de K no solo, bem como, que as doses de ARS 150 e 200

foram no mínimo eficientes na reposição de K no solo, evitando sua redução drástica nas profundidades de 20 a 40 e 40 a 60 cm do solo.

Contudo, destaca-se que esse comportamento deve ser observado com cautela, uma vez que, mesmo sendo o K considerado um poluente, em menor grau, conforme Doblinski et al. (2010), esse pode vir a trazer um grande perigo para o ambiente, uma vez que sua mobilidade no perfil do solo pode vir a contaminar as águas subterrâneas, caso o haja uso desenfreado e inadequada de águas residuais na agricultura.

Foi possível verificar no presente estudo que, mesmo com a adição de doses de potássio superiores à recomendação agrônômica, não ocorreu a elevação dos teores de K no solo. Pode-se inferir que o K está sendo exportado do sistema solo por lixiviação, face à textura do solo estudado e/ou estar sendo absorvido pela forrageira. Esse comportamento possivelmente deve-se à extração de K pela forrageira Mombaça, uma vez que essa espécie de gramínea possui seu sistema radicular, normalmente, até à profundidade de 60 cm, e a maior atividade radicular dá-se nas camadas mais superficiais, o que é corroborado por Ceretta et al. (2003).

Na Figura 7, são apresentados os valores médios da relação K/CTC observados no presente estudo, bem como, as linhas de tendências obtidas a partir de ajustes de regressão linear, oriundos do estudo da interação tripla decorrentes do aumento das doses de ARS aplicadas, nas situações AAARS e DAARS para as profundidades estudadas.



**Figura 7** - Teores Médios da Relação K/CTC para as Situações (A) AAARS e (B) DAARS, e linha de tendências obtidas pelos ajustes de regressão linear, conforme modelos na Tabela 8 para a interação das Doses x Profundidade, para a (A) Profundidade 0 a 10 cm; (B) Profundidade de 10 a 20 cm; (C) Profundidade de 20 a 40; e (D) Profundidade de 40 a 60 cm.

Na Figura 7, verifica-se que, para a situação AAARS, o solo avaliado já apresentava um acréscimo linear da relação K/CTC, nas unidades amostrais em todas as profundidades aferidas. Contudo, ao se comparar as situações AAARS e DAARS, verifica-se que todas as profundidades apresentaram um acréscimo dessa relação, de forma linear à dose de ARS aplicada.

Nota-se, na Figura 7 A, que o maior acréscimo da relação K/CTC ocorreu na dose de ARS 50, todavia os maiores valores dessa relação foram observados na dose ARS 200, tendo esse se mantido próximo ao valor inicial. Isso possivelmente deu-se dada a grande disponibilidade de K na ARS aplicada. A relação K/CTC denota a disponibilidade de potássio para as plantas, assim, pode-se observar que nas camadas mais superficiais do solo, ocorreu um aumento da disponibilidade de K para a Mombaça.

Verifica-se pelo presente estudo que ocorreu um aumento na saturação de K no solo, sendo esse comportamento confirmado por Barbosa et al. (2007). Segundo esses mesmos autores, a adição de dejetos no solo promove o enriquecimento com cátions, contribuindo para o aumento da CTC e das saturações do solo. Nesse contexto, Campos et al. (2012), ao estudarem os efeitos da utilização de resíduos de suínos num Neossolo, observaram que com a adição de dejetos ocorre um evidente aumento na relação K/CTC.

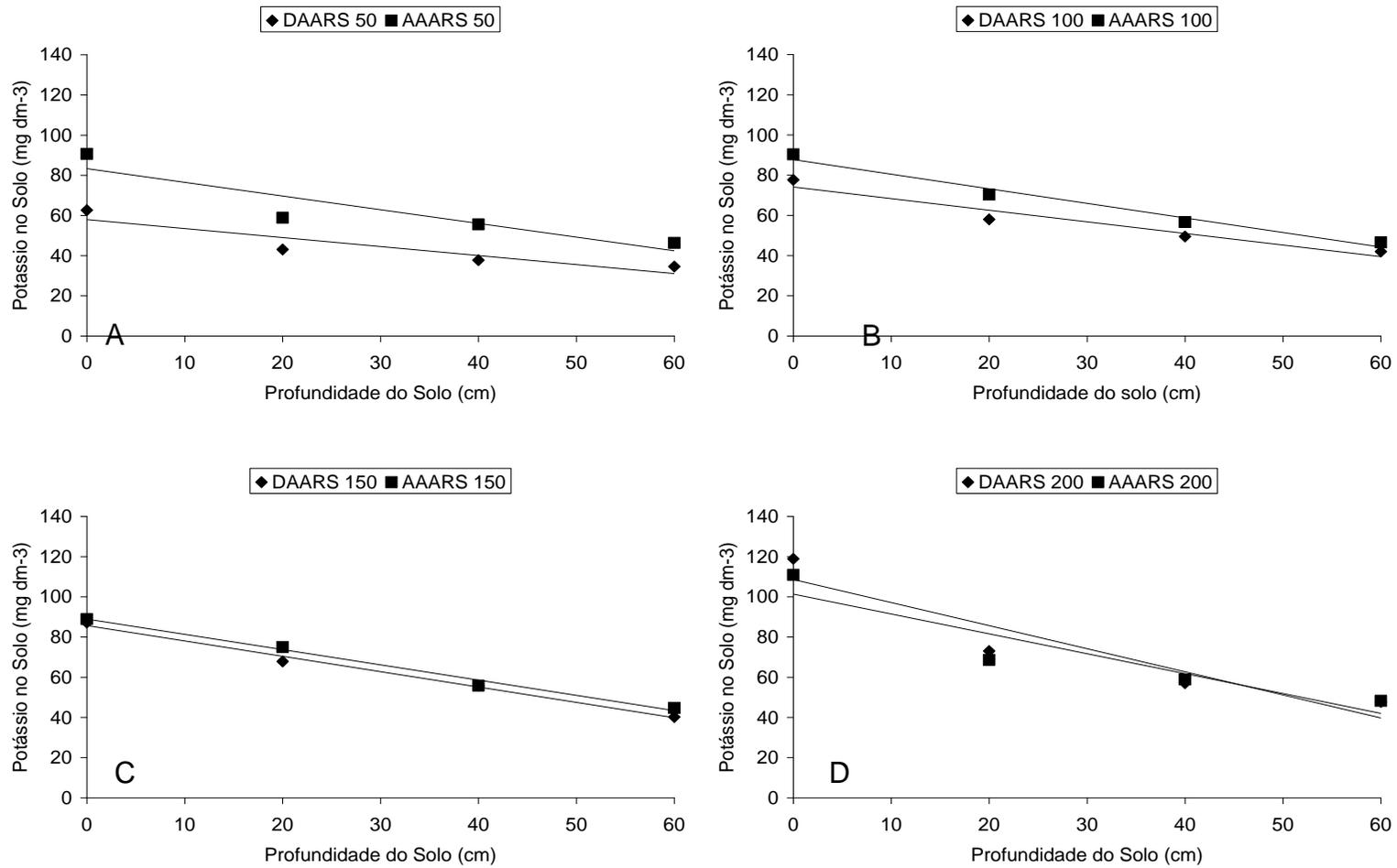
Todavia, destaca-se que os valores obtidos nas duas situações, ou seja, AAARS e DAARS para a profundidade 0-10 pode ser considerada como ideal para a cultura. Já na profundidade de 10-20, os valores dessa relação eram inferiores ao considerados ideais antes da aplicação, contudo, com o decorrer das aplicações de ARS, estes passaram para a classificação de níveis ideais para a cultura, o que denota o efeito residual da aplicação da ARS, em todas as doses aplicadas.

Na Tabela 9, considerando a ocorrência da interação tripla, são apresentados os modelos de regressão lineares ajustados, para as diferentes profundidades do solo avaliadas, o estudo de cada situação de avaliação (AAARS e DAARS) em função das doses de ARS aplicadas.

**Tabela 9** - Regressões lineares ajustadas para os teores de Potássio no solo - K e para a relação K/CTC no perfil do solo em função das situações AAARS e DAARS das doses ARS aplicadas em um Neossolo flúvico, cultivado *Panicum maximum* cv *mombaça* no município de Jerônimo Monteiro – ES

| Regressões Lineares Ajustadas |      |                         |       |
|-------------------------------|------|-------------------------|-------|
| Situação                      | Dose | Potássio – K            | R2    |
| AAARS                         | 50   | $Y = -0,6812x + 83,286$ | 0,832 |
|                               | 100  | $Y = -0,7246x + 87,713$ | 0,977 |
|                               | 150  | $Y = -0,7583x + 88,87$  | 0,991 |
|                               | 200  | $Y = -0,9885x + 101,33$ | 0,865 |
| DAARS                         | 50   | $Y = -0,4479x + 57,953$ | 0,843 |
|                               | 100  | $Y = -0,5774x + 74,112$ | 0,941 |
|                               | 150  | $Y = -0,7637x + 85,677$ | 0,992 |
|                               | 200  | $Y = -1,1474x + 108,59$ | 0,879 |
| Situação                      | Dose | Relação K/CTC           | R2    |
| AAARS                         | 50   | $Y = -0,0206x + 3,879$  | 0,864 |
|                               | 100  | $Y = -0,0208x + 4,015$  | 0,992 |
|                               | 150  | $Y = -0,0151x + 4,354$  | 0,936 |
|                               | 200  | $Y = -0,0377x + 5,582$  | 0,919 |
| DAARS                         | 50   | $Y = -0,0107x + 2,522$  | 0,735 |
|                               | 100  | $Y = -0,0137x + 3,032$  | 0,994 |
|                               | 150  | $Y = -0,0237x + 4,236$  | 0,956 |
|                               | 200  | $Y = -0,0416x + 5,318$  | 0,919 |

Na Figura 8, são apresentados os valores médios de potássio – K obtidos no estudo da interação tripla e as linhas de tendências obtidas a partir dos ajustes de regressões lineares, para o estudo na profundidade, decorrentes das situações AAARS e DAARS e das doses de ARS aplicadas.



**Figura 8** - Teores Médios de Potássio – K (mg dm<sup>-3</sup>), e linha de tendências obtidas pelos ajustes de regressão linear, das doses (A) ARS 50%, (B) ARS 100 %, (C) ARS 150% e (D) ARS 200%, para as Situações AAARS e DAARS, no perfil do solo, em função das doses ARS aplicadas.

Na Figura 8, pode ser observado o comportamento do potássio – K para cada dose de ARS aplicada nas situações AAARS e DAARS para o perfil avaliado do Neossolo Flúvico. De uma forma geral, para todos os casos avaliados, ocorreu a redução linear dos teores de potássio no perfil do solo, sendo esse comportamento esperado. Assim, os maiores teores de K foram aferidos nas camadas mais superficiais do solo e sua redução no perfil do solo apontou comportamento similar ao observado por Freitas et al. (2009).

Para a situação AAARS, verificou que os teores de potássio na camada de 0 a 10 cm do solo foram semelhantes para as doses de 50, 100 e 150%, ficando ao entorno de  $90 \text{ mg.dm}^{-3}$ . Todavia, tendo ocorrido o decréscimo desses, quando comparado à situação DAARS, onde se verificou os teores de 62, 77 e  $87 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente para as doses de ARS 50, 100 e 150%. Esse comportamento demonstra que as doses 50 e 100% não foram eficientes na manutenção dos teores de K do solo, tendo a dose 150 se apresentado como no mínimo eficiente na manutenção dos teores de K.

Nota-se, pelas Figuras 9 A e B, que ocorre uma redução nos teores de K nas camadas mais superficiais quando aplicadas as doses ARS 50 e 100%, em relação à recomendação agronômica, podendo essa redução ser considerada um indicativo da importância da sua exportação na matéria seca da Mombaça, pois, é acima dessa profundidade do solo que se concentra a maior massa de raízes, sendo este comportamento também verificado por Ceretta et al. (2003).

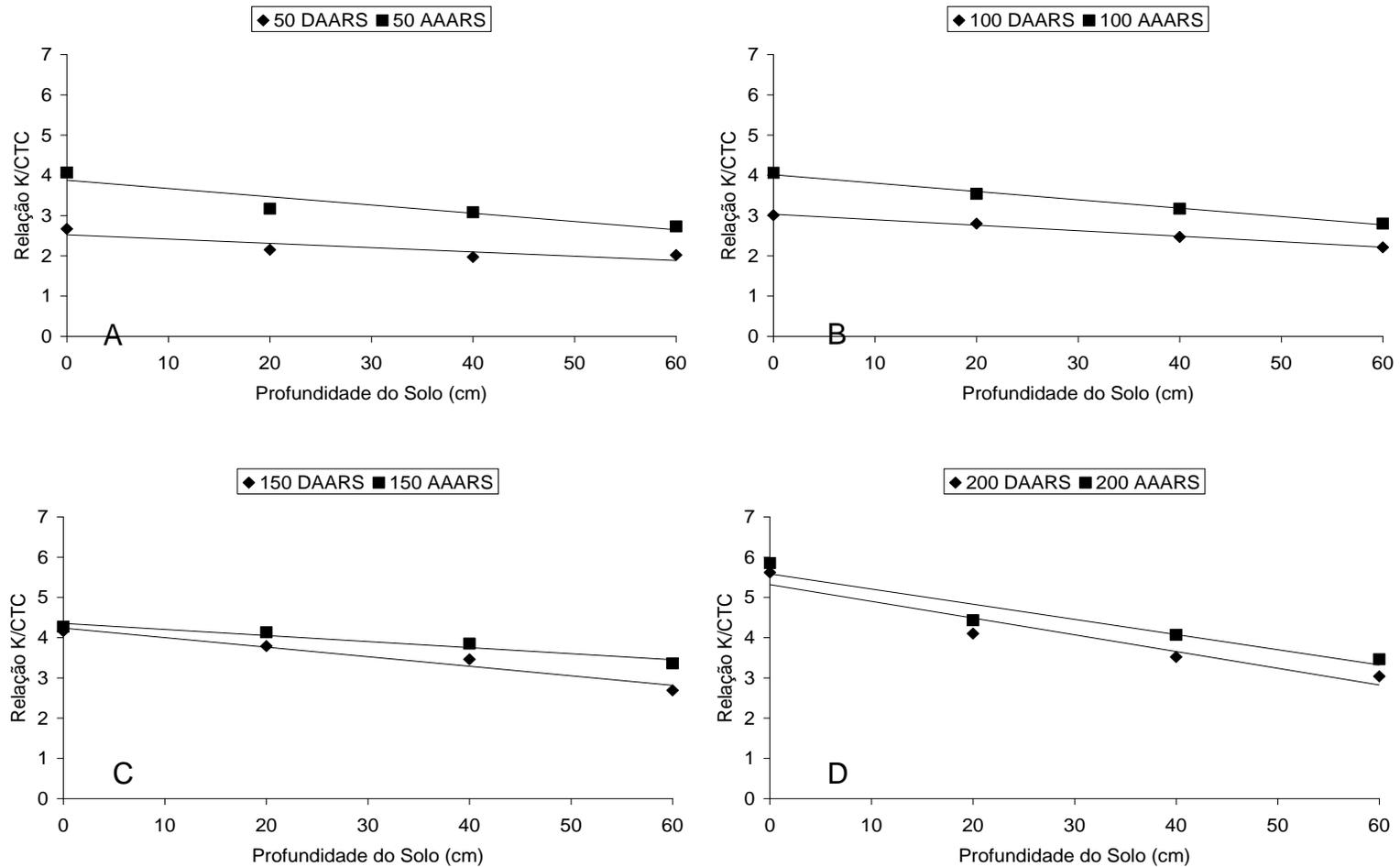
Nota-se, pela Figura 8 D, que os maiores teores foram obtidos após a aplicação da dose ARS 200%. Ainda em relação a essa dose, observa-se que apresentou ligeiro acréscimo nos teores de K para a profundidade de 40 a 60 cm. Para a situação DAARS, independente da dose aplicada, nota-se que os teores de K para a profundidade de 40 a 60 cm foram de cerca de  $40 \text{ mg dm}^{-3}$ . Esses comportamentos podem estar diretamente associados às características do tipo de solo avaliado, que possui naturalmente grande variabilidade de formação (MIRANDA et al., 2002). Todavia, o acúmulo de K proporcionado pela dose 200 na profundidade de 40 a 60 cm não alterou a classificação de disponibilidade do K às plantas, permanecendo em médio, conforme Prezzoti (2013).

Nesse contexto, verifica-se que às doses de ARS 150 e 200% foram no mínimo suficientes para a manutenção dos teores de K no solo, em todas as profundidades avaliadas, uma vez que ocorreu pequena oscilação desses quando comparados nas situações AAARS e DAARS.

Assim, verificou-se no presente estudo que, independente da dose aplicada, tem-se um decréscimo linear dos teores de K com no perfil do solo. Contudo, verifica-se que esse nutriente apresenta boa mobilidade no solo, bem como, que maiores incrementos ocorrem nas camadas mais superficiais. No entanto, como esse elemento é móvel no perfil e, de acordo com Ceretta et al. (2003), quase todo o potássio presente na água residuária de suinocultura é solúvel, recomenda-se cautela sobre a possibilidade de aplicação de altas concentrações de potássio no solo, podendo estas resultarem em taxas elevadas de sais. Esse fato não é apenas possível, mas também real, principalmente caso não haja acompanhamento das concentrações iniciais de K no solo, e que esse solo venha a receber aplicações de águas residuais, em excesso.

Freitas et al. (2009) concluíram que, de modo geral, o pastejo intenso pode ser problemático à manutenção e à melhoria do estado de disponibilidade de K no solo. Assim, pode-se extrapolar esse comportamento para o presente estudo, uma vez que, mesmo com a aplicação de altas doses, não se obteve grandes incrementos de K no solo, e que a propriedade rural onde foi desenvolvido o presente trabalho concentra a produção leiteira em um área de cerca de 1,15 hectares, com uma lotação de 12 cabeça/piquete/dia. Isso explicaria o fato de mesmo com a aplicação de doses de 200% equivalente a  $400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de K não haver incremento no solo. Já tendo Durigon et al. (2002) demonstrado que a maior exportação de K para a matéria seca das forragens decorre do uso de plantas com alta taxa de absorção de K, diminuindo as perdas potenciais no sistema, como é o caso do capim Mombaça.

Na Figura 9, são apresentados os valores médios da relação K/CTC, obtidos no estudo da interação tripla e as linhas de tendências obtidas por ajustes de regressões lineares, no estudo das situações AAARS e DAARS e das doses de ARS aplicadas no perfil do solo.



**Figura 9** - Relação do Potássio na Capacidade de Troca de cátions - K/CTC, (A) Dose ARS 50%, (B) ARS 100 %, (C) Dose ARS 150% e (D) ARS 200%, para as Situações (A) AAARS e (B) DAARS, no perfil do solo, obtidos a partir do ajuste da polinomial em função das doses ARS aplicadas.

O comportamento da relação K/CTC, pode ser observado na Figura 9. Em relação à disponibilidade de potássio para as plantas, verifica-se na Figura 9 que, independente da dose aplicada, ocorre a redução linear da relação K/CTC na profundidade do solo. Observa-se ainda que para todas as doses, ocorreu redução nos teores obtidos após a aplicação das diferentes doses da ARS, quando se comparou as situações AAARS e DAARS.

Na Figura 9 A, vê-se que a aplicação da dose de ARS 50% denotou numa maior redução da relação k/CTC, o que demonstra uma redução da disponibilidade de K para as plantas, sendo esse comportamento também observado para a dose de ARS 100%.

Para as doses ARS 150 e 200%, conforme Figura 9 C e D, verificou-se que mesmo com aplicação superiores à recomendação agronômica, para ambas as doses ocorreu um decréscimo da relação K/CTC no solo, em todas as profundidades avaliadas. Todavia tendo a dose de ARS 200% apresentado menores alterações dessa relação.

Destaca-se que independente dessa tendência de redução verificada para as profundidades estudadas, a relação K/CTC manteve-se em níveis considerados como ideal, por Prezzoti et al. (2007), tendo seus valores ficado acima de 3%, exceto para a dose ARS 50%, onde esse teve a maior redução.

Todavia, os valores obtidos para a dose ARS 200%, na porção mais superficial do solo, encontram-se superiores ao considerado ideal recomendado por Dadalto & Fullin (2001) cujo valor deve estar entre 3 a 5% para a maioria das culturas, evidenciando ao mesmo tempo uma maior disponibilidade de K para às plantas, bem como, uma maior possibilidade de lixiviação, dado a singularidade do solo.

Nesse contexto, verifica-se no presente estudo que a aplicação de ARS em diferentes doses, tendo como princípio à recomendação agronômica, mostrou-se no mínimo eficiente na manutenção dos teores de K do solo, quando utilizada a dose de ARS150% apresentado melhores resultados para a manutenção saturação de potássio no solo, em relação à situação anterior á aplicação do efluente.

## POTÁSSIO NA PLANTA E PRODUÇÃO DE MASSA SECA DO CAPIM MOMBAÇA.

A análise de variância dos teores de K na planta e da massa seca do capim Mombaça, apresentou significância, conforme Tabela 10 abaixo.

**Tabela 6** - Análise de variância adotada para analisar os efeitos da aplicação da ARS sobre a produção de Massa Seca e nos teores de K na planta do Capim Mombaça cultivada sobre um Neossolo flúvico no município de Jerônimo Monteiro – ES

| Fonte de Variação | GL | Quadrado Médio |          |
|-------------------|----|----------------|----------|
|                   |    | Massa Seca     | K Folha  |
| Dose              | 3  | 5,8593 *       | 0,3029 * |
| Erro A            | 8  | 0,4695 *       | 0,0268 * |
| Dias              | 3  | 27,1263 *      | 1,5531 * |
| Dose*Dias         | 9  | 3,4580 *       | 0,1546 * |
| Resíduo           | 24 | 0,7620 *       | 0,0584 * |

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste f.

A partir das interações, procedeu-se a análise por Contrastes de médias entre a interação entre os tratamentos com o período de avaliação cada aplicação (DAARS), ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey, conforme Tabela 11.

**Tabela 11** - Valores médios da Massa Seca e do teor de potássio – K na planta do capim Mombaça, decorrentes da Aplicação da Água Residuária de Suinocultura (DAARS), em um Neossolo Flúvico localizado em Jerônimo Monteiro-ES

| Massa Seca        |              | Teor de K na Planta  |              |
|-------------------|--------------|----------------------|--------------|
| Adubação Mineral  | Adubação ARS | Adubação Mineral     | Adubação ARS |
| $\text{g m}^{-2}$ |              | $\text{Dag kg}^{-1}$ |              |
| 508,3333 b        | 614,7500 a   | 2,5350 a             | 2,2346 b     |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tuckey.

Na Tabela 11, é possível verificar que ocorreu diferença significativa nos teores de K na planta de capim Mombaça. Esperavam-se maiores teores no tratamento onde fora aplicada a ARS, uma vez que, conforme descrito por Durigon et al. (2002), esse elemento se encontra na ARS, sob a forma solúvel e se torna disponível às plantas

logo após a sua aplicação, bem como foi sugerido que dever-se-ia dar uma especial atenção às concentrações de potássio presente no esterco líquido de suínos, uma vez que apresentaram altas taxas de exportação via matéria seca da pastagem. Maiores teores de potássio na massa seca de Mombaça também foram verificados por Lavres Junior (2001).

Segundo Frey (2006), o aumento dos teores de minerais (K) na pastagem é benéfico para os animais, uma vez que os ruminantes apresentam limitação física de ingestão diária de matéria seca equivalente a 3% do peso vivo. Essa melhoria na qualidade da pastagem facilita o atendimento das exigências nutricionais de manutenção e produção, além de reduzir as necessidades de mineralização suplementar e o custo final da alimentação.

De acordo com Oliveira (2004), os teores foliares de K recomendados são de 1,5 a 3,0 dag kg<sup>-1</sup>, para *Panicum maximum*. Portanto, de acordo com os dados da Tabela 11, todos os tratamentos de adubação proporcionaram teores de K foliares adequados.

Sobre a produção de massa seca do capim Mombaça, é possível verificar pela Tabela 11, que pelo contraste das médias, a aplicação da ARS apresentou produção de massa seca superior à adubação mineral, comportamento este semelhante ao verificado por Feritas et al. (2009), ao estudarem a produção de massa seca do capim Mombaça submetido a adubações orgânicas e mineral cultivado sobre um Latossolo Vermelho Distrófico.

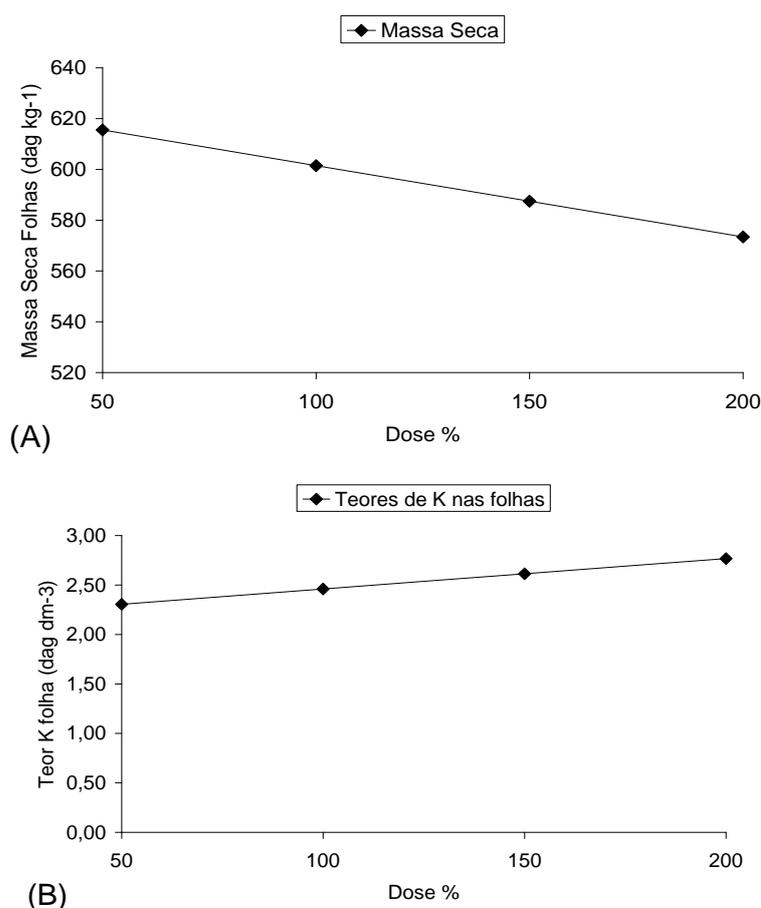
Freitas et al. (2007), ao estudarem a produção de massa seca do capim Mombaça fertilizado com ARS, adubo mineral e irrigação, verificaram baixas produções de MS, independente da fertilização advir de forma orgânica ou mineral. Em estudo sobre a produção de massa seca de forragem em pastagem anual de inverno tratada com ARS, Assmann et al. (2007) verificaram que aplicação de ARS influenciou a produção de MS para a mistura de aveia/azevém.

Na Tabela 12, são apresentados os modelos de regressão ajustados para as doses de ARS aplicadas aos níveis de 50, 100, 150 e 200% da recomendação agrônômica de potássio – K, equivalente a 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

**Tabela 12** - Modelos de regressão ajustados para o teor de K na planta, e da massa seca do capim Mombaça em decorrência da aplicação de ARS nas doses de 50, 100, 150 e 200% da recomendação agrônômica de Potássio em um Neossolo flúvico, cultivado *Panicum maximum cv mombaça* no município de Jerônimo Monteiro – ES

|               | Modelo Ajustado          | R2   |
|---------------|--------------------------|------|
| Teor K Planta | $Y = 21,5083 + 0,03082x$ | 0,97 |
| Massa Seca    | $Y = 629,583 + -0,2810x$ | 0,99 |

Na Figura 10, são apresentados os ajustes obtidos para os teores de K na planta e Massa Seca do capim Mombaça decorrentes do aumento das doses de ARS aplicadas.



**Figura 10** - Massa Seca do Capim Mombaça (A) e Teores de Potássio na Planta – K (B) obtidos a partir do ajuste de regressão em decorrência das doses de 50, 100, 150 e 200% da recomendação agrônômica de Potássio, fornecidos por aplicação de ARS em um Neossolo flúvico, cultivado com *Panicum maximum cv mombaça* no

município de Jerônimo Monteiro – ES.

Percebe-se pela Figura 10 (A) que a produção de Massa Seca apresentou ajuste linear com decréscimo dos teores de K na planta na medida em que ocorreu o acréscimo das doses de ARS, comportamento este contrário ao verificado por diversos pesquisadores (SCHEFFER-BASSO et al., 2008a; SCHEFFER-BASSO et al., 2008b; FREITAS et al., 2009; ASSMANN et al., 2009), tendo todos esses pesquisadores verificado acréscimos de produção da massa seca de forragens em decorrências das aplicação de águas residuárias.

Menores efeitos do uso de ARS foram verificados por Mukul et al. (2002), em *Brachiaria radicans* Napper no México, tendo esses pesquisadores atribuído tal comportamento ao final da estação de crescimento. Para o capim *Cynodon* spp. Cultivado na Flórida, Larbi et al. (1990) também evidenciaram redução na produção no outono e atribuíram essa resposta à diminuição do fotoperíodo e da intensidade luminosa. De forma similar, Adeli et al. (2005) não obtiveram respostas significativas na grama-bermuda submetida à adubação com ARS, atribuindo esse comportamento ao final da estação de crescimento. Medeiros et al. (2007) também obtiveram respostas diferenciadas na produção de massa seca de capim-marandu fertiirrigado com ARS, em razão da pluviosidade.

Dessa forma, no presente estudo, a redução possivelmente está associada a fatores edafoclimáticos, uma vez que, conforme Figura 5, teve-se durante parte do período experimental a ocorrência de um período com grande concentração de chuvas, que somado ao volume aplicado nas unidades experimentais, conforme a Tabela 4 e as características intrínsecas ao tipo de solo, que se trata de um Neossolo Aluvial, possivelmente decorreu em condições desfavoráveis ao desenvolvimento do capim Mombaça. Segundo Holanda (2004), o capim *Panicum maximum* cv mombaça possui tolerância relativa ao alagamento, e Dias Filho (2006) verificou que o crescimento da Mombaça reduz até 43% sobre condições de alagamento.

Verifica-se ainda, pela Figura 10 (A), que a produção na dose de 200% ficou próxima àquela obtida com a adubação mineral. Dessa forma, a maior produção de Massa Seca foi obtida com a dose de 50% da recomendação agronômica de potássio, fornecidos por meio de aplicação de ARS. Conforme preconizado por Prezzoti et al. (2007), a relação K/CTC apresentou-se dentro dos teores considerados como ideais,

o que possibilitou, em tese, uma maior disponibilidade de K para a Mombaça. Todavia, mesmo estando essa relação acima dos 3%, não ocorreu acréscimo de produção de massa seca com o aumento das doses.

Em relação aos teores de K na planta, é possível observar na Figura 10 (B) que ocorreu um ajuste linear, na medida em que se aumentou a dose de ARS aplicada, ocorrendo incremento nos teores de K na planta. Comportamento semelhante ao observado por Assmann et al. (2009), que observaram um acréscimo linear nos teores de K na pastagem, tendo esses pesquisadores verificado incrementos de K na parte aérea na ordem de 294 %.

Ceretta et al. (2005), em um trabalho com aplicação de doses de ARS em Argissolo Vermelho Distrófico, verificaram que a recuperação de K pelas plantas foi mais eficiente em doses intermediárias, como  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , sendo evidenciado por esses autores que doses mais altas são menos eficientes à nutrição das plantas e inferem que isso evidencia que, na tomada de decisão sobre as doses a serem utilizadas, devem ser levados em consideração também aspectos operacionais, econômicos e ambientais.

Assmann et al. (2009), ao avaliarem o acúmulo de nutrientes em pastagem anual de inverno com aplicações de ARS, verificaram um acúmulo médio de K de 58 e de  $57 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente, no primeiro e no segundo cultivo com o uso de  $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de ARS.

Avaliando aveia preta, Mondardo et al. (2011) verificaram que os teores de K sofreram efeito significativo das doses de ARS, com aumento linear da quantidade dos minerais na forragem produzida com o aumento das doses aplicadas, sendo um comportamento similar ao verificado no presente estudo, tendo esses pesquisadores atribuído esse comportamento aos teores dos mesmos elementos presentes no dejetos suíno.

Nota-se que, independente da dose aplicada, o capim Mombaça apresentou teores de K dentro da faixa estabelecida como ideal por Oliveira (2004). Assim, verificou-se que em todas as doses de ARS aplicadas, os teores de K na planta encontravam-se dentro da faixa considerada como ideal, ainda assim, os resultados observados no

presente estudo corroboram com o entendimento de Ceretta et al. (2005), onde faz-se necessário o acompanhamento dos teores desses nutrientes no solo a na ARS, para que se possa evitar danos ambientais, uma vez que, com o acréscimo contínuo das doses ocorre redução na produção de Massa Seca pelo capim Mombaça.

Pelo presente trabalho foi possível inferir que, independente das doses aplicadas e dos teores de K na ARS, a Mombaça apresenta-se bastante eficiente na produção de Massa Seca, havendo apresentado eficiência na absorção dos teores de potássio aplicados.

Enfatiza-se que ainda que os maiores teores de K na planta não venham a resultar num maior incremento na produção de massa seca, esse comportamento merece destaque, uma vez que pode contribuir para evitar maiores danos ambientais, pois esses teores de K, acaso permanecessem no solo poderiam sofrer com lixiviação. Assim, verifica-se que o capim Mombaça demonstra potencial para uso na destinação final da ARS, principalmente oriunda de empreendimentos, cuja maior contribuição para gerações dos dejetos, advenha de setores de terminação, onde o K encontra-se normalmente presente em maior quantidade.

Os resultados deste trabalho ainda são preliminares e denotam a necessidade de mais informações sobre o assunto, mas são de grande importância para a região em estudo. A área de produção de forragens, ou seja, às pastagens, apresentam-se como uma daquelas áreas agrícolas de maior potencial para o uso da ARS, no entanto, é essencial o desenvolvimento de estudos para a correta utilização dessa alternativa de adubação.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente estudo possibilitam findar que:

- mesmo com a aplicação de doses de K via fertirrigação com ARS, ocorre a redução dos teores de K no solo, como no perfil do solo, não se comprovando o pressuposto do presente estudo;
- dose ARS 150% apresenta-se no mínimo mais eficiente na manutenção dos teores de K no solo;
- a maior produção de biomassa dá-se na dose 50%, todavia culminando com os menores teores de K na planta do capim Mombaça, e os maiores teores na planta são obtidos nas maiores doses de ARS;
- verifica-se que os atributos químicos do solo são influenciados pela aplicação de ARS, o que denota a necessidade de periodicidade na avaliação desses atributos em áreas com aplicação contínua de ARS.

## REFERÊNCIAS

ABPA, Associação Brasileira de Proteína Animal. **Produção Brasileira de Carne Suína 2004 a 2012**. Documento criado em 26/07/2013. Disponível em: <http://www.abipecs.org.br/pt/estatisticas/mercado-interno.html>, Acesso em: 24 de maio de 2014.

ADELI, A.; VARCO, J. J. Swine lagoon as a source of nitrogen and phosphorus for summer forage grasses. **Agronomy Journal**. v. 93, n. 5, p. 1174-1181, 2001. Disponível em <http://www.periodicos.capes.gov.br> . Acesso em 24/05/2014.

ADELI, A.; VARCO, J.J.; SISTANI, K.R. et al. Effects of swine lagoon effluent relative to commercial fertilizer application on warm-season forage nutritive value. **Agronomy Journal**, v.97, p.408-417, 2005.

AITA, C.; PORT, O.; GIACOMINI, S. J. Dinâmica do nitrogênio no solo e produção de fitomassa por plantas de cobertura no outono/inverno com o uso de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:901-910, 2006.

ASSMANN, J. M.; BRAIDA, J. A.; CASSO, L. C.; MAGIERO, E. C.; Manteli, C.; GRIZ, E. Produção de matéria seca de forragem e acúmulo de nutrientes em pastagem anual de inverno tratada com esterco líquido de suínos. **Ciência Rural**, v.39, n.8, nov, 2009.

ASSMANN, T. S.; ASSMANN, J. M.; CASSO, L. C.; DIEH, R. C.; MANTELI, C.; MAGIERO, E. C. Desempenho da mistura forrageira de aveia-preta mais azevém e atributos químicos do solo em função da aplicação de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, V.31, p.1515-1523, 2007.

BARRETO, P.; SARTORI, M; DADALTO, G. G.. Levantamento de áreas agrícolas degradadas no estado do Espírito Santo. **In: II Congresso Brasileiro de Reflorestamento Ambiental**. Guarapari – ES. 2012.

BASSO, C. L. Perdas de nitrogênio e fósforo com aplicação no solo de dejetos suínos. Santa Maria. 2003, 125 F. **Tese** (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria. 2003.

BELLI FILHO, P. **Gestão Ambiental dos sistemas de produção de suínos para o sul do Brasil**. In: FRANKENBERG, C.L.C; RAYA-RODRIGUES, M.T; CANTELLI, M. (Org.) Gerenciamento de Resíduos e Certificação Ambiental. Porto Alegre: EDIPUCPR. 2000. 399 p.

BOLZANI, H. R.; OLIVEIRA, D. L. A.; LAUTENSCHLAGER, S. R.. Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura no solo e na qualidade dos seus lixiviados. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.17, n.4, out/dez, 385-392. 2012.

BRASIL, Governo da República. **Constituição da Republica Federativa do Brasil de 1988**. Brasília. 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em 28/05/2014.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. PAVINATO, P. S.; TRENTIN, E. E.; GIROTTI, E.. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 06, p. 1287-1295, 2005.

CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, L.A.R. & VIEIRA, F.C.B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38:729-735, 2003.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - **Resolução nº 420**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.– CONAMA, de 28 de dezembro de 2009.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. **O que é o Conama?** 2014. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso em 28/05/2014.

COPE, J.T.; ROUSE, R.D. **Interpretation of soil test results**. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D. (Ed). Soil testing and plant analysis. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p.23-34.

CORRÊA, J. M.; SOUZA, F. A.; CAMPOS, A. T.; SILVA, E. B.; FRANÇA, A. C. Produtividade de cafeeiro após adubação com dejetos líquidos de suínos. In: **Anais**. VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil 22 a 25 de Agosto de 2011a, Araxá – MG. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/10820/4084/292.pdf?sequence=2>. Acesso em: 13/06/2014.

CORRÊA, J. C.; NICOLOSO, R. S.; MENEZES, J. F. S.; BENITES, V. M. **Crerios Técnicos para Recomendação de Biofertilizante de Origem Animal em Sistemas de Produção Agrícolas e Florestais**. Comunicado Técnico nº 486. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2011b. 8p.

COSTA, Claudionor Camilo da. Avaliação de um sistema anaeróbico (rac-uasb) no tratamento de água residuária de suinocultura e aplicação via fertirrigação, em feijão-vagem cultivado em ambiente protegido. 2007. 198 p. **Tese** (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2007.

DADALTO, G. G.; FULLIN, E. A.. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o estado do Espírito Santo – 4ª Aproximação**. Vitória – ES. SEEA/INCAPER, 2001. 275p.

DAL MORO, Henrique Gustavo; MOREIRA, Gláucia Cristina; SONCELA, Adriana Smanhotto. Efeito da aplicação com dejetos líquidos de suíno na cultura do milho. **Revista Cultivando o Saber**. Cascavel, v.3, n.4, p.154-166, 2010

DRAP, Direção Regional de Agricultura e Pescas do Centro. **Licenciamento: actividade agro-pecuária**. 2014. Disponível em: <http://www.drapc.min-agricultura.pt/drapc/servicos/licenciamento/reap.php>; Acesso em 28/05/2014.

DOBLINSKI, A.F.; SAMPAIO, S.C.; SILVA, V.R. da; Nóbrega, L.H.P.; Gomes, S.D.; DAL BOSCO, T.C. Nonpoint source pollution by swine farming wastewater in bean crop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, p.87-93, 2010.

DRUMOND, Luís C. D.; ZANINI, José R.; AGUIAR, Adilson P. A.; RODRIGUES, Guilherme P.; FERNANDES, André L. T. Produção de matéria seca em pastagem de

tifton 85 irrigada, com diferentes doses de dejetos líquidos de suíno. **Engenharia Agrícola.**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.426-433, set./dez. 2006.

DURIGON, R.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; PAVINATO, P. S. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Vol. 26, pg. 983-992, 2002.

ECHBERG, B. Effluent engineers. **Pig International**. v. 33, n. 9, Mount Morris, p. 13-15, October. 2003.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Editor técnico, Fábio Cesar da Silva. - 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p. Disponível em [http://livraria.sct.embrapa.br/liv\\_resumos/pdf/00083136.pdf](http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00083136.pdf). Acesso em 28/05/2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo** / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos\\_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf). Acesso em: 10/05/2013.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas**. Editora Planta, Londrina. 2006. 403p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; WRITH, R.J.; CARVALHO, J.R.P. DE. Lowland rice response to potassium fertilization and its effect on N and P uptake. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v.21, p.157-162, 1990.

FERREIRA, E. V. O.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. E. V. G. A.; CAO, E. G. Concentração do potássio do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1675-1684, 2009.

FREITAS, K. R.; ROSA, B.; NASCIMENTO, J. L. do; BARBOSA, M. M.; ROCHA, L. O.; SANTOS, S. de C. Avaliação da produção de massa seca e atributos químicos

de solos com capim-mombaça submetido a fertilização orgânica, mineral e irrigação. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 25, n. 3, p. 141-150, May./June 2009.

FREITAS, Karina Rocha. Produção de massa seca, composição químico-bromatológica e atributos químicos do solo em *Panicum maximum* Jacq. cv. mombaça fertilizado com dejetos líquidos de suínos e adubo mineral sob irrigação. Goiás – GO. 2007. 157 fls. **Tese** (Doutorado em Ciência Animal) Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás. Goiana – GO. 2007.

FEY, Rubens. Teores de nutrientes no solo, produção de fitomassa e qualidade da pastagem de Tifton 85, produzida em área submetida à aplicação de dejetos suínos. Londrina – PR. 2006. 51p. **Tese** (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual de Londrina. Londrina - PR. 2006.

GIACOMINI, Sandro José. Avaliação da modelização da dinâmica de carbono e nitrogênio em solo com uso de dejetos de suínos. Santa Maria – RS. 2005. 248p. **Tese** (Doutorado em Ciências do Solo) Universidade Federal de Santa Maria – RS. 2005.

HOLANDA, S. W. da S. Tolerância de quatro cultivares de *Panicum maximum* Jacq. ao alagamento. 38f. 2004. **Dissertação** (Mestrado em Botânica)- Universidade Federal Rural da Amazônia/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.

IAC, Instituto Agronômico de Campinas. **Interpretação de resultados de análise do solo**. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solo e Recursos Ambientais. Campinas – SP 2014. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisadosolo/interpretacaoanalise.php>. Acesso em 14/06/2014.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário – 2006a**. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/comparamun/compara.php?lang=&coduf=32&idtema=3&codv=V115&order=dado&dir=&lista=UF&custom=>. Acesso em: 28 de maio de 2014.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário – 2006b**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil\\_2006/comentarios.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/comentarios.pdf). Acesso em: 03/09/2014.

IDAF, Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo. Decreto **Nº 2055-R, de 14 de maio de 2008**: Regulamenta a Lei Complementar nº 404, de 25 de julho de 2007, que acrescentou o inciso XXXIV ao artigo 5º da Lei Complementar 197, de 11 de janeiro de 2001. Publicado no Diário Oficial do Estado do Espírito Santo – DIOES e, 15 de maio de 2008. Disponível em: <https://dio.es.gov.br/>. Acesso em 28/05/2014.

IDAF, Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo. Defesa Sanitária Animal – Espírito Santo: **Anuário 2012**. Vitória – ES. 2013.

IDAF, Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo. **Instrução normativa IDAF, nº 004 de 09 de maio de 2011**: Institui as normas e procedimentos que regulam, em todo território do Estado do Espírito Santo, o licenciamento ambiental a ser realizado pelo IDAF, nas tipologias discriminadas no Decreto Nº 2055-R, de 14 de maio de 2008, enquadradas nas classes Simplificada, I e II. Vitória – ES. 2011. Disponível em: <http://www.idaf.es.gov.br/Download/Legislacao/Sugest%C3%A3o%20de%20IN%20GERAL-P%C3%BAblica.pdf>. Acesso em 28/05/2014.

INCAPER, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Série Histórica**: Dados médios da série histórica da estação meteorológica localizada no município de Alegre-ES. Coordenadas: LAT: 20,751° S LON: 41,489° W ALT: 138 m. Disponível em: [http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=alegre\\_sh](http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=alegre_sh). Acesso em: 22 de maio de 2014.

JACOMIME, P.K.T et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do rio São Francisco, estado da Bahia**. Recife: EMBRAPA; Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1976. 404 p. (Boletim Técnico, 38 ; Divisão de Recursos Renováveis, 7).

JANK, L.; SAVIDAN, Y. SOUZA, M.T. de; COSTA, J.C.G. Avaliação do germoplasma de *Panicum maximum* introduzido da África. 1. Produção forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.23, n.3, p.433-440, 1994.

JARBAS, Tony; SÁ, Iedo Bezerra; PETRERE, Vanderlise Giongo; TAURA, Tatiana Ayako. **Bioma Caatinga** - Solos Flúvicos. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. 2012. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma\\_caatinga/Abertura.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/Abertura.html). Acesso em: 24/04/2014.

KESSLER, N. C. H.; SAMPAIO, S. C.; SORACE, M.. LUCAS, S. D.; PALMA, D. Swine wastewater associated with mineral fertilization on corn crop (*Zea mays*) **.Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.34, n.3, p.554-566, maio/ jun. 2014

KONZEN, E.A. Aproveitamento do adubo líquido da suinocultura na produção agropecuária. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABID, 2002. 4p.

KONZEN, E. A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 19p. (Informe Técnico).

KONZEN, E. A.. **Aproveitamento de Dejetos Líquidos de Suínos para Fertirrigação e Fertilização em Grandes Culturas**. Sete Lagoas, MG. Dezembro, 2003. Circular Técnica 32. 65p. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas – MG. 2003.

KRUGER, I.; TAYLOR, G.; FERRIER, M. Effluent at work, Australian pig housing Series. Australia: **NSW Agriculture**, p.201, 1995.

LARBI, A.; MISLEVY, P.; ADJEI, M.B. et al. Seasonal herbage and animal production from three *Cynodon* species. **Tropical Grasslands**, v.24, p.305-31, 1990.

LAVRES JUNIOR, J. Combinação de doses de nitrogênio e potássio para o capim-mombaça. Piracicaba – SP. 2001. 103p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP. 2001.

LAVRES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Perfilhamento, área foliar e sistema radicular do capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e

potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, 2003. Disponível em <http://www.periodicos.capes.gov.br> . Acesso em 24/05/2014..

LÉIS, Cristiane Maria. Uso de dejetos suínos e absorção de nutrientes pela cultura do milho e plantas espontâneas. Florianópolis - SC. 2009. 81 fls. **Dissertação** (Mestrado em Agroecossistemas) Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC. 2009.

LEITE, G. F.; CUNHA NETO, F. R.; RESENDE, A. V. Produtividade agrícola da cana-de-açúcar adubada com dejetos líquidos de suínos. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 132-138, jan./fev., 2009

LOURENZI, Cledimar Rogério. Atributos químicos após dezenove aplicações de dejetos líquidos de suínos em Argissolo sob plantio direto. Santa Maria – RS. 2010. 55p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS. 2010.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Ed. Agronomica Ceres, São Paulo, 2006.

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

MEDEIROS, L. T.; REZENDE, A. V.; VIEIRA, P. de F.; CUNHA NETO, F. R.; VALERIANO, A. R.; CASALI, A. O.; GASTALDELLO JUNIOR, A. L.. Produção e qualidade da forragem de capim-marandu fertiirrigada com dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.309-318, 2007.

MENEZES, J. F. S.; ALVARENGA, R. C.; ANDRADE, C. L. T.; KONZEN, E. A.; PIMENTA, F. F. Aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de grãos em sistema de plantio direto e avaliação do impacto ambiental. **Revista Plantio Direto**. n. 73, Ano XII, p. 30-35, Jan/fev 2003.

MEURER, E.J.; ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.377-382, 1993.

MIRANDA, Evaristo Eduardo; BATISTELLA, Mateus; GUIMARÃES, Marcelo. Monitoramento da expansão das áreas irrigadas na região oeste da Bahia. **EMBRAPA** Monitoramento por Satélite. 2002. 39 p. (Monitoramento por satélite - Documentos 20). Campinas - SP. 2002. Disponível em: <http://www.bndes.cnpm.embrapa.br/textos/neossolos1.htm>. Acesso em 24/05/2014.

MONDARDO, D.; CASTAGNARA, D. D.; OLIVEIRA, P. S. R.; ZOZ, T.; MESQUITA, E. E. Produção e composição químico-bromatológica da aveia preta fertilizada com doses crescentes de dejetos líquido suíno. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 509-517, abr-jun, 2011.

MUKUL, R.R.G.; LARA, P.E.L.; GARCIA, J.R.S. Abonado del pasto tanner (*Brachiaria radicans* Napper) com purines: rendimento de forraje y extracción de nutrimentos. **Revista Técnica Pecuária en México**, v.40, n.3, p.265-274, 2002.

OLIVEIRA, P. A. V. de. **Produção e manejo de dejetos de suínos. Embrapa Suínos e Aves**. Concórdia – SC. In: Projeto Suinocultura Santa Catarina. pag 72 – 90. 2002. Disponível em: [http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf\\_doc/8-PauloArmando\\_Producao.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/8-PauloArmando_Producao.pdf). Acesso em 24/05/2014.

OLIVEIRA, S. A. Análise foliar. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: **correção do solo e adubação**. 2. ed. EMBRAPA Informação Tecnológica, Brasília:DF, 2004, cap. 10, p.245-256.

OLIVEIRA, Luiz Alberto Melo de; SOUZA, Antônio Eleutério de. **Balanco Mineral Brasileiro: Potássio**. DNP. 2001, Disponível em: <http://www.dnmp.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/potassio.pdf> Acesso em: 09/09/2014.

PACHECO, Fábio Palczewski. Água residuária de suinocultura aplicada em cobertura na cultura do milho com cultivo sequencial de aveia preta. Cascavel – PR. 2012. 67 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel – PR. 2012.

PEARSON, C.J. & ISON, R.L. **Agronomy of grassland systems**. Cambridge, Cambridge University Press, 1997. 222p.

PERDOMO, C.C.; CAZZARÉ, M. Sistema **Dalquim de tratamento de resíduos animais**. Concórdia: EMBRAPA/CNPISA, 2001. (Comunicado Técnico, 284).

PEREIRA, Edilaine Regina, Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu reuso no ambiente agrícola. **Tese** (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006. Piracicaba, 2006. 130 p.

PEREIRA, Lisandra da Silva. Alguns impactos ambientais relacionados com a aplicação de chorume de suínos na agricultura: estudo de caso com a cultura de milho (*Zea mays* L.) no Brasil. 2013. 79 p. **Dissertação** (Mestre em Engenharia do Ambiente) Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 2013.

PEREIRA, W. L. M. Doses de potássio e de magnésio em solução nutritiva para capim mombaça. Piracicaba, 2001. 124f. **Tese** (Doutorado em Agronomia) - Escola superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

PREVEDELLO, C.L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba: **Salesward-Discovery**. 446 p. 1996.

PREZZOTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o estado do Espírito Santo – 5ª Aproximação**. Vitória – ES. SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

PREZZOTI, L.C. **Sistema de Recomendação de Adubação e Calagem**. 2013. Disponível em: <http://www.incaper.es.gov.br/?a=downloads/index>. Acesso em: 25/05/2013.

QUEIROZ, F.M.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G.; OLIVEIRA, R.A. Característica químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1487-1492, 2004.

ROGERS, J.R.; HARVEY, R.W.; POORE, M.H. et al. Application of nitrogen from swine lagoon effluent to bermudagrass pastures: seasonal changes in forage

nitrogenous constituents and effects of energy and escape protein supplementation on beef cattle performance. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1126-1133, 1996.

ROSA, B.; KONZEN, E. A. Dejetos de suínos e aves e suínos na produção de forragens. In: VI SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE, 2004, Goiânia. **Anais..Goiânia: CBNA, 2004. p. 165-212.**

ROSA, B.; NAVES, M. A. T.; RAMOS, C. S.; LEANDRO, W. M. Variação temporal de atributos químicos do solo cultivado com capim Braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) em função da aplicação de dejetos líquidos de suínos em Goiânia, GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 2004. Lages, SC. **Anais..Santa Catarina: Fertbio 2004. (CDROM).**

SANTOS, Malei Rosa dos et al. . Rendimento, qualidade e absorção de nutrientes pelos frutos de abóbora em função de doses de biofertilizante. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista , v. 30, n. 1, mar. 2012 . Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-05362012000100027&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362012000100027&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 13 jun. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362012000100027>.

SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS: NRS: UFRGS, 2004. 400 p.

SCHEFFER-BASSO, Simone Meredith et al. . Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: cultivar Tifton 85. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa , v. 37, n. 11, nov. 2008a . Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982008001100006&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982008001100006&lng=pt&nrm=iso)>. Acessos em: 25 set. 2014.

SCHEFFER-BASSO, Simone Meredith; SCHERER, Clênio Valdeni; ELLWANGER, Marcelo de Faria. Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: pastagem natural. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa , v. 37, n. 2, fev. 2008b . Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982008000200007&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982008000200007&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 25 set. 2014.

SCHERER, E. E.; AITA, C.; BALDISSERA, I. T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 46 p. (Boletim técnico, 79).

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, V.34, p.1375-1383, 2010.

SEGANFREDO, M.A. **A questão ambiental na utilização de dejetos de suínos como fertilizante do solo**. Concórdia. 2000. 37 p.. EMBRAPA - Circular Técnica, 22.

SEGANFREDO, M.A. **Viabilidade econômico-ambiental do uso de dejetos animais e lodos de esgoto como fertilizante**. Palestra apresentada na Fertbio 2006. Bonito, MS, 2006.(CDROM).

SILVA, S.C. Condições edafo-climáticas para a produção de Panicum sp. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, TEMA: O CAPIM COLONIÃO, 12, Piracicaba, 1995. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1995. p.129-146.

VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de; SILVA, J. E. Adubação potássica. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília, 2004. Cerrado: correção do solo e adubação, 416 p. (Ed. SOUSA, D. M. G. de, & LOBATO, E.).