

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM
FORRAGEIRAS CULTIVADAS NO SISTEMA DE TRATAMENTO
DE ESGOTO DOMÉSTICO POR ESCOAMENTO SUPERFICIAL

ALINE AZEVEDO NAZÁRIO

ALEGRE

2012

ALINE AZEVEDO NAZÁRIO

**PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM
FORRAGEIRAS CULTIVADAS NO SISTEMA DE TRATAMENTO
DE ESGOTO DOMÉSTICO POR ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal, na área de concentração Planejamento e Manejo de Recursos Hídricos. Orientador: Prof. D.Sc. Giovanni de Oliveira Garcia

ALEGRE

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

N335p Nazário, Aline Azevedo, 1986-
Produtividade e acúmulo de nutrientes em forrageiras cultivadas no sistema de tratamento de esgoto doméstico por escoamento superficial / Aline Azevedo Nazário. – 2012.
74 f. : il.

Orientador: Giovanni de Oliveira Garcia.
Coorientadores: Edvaldo Fialho dos Reis; Eduardo de Sá Mendonça.
Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Plantas forrageiras - Nutrição. 2. Gramínea. I. Garcia, Giovanni de Oliveira. II. Reis, Edvaldo Fialho dos. III. Mendonça, Eduardo de Sá. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 63

ALINE AZEVEDO NAZÁRIO

**PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM
FORRAGEIRAS CULTIVADAS NO SISTEMA DE TRATAMENTO
DE ESGOTO DOMÉSTICO POR ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de *Magister Science* em Produção Vegetal, na área de concentração de Planejamento e Manejo de Recursos Hídricos.

Aprovada em 10 de julho de 2012.



DSc. Giovanni de Oliveira Garcia
Orientador



DSc. Edvaldo Fialho dos Reis
Co-orientador



DSc. José Francisco Teixeira do Amaral
Examinador Interno



DSc. Otacílio José Passos Rangel
Examinador Externo

Dedicatória

À minha sobrinha e afilhada Letícia Nazário Emerick.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pela vida.

Aos meus pais **Alexandrina Nazário** e **Pedro Azevedo** pelo apoio.

A minha irmã **Elaine Nazário** e demais familiares pelo incentivo.

Ao professor **DSc. Giovanni de Oliveira Garcia** meu orientador, pelo apoio, dedicação, amizade e confiança depositada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (**CCA-UFES**), pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (**CNPq**), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores conselheiros **DSc. Edvaldo Fialho dos Reis** e **DSc. Eduardo de Sá Mendonça** pela colaboração, sugestões e esclarecimentos.

Ao Professor **DSc. José Francisco Teixeira do Amaral** e **DSc. Otacílio José Passos Rangel** pela colaboração e sugestões.

Ao meu primo **Leonardo Nazário** que me apresentou ao professor Giovanni de Oliveira Garcia, iniciando neste momento minha caminhada na pesquisa científica.

Aos primeiros amigos de pesquisa científica **Leonardo Nazário, Gustavo Soares, Willian Bucker e Fernando Carrara** no qual tive oportunidade trabalhar na minha primeira iniciação científica.

Aos eternos Amigos: **Lucas Pilon, Fernando Zinger, Lauana Pellanda, Tatiane Paulino, Nelba e Eliezer Bolelli.**

A todos os amigos que me ajudaram direto ou indiretamente, **Afonso Venturin, Heitor Ribeiro, Morgana Scaramussa, Marjorie Spadeto, José Guilherme Bergamim, Rogério Rangel, Gláucio Araújo, Luciano Bestete, José Maria Azevedo e Ivo Zution** pela força e amizade.

Aos **funcionários** do LAFARSOL, pela imensa contribuição e amizade.

Aos funcionários da área experimental do CCA-UFES, em especial **Rosemberg Candido, Rodrigo da Silva, Josuel Meneguci e Jomale Sobreira** pela ajuda e amizade.

A prefeitura municipal de Jerônimo Monteiro pela colaboração e fornecimento do efluente doméstico.

Aos demais **professores e funcionários** do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal.

Agradeço a todos que contribuíram para que este trabalho tivesse sucesso. Obrigada por poder contar com vocês, e desculpe aqueles que não tenham mencionado.

BIOGRAFIA

ALINE AZEVEDO NAZÁRIO, filha de Alexandrina Nazário Azevedo e Pedro Teófilo de Azevedo Neto, nasceu em Alegre - ES, em 11 de outubro de 1986.

Em agosto de 2010, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alegre – ES.

Em agosto de 2010, ingressou no Programa de Mestrado em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES, concentrando seus estudos na Área de Planejamento e Manejo de Recursos Hídricos, submetendo-se a defesa de dissertação em julho de 2012.

RESUMO

NAZÁRIO, Aline Azevedo. Universidade Federal do Espírito Santo, Julho de 2012. **Produtividade e acúmulo de nutrientes em forrageiras cultivadas no sistema de tratamento de esgoto doméstico por escoamento superficial**. Orientador: DSc. Giovanni de Oliveira Garcia. Co-orientadores: DSc. Edvaldo Fialho dos Reis e DSc. Eduardo de Sá Mendonça

O esgoto é um resíduo líquido resultante das atividades domésticas e industriais, com impurezas orgânicas e inorgânicas que se for lançado no ambiente sem tratamento adequado ocasiona diversos impactos ambientais negativos. A disposição de águas residuárias agroindustriais e domésticas no solo é uma técnica interessante, principalmente em condições de clima tropical e com disponibilidade de áreas, como é o caso do Brasil. Esta técnica se baseia na capacidade depuradora do sistema solo-planta para a remoção dos poluentes contidos nas águas residuárias. Nesse sentido, o tratamento deste efluente faz-se necessário. Diante do exposto o presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos da aplicação de doses de esgoto doméstico bruto (EDB) no desenvolvimento de diferentes espécies de forrageiras, bem como avaliar o potencial destas forrageiras na redução da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) do esgoto doméstico bruto, a produção e o acúmulo de nutrientes das forrageiras. O experimento foi conduzido na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUFES) onde em uma estrutura de alvenaria foram montadas 45 rampas de 1,0 x 0,2 m com declividade de aproximadamente 8%. O delineamento experimental utilizado foi montado no esquema de parcela sub-subdividida 3x5x2, sendo nas parcelas espécies de forrageiras em três níveis (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu; *Cynodon sp.* cv Tifton 85 e *Paspalum atratum* cv. Pojuca), nas subparcelas taxa de aplicação do esgoto doméstico em cinco níveis (7,91; 15,82; 23,73; 31,64 e 39,55 kg ha⁻¹ dia¹ de DBO₅ do EDB) e nas sub-subparcelas cortes do material vegetal em dois níveis (dois ciclos de 28 dias após o início da aplicação do EDB), num delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Para acompanhar o decréscimo da carga orgânica amostras do efluente foram coletadas nos pontos de entrada e saída das rampas (parte superior e inferior, respectivamente) para a determinação da DBO₅.

O material vegetal cortado foi encaminhado para laboratório onde foi determinada massa seca. O teor de proteína bruta foi obtido multiplicando-se o fator 6,25 pelo valor de nitrogênio encontrado. O acúmulo de nutrientes foi obtido pelo produto dos teores de cada elemento pela produção total de matéria seca por hectare. Os resultados demonstraram que o sistema de tratamento empregado reduziu a carga orgânica do efluente de esgoto doméstico bruto em média 36% até os 28 dias e 12 % após os 28 dias, porém de forma não satisfatória para atender a legislação de lançamento de efluente em corpos hídricos, mostrando que as altas taxas de efluente de esgoto doméstico bruto requerem maior tempo de detenção nas rampas cultivadas com forrageiras. O rendimento aumentou proporcionalmente com incremento das aplicações das taxas de esgoto doméstico. O acúmulo de nutrientes para os cultivares Marandu, Tifton 85 e Pojuca estão acima dos mencionados em literatura para nitrogênio, fósforo, enxofre, manganês, ferro e cobre. Já para potássio, cálcio e magnésio estão de acordo com os valores médios relatados para as forrageiras. Esses resultados reforçam o potencial desses capins quanto ao tratamento de águas residuárias, especialmente efluente de esgoto doméstico bruto.

Palavras-chave: Demanda bioquímica de oxigênio, crescimento vegetativo, gramíneas.

ABSTRAT

NAZÁRIO, Aline Azevedo. University Federal of Espírito Santo, July 2012. **Productivity and nutrient accumulation in forages grown in the system of treatment of domestic sewage runoff.** Advisor: DSc. Giovanni de Oliveira Garcia. Co-advisors: DSc. Edvaldo Fialho dos Reis e DSc. Eduardo de Sá Mendonça

Sewage is the liquid waste with organic and inorganic impurities resulting from industrial and domestic processes. The disposal of sewage in environment without proper treatment causes negative impacts, requiring a proper treatment of this effluent. The disposal of agro-industrial and domestic waste water in the soil is a promising residue treatment technique, particularly in tropical countries with availability of land such as Brazil. This technique relies on the ability of the soil-plant system to remove pollutants present in the waste water. The goal of the present work was to study the effects of the applied dose of gross domestic sewage (GDS) on the development of different forage species, and to assess the performance of forages to reduce biochemical oxygen demand (BOD) of domestic crude sewage production and to evaluate nutrient accumulation by the forage. The experiment was conducted in the experimental area of the Agricultural Science Center, Federal University of Espírito Santo (CCAUFES). A masonry structure with 45 ramps, measuring 1.0 x 0.2 m each, was set upon a slope of approximately 8%. The experiment was set up in a 3x5x2 split-plot scheme in which we evaluated the following factors: three forage species (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu; *Cynodon sp.* cv Tifton 85 and *Paspalum atratum* cv. Pojuca), five application rates of domestic sewage (7.91, 15.82, 23.73, 31.64 and 39.55 kg ha⁻¹ day¹ for BOD₅ of GDS) and two harvest periods of forage, 28 and 56 days after the start of the GDS). The experimental design was completely randomized with three replications. To follow the variation of the organic content of the effluent, samples of effluent were collected at points the entrance and exist of each ramp (top and bottom, respectively) for BOD₅ analysis. The plant samples were sent to the laboratory where their dry weight was determined. The crude protein was obtained by multiplying the total nitrogen content found in the samples by a factor of 6.25. Nutrient accumulation was obtained by multiplying the contents of nutrients in the samples by the total production of dry matter per hectare. The results showed that the treatment system used reduced the organic content

of the effluent from domestic sewage-tor crude in 36% until 28 days and 12% after 28 days after effluent application. However, this reduction in organic content is not sufficient to meet the current legal requirements of disposal of effluents in water bodies, indicating that a proper treatment of gross domestic sewage effluent would require longer long slopes to increase the period of treatment of these effluents. The forage yield increased along with the application rates of sewage. The accumulation of nitrogen, phosphorus, sulfur, manganese, iron and copper by the cultivars Marandu, Tifton 85 and Pojuca were higher than the average accumulation reported in the literature. Potassium, calcium and magnesium accumulation are in agreement with the average values found for forage. These results emphasize the potential use of these grasses to treat waste water, especially gross domestic sewage effluent.

Keywords: Biochemical oxygen demand, vegetative growth, grass.

SUMÁRIO

	Página
1.0. INTRODUÇÃO.....	15
2.0. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. Esgoto doméstico e poluição hídrica.....	17
2.2. Tratamento do esgoto doméstico.....	18
2.2.1. Tratamento por disposição no solo.....	19
2.3. Forrageiras como agentes de tratamento do esgoto doméstico.....	23
2.4. Questão ambiental e utilização do esgoto doméstico na agricultura.....	25
3.0. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1. Caracterização do experimento e material vegetal.....	29
3.2. Condição de cultivo, tratamento e delineamento experimental.....	29
3.3. Características avaliadas.....	34
3.3.1. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO).....	34
3.3.2. Rendimento.....	35
3.3.3. Proteína bruta.....	35
3.3.4. Acúmulo de nutrientes.....	35
3.4. Análise estatística dos dados.....	35
4.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1. Avaliação do efluente de esgoto doméstico bruto.....	35
4.1.1. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	36

4.2. Avaliação das forrageiras sob aplicação do efluente de esgoto doméstico.....	41
4.2.1. Rendimento.....	42
4.2.2. Proteína bruta.....	45
4.2.3. Nitrogênio.....	47
4.2.4. Fósforo.....	49
4.2.5. Potássio.....	51
4.2.6. Cálcio.....	52
4.2.7. Magnésio.....	54
4.2.8. Enxofre.....	54
4.2.9. Manganês.....	56
4.2.10. Ferro.....	57
4.2.11. Cobre.....	58
5.0. CONCLUSÃO.....	58
6.0. REFERÊNCIAS.....	59
ANEXOS.....	69

1.0. INTRODUÇÃO

A deterioração da qualidade das águas está vinculada ao crescimento populacional das últimas décadas, notadamente nos meios urbanos, juntamente com o incremento de produção nas mais diversas atividades agroindustriais, conseqüentemente, houve o incremento na geração de grande quantidade de resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

Os esgotos domésticos sem tratamento é composto por diversos sólidos orgânicos e inorgânicos, constituintes químicos e microrganismos patogênicos, e elevada proporção de água (NUVOLARI, 2003). Quando lançados nos corpos hídricos sem tratamento ocasionam sérios impactos ambientais como a eutrofização de águas e desequilíbrio ambiental contribuindo para a eliminação da fauna aquática (HALLIWELL; BARLOW; NASH, 2001) e impossibilidade de uso dos recursos hídricos (BOUWER, 2000).

Em particular, o lançamento de resíduos líquidos, também chamados de águas residuárias, nos corpos d'água conduz ao estabelecimento de processos poluidores prejudiciais aos sistemas aquáticos que comprometem os usos ao qual aquele manancial estava destinado (MELO & MARQUES, 2000).

Em função da concentração de material orgânico presente nas águas residuárias, o descarte nos corpos hídricos pode proporcionar grande decréscimo na concentração de oxigênio dissolvido, cuja magnitude depende da concentração da carga orgânica e da vazão do curso d'água receptor (MATOS, 2003).

Quando há lançamento de grande quantidade de material orgânico facilmente oxidável no corpo hídrico, as bactérias aeróbicas passam a utilizar o oxigênio disponível no meio aquático para estabilizarem o material orgânico presente, podendo, com isso, provocar a mortandade de peixes por déficit de oxigênio (VON SPERLING, 2005).

Jordão e Pessoa (2009) afirmam que a remoção dos poluentes presentes em águas residuárias domésticas, industriais e as decorrentes de atividades agropecuárias, necessária para torná-las adequadas a disposição em corpos hídricos, de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação ambiental, só pode ser obtida se eficientes sistemas de tratamento forem implantados e adequadamente operados.

A aplicação de esgotos no solo, como pratica de reúso pode ser considerada uma forma de disposição final de tratamento. Os esgotos suprem as necessidades das plantas,

tanto em termos de água, quanto de nutrientes. A capacidade do solo em assimilar os compostos orgânicos complexos depende de suas propriedades físico/químicas e das condições climáticas. Taxa de infiltração e tipos de cobertura vegetal são fatores importantes no uso do solo como meio de degradação de resíduos orgânicos. Tal degradação requer boa aeração do solo a qual, por sua vez, é inversamente relacionada à umidade do solo. Condições de insuficiente aeração vão conduzir a uma menor capacidade de trocas do resíduo orgânico com os “sítios” do solo (VON SPERLING, 1996).

Um dos métodos utilizados para disposição de efluentes doméstico no solo é o “sistema de escoamento superficial” que consiste na aplicação, controlada, da descarga de águas residuárias, fazendo-as escoarem, no solo, por uma rampa plantada inclinada, ate alcançar canais de coleta (PAGANINI, 1997).

O escoamento superficial apresenta como principais vantagens as seguintes características (CORAUCCI FILHO et al, 1999): é apropriado para o tratamento de esgoto de comunidades rurais e de indústrias sazonais; proporciona um tratamento secundário avançado, com uma operação relativamente simples e barata; a cobertura vegetal pode ser reaproveitada; apresenta a menor restrição quanto as características do meio, comparado com outros sistemas de aplicação no solo.

Dessa forma, há necessidade de informações que visem adequar sistemas de tratamento de efluentes e esclarecer dúvidas que existem frequentemente, como a resposta deste método de tratamento em regiões tropicais.

Diante da necessidade de estabelecer critérios que visem à sustentabilidade técnica e ambiental da disposição de efluentes no solo bem como o levantamento de informações quanto ao manejo do efluente no sistema solo-planta-ambiente, este trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da aplicação de doses de esgoto doméstico bruto no desenvolvimento de diferentes espécies de forrageiras, bem como avaliar o potencial destas forrageiras na redução da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) do esgoto doméstico bruto, a produção e o acúmulo de nutrientes das forrageiras.

2.0. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Esgoto doméstico e poluição hídrica

O esgoto sanitário, segundo a norma brasileira NBR 9.648 (ABNT, 1986), é o despejo líquido constituído de origem doméstica e industrial, águas de infiltração e contribuição pluvial parasitária. Segundo Costa (2007) entende-se por esgoto doméstico urbano a água com impurezas de características orgânicas. Já a água residual industrial altera suas características conforme os produtos usados nos diversos processos, devendo ser considerados ainda padrões de lançamento.

Além do ciclo da água na Terra, existem ciclos internos, em que a água permanece na sua forma líquida, mas tem suas características alteradas em virtude de sua utilização. Logo, para melhor esclarecimento Von Sperling (2005) definiu:

- Água usada (esgoto bruto) – Com a utilização da água, esta sofre novas transformações na sua qualidade, vindo a constituir em um despejo líquido.
- Esgoto tratado – Visando a remoção dos principais poluentes, os despejos sofrem um tratamento antes de serem lançados ao corpo receptor. O tratamento dos esgotos é responsável por uma nova alteração na qualidade do líquido.
- Reúso – Os esgotos tratados podem ser usados, sob certas condições, na agricultura, indústria e no meio urbano.

De acordo com Von Sperling (2005) entende-se por poluição das águas a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo hídrico de maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos. Costa (2007) relata que o controle da poluição é de suma importância e varia de acordo com o uso que a água é destinada, devendo-se analisar as principais fontes poluidoras juntamente com seus efeitos degradantes.

De acordo com a Resolução 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, as águas do território nacional são classificadas em águas doces, salinas e salobras. Em função do uso previsto, foram criadas quatro classes relativas à água doce. Cada uma dessas classes corresponde a uma determinada qualidade a ser mantida no corpo hídrico. Essa qualidade é expressa em forma de padrões de qualidade que está rela-

cionada com padrões de lançamento de efluentes. Em princípio, o inter-relacionamento entre os dois padrões se dá no sentido de que um efluente além de satisfazer os padrões de lançamento deve proporcionar condições de tal forma que a classe do corpo hídrico receptor não venha a ser alterada.

A necessidade de se preservar os recursos hídricos, conservando as águas de melhor qualidade para usos mais restritivos, atrelada ao potencial que representa o reúso de efluente, impulsionou o desenvolvimento de diversos processos e técnicas de tratamento para minimizar os efeitos adversos, decorrentes da descarga de efluentes no ambiente (SOUZA et al., 2010).

As águas residuárias, lançadas rotineiramente nos cursos d'água, sem maiores preocupações a respeito dos riscos à saúde humana e ao ambiente, são altamente dependentes da capacidade autodepuradora do corpo hídrico, tornando-se inadequada mediante o crescimento populacional e industrial, associada à limitada capacidade do ambiente em depurar toda carga orgânica presente nestas águas residuárias (FEIGIN; RAVINA; SHALHEVET, 1991).

A reutilização de águas residuárias como prática de reúso pode ser considerada como uma medida de controle da poluição, pois, com a adoção de tal prática, evita-se o lançamento de esgotos nos corpos d'água (LONDE; PATERNIANI, 2003). Restauradas e em boas condições, irão encontrar novos usos, sem maiores contaminações, poderão ser lançadas no corpo hídrico receptor ou servir para diversos fins, como por exemplo, irrigação de parques e jardins, abastecimento de lagoas em parques de recreação (CORAUCCI FILHO; FIGUEIREDO, 1995).

2.2. Tratamento do esgoto doméstico

Sabe-se que o esgoto doméstico é composto por uma elevada parcela de água e uma menor parcela de sólidos. Devido aos graves problemas que o lançamento do esgoto doméstico pode trazer ao ambiente, o seu tratamento, de forma econômica, torna-se necessário. Segundo Nuvolari & Costa (2007) o tratamento do esgoto se resume na busca eficiente da remoção dos poluentes nele contidos. Baseia-se em parâmetros normatizados e variam de acordo com o volume a ser tratado, finalidade, nível de processamento, qualidades originais e pretendidas além do local de lançamento ou reaproveitamento.

O tratamento de esgoto pode ser dividido em preliminar, primário e secundário, segundo o grau de tratamento imposto (MATOS, 2003). No tratamento preliminar, removem-se os sólidos mais grosseiros, por meio de grades, peneiras e etc.. No tratamento primário, são removidos sólidos passíveis de sedimentação, podendo também ocorrer degradação anaeróbia do material orgânico em suspensão. No tratamento secundário, há continuidade, no caso de tratamento prévio do efluente em sistemas anaeróbios, ou inicia-se a degradação biológica, anaeróbia ou facultativa do material orgânico em suspensão. Nessa etapa, a remoção do material orgânico em suspensão do efluente ocorre por ação de microrganismos que se desenvolvem no meio líquido.

Segundo Nuvolari & Costa (2007) todo tratamento de esgoto deve satisfazer a legislação que regula a qualidade do efluente final e do corpo receptor. É indispensável considerar os padrões permitidos para lançamento, a classificação dos rios, a qualidade final requerida após lançamento, o estudo de impacto ambiental, atentando sempre para o que dispõe as normas, resoluções, decretos, leis estaduais e federais.

Mananciais que recebem, ou receberam, durante períodos prolongados, efluentes com grande quantidade de compostos de alto risco, particularmente poluentes orgânicos, presentes em efluentes líquidos industriais, são, “a priori”, desqualificados para a prática de reúso para fins potáveis. O reúso, para fins potáveis, só pode ser praticado, tendo como matéria prima básica, esgotos exclusivamente domésticos. Na República da Namíbia, por exemplo, que vem tratando esgotos exclusivamente domésticos para fins potáveis, os esgotos industriais são coletados em rede separada e tratados independentemente (HESPANHOL, 2003).

O escoamento superficial no solo é um dos métodos que tem apresentado boa eficiência na remoção dos diversos poluentes presentes nas águas residuárias, além de permitir a prática do reúso do efluente na irrigação de alguma cultura agrícola. Outro ponto que reforça sua viabilidade é a possibilidade de geração de uma biomassa que pode ser agregada à alimentação de animais ou a incorporação em solo cultivável (TONETI et al., 2009).

2.2.1. Tratamento por disposição no solo

Diversos são os métodos disponíveis para o tratamento de efluentes ricos em material orgânico, porém toda e qualquer tecnologia gerada para a disposição de resíduos orgânicos no solo, por mais modernas e complexas que sejam se não contemplarem os riscos

potenciais de contaminação ambiental estarão condenadas ao fracasso (MATOS & SEDIYAMA, 1996).

Durante as duas últimas décadas, o uso de esgotos para irrigação de culturas aumentou, significativamente, devido aos seguintes fatores (HESPANHOL et al., 1994).

- Dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação;
- Custo elevado de fertilizantes;
- A segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas são efetivamente tomadas;
- Os custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores;
- O reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

Atualmente, o tratamento de esgoto doméstico por disposição no solo tem-se apresentado como importante alternativa de tratamento, seja com a função de polimento de efluentes (pós-tratamento), seja pela necessidade de reciclagem de recursos cada vez mais escassos, seja pela possibilidade de obtenção de subprodutos como alimentação animal ou carvão, pela adequação da massa líquida antes que venha a atingir os corpos hídricos receptores com características incompatíveis com os respectivos efluentes (PAGANINI, 1997).

Esta tecnologia tem constituído uma solução alternativa para o tratamento de esgotos principalmente em comunidades rurais, uma vez que se torna uma solução pertinente à agricultura, pois é facilmente assimilável pelas populações rurais, gerando interesse participativo em seu desenvolvimento e de baixo custo (inferior ao modelo fossa-séptica/filtro anaeróbio). A disposição de esgoto no solo compreende processos físicos, químicos e biológicos de remoção da carga poluidora reduzindo a poluição ambiental e promovendo melhorias em algumas propriedades físicas dos solos (BERTONCINI, 2008).

Pesquisas vêm sendo realizadas em diversas culturas. Johns & McConchie (1994, extraído de RAMOS, 2007) estudaram plantas de bananeiras irrigadas com efluentes e observaram que estas contêm teores mais elevados de certos elementos em comparação a planta irrigada com água: 225% a mais de sódio, 81% a mais de boro, 43% a mais de co-

bre, 26% a mais de cloro, e cerca de 16% a mais de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio.

Após 15 anos de irrigação com efluente de esgoto, Meli et al. (2002) constataram no solo aumento na quantidade de nutrientes disponíveis e na eficiência metabólica da microflora do solo. Por outro lado Ortega-Larrocea et al. (2001, extraído de Santos, 2004) constataram efeito negativo sobre a população de fungos micorrízicos arbusculares no solo (decréscimo da abundância de esporos livres) após 90 anos de irrigação com efluente de esgoto, associando ao acúmulo de fósforo e de metais pesados.

Para Kouraa et al. (2002), ao contrário do que se tem observado em solos após vários anos sob irrigação com efluente de esgoto tratado, a irrigação num curto período de tempo (meses), não tem alterado características físicas e químicas do solo. Do mesmo modo que para as alterações químicas e físicas, a contaminação bacteriológica do solo não tem sido significativa após curto período de irrigação. Além da prática de irrigação de culturas agrícolas, o efluente de esgoto tem sido empregado com sucesso como solução nutritiva em cultivos hidropônicos (RAMOS, 2007).

Dentre os métodos disponíveis para o tratamento destaca-se o método por escoamento superficial, no qual o efluente é aplicado na parte superior de uma rampa vegetada, ficando sujeito ao escoamento superficial, condição que possibilita sua depuração ao longo da rampa de tratamento. Neste tratamento, o crescimento da vegetação permitirá proteção ao solo contra a erosão e providenciará uma camada suporte, na qual os microrganismos se estabelecerão. Devido aos nutrientes e à grande disponibilidade de água, essa vegetação possui alta taxa de crescimento, produzindo grande quantidade de massa verde, exigindo, com isso, grande frequência de cortes (CORAUCCI FILHO et al., 1999).

Quando comparado com outros métodos de tratamentos, o escoamento superficial apresenta as seguintes vantagens:

- É apropriado para o tratamento de esgotos de pequenas comunidades;
- A cobertura vegetal pode ser utilizada em atividades agrícolas;
- Não gera lodo e não produz maus odores;
- Os efluentes apresentam qualidade semelhante aos de lodos ativados, tendo custo de operação e manutenção 40% menor (OVERCASH, 1978).

A ação do solo como depurador do efluente é decorrente da interceptação dos sólidos em suspensão, remoção de nutrientes por adsorção à matriz do solo ou absorção pelas plantas, além da oxidação do material orgânico, promovido principalmente por bactérias do solo. Para que a disposição de efluentes líquidos no solo não traga riscos de salinização, torna-se necessário o conhecimento da capacidade de suporte de cada sistema solo-planta para que se possa estabelecer a taxa de aplicação mais adequada, de forma a resguardar a integridade dos recursos naturais (MATOS & SEDIYAMA, 1996).

Segundo Matos (2003) a grande vantagem do método de tratamento por escoamento superficial é o tratamento de grandes volumes de efluentes em pequenas áreas tornando possível o aproveitamento do potencial fertilizante do efluente aplicado. Nesse sistema de tratamento a remoção de poluentes está em torno de 70-85% para as demandas químicas e bioquímicas de oxigênio, 60-80% para o fósforo e 50-90% de nitrogênio total.

O uso de águas residuárias na agricultura pode afetar a produtividade de culturas reduzindo a necessidade do uso de fertilização mineral, permitindo um considerável suprimento de nitrogênio, tanto na forma orgânica como mineral (MELI et al, 2002).

Entretanto, a lixiviação de nitrato, é fator de maior preocupação quando se considera o uso de efluentes em solos sob condições tropicais, onde a mineralização de sua carga orgânica é rápida. O nitrogênio presente em efluentes encontra-se preferencialmente na forma de N-orgânico e N-amoniacal. Em solos cultiváveis, é rapidamente transformado a nitrato, podendo atingir a água subterrânea (BERTONCINI, 2008).

Além dos nutrientes, a aplicação de esgotos proporciona a adição de matéria orgânica, que age como um condicionador do solo, aumentando a sua capacidade de reter água (WHO, 1989).

Na Tabela 1 observa-se os resultados experimentais obtidos em Nagpur, Índia, pelo Instituto Nacional de Pesquisas de Engenharia Ambiental (NEERI), que investigou os efeitos da irrigação com esgotos, sobre as culturas produzidas (SHENDE, 1985, extraído HESPANHOL, 2003).

Tabela 1 - Aumento da produtividade agrícola (t/ha/ano) possibilitada pela irrigação com esgotos domésticos

Irrigação efetuada com	Trigo 8 anos*	Feijão 7 anos*	Arroz 4 anos*	Batata 4 anos*	Algodão 3 anos*
Esgoto bruto	3,34	0,90	2,97	23,11	2,56
Efluente primário	3,45	0,87	2,94	20,78	2,30
Efluente de lagoa de estabilização	3,45	0,78	2,98	22,31	2,41
Água + NPK	2,70	0,72	2,03	17,16	1,70

*Número de anos para cálculo da produtividade média

Fonte: Shende, 1985, extraído Hespagnol, 2003.

O sistema de escoamento superficial utiliza uma cobertura vegetal, a qual deve ser adaptada à umidade constante do solo, a teores elevados de matéria orgânica, e possíveis efeitos tóxicos do efluente (CORAUCCI FILHO, 1992; FIGUEIREDO, 1985; TERADA et al., 1985). A forrageira Tifton 85 (*Cynodon* sp) atende a estas exigências, caracterizando-se pela dominância sobre as espécies invasoras, boa remoção de N e P, maior número de cortes, melhor desenvolvimento sob condição de elevado teor de matéria orgânica, fechamento homogêneo e mais denso, maior produção de massa seca e uma recuperação mais rápida após o corte, sendo utilizada na alimentação animal (STEFANUTTI et al., 1999).

Loures (2002), ao avaliar o desempenho do tratamento de esgoto por escoamento superficial, sob taxa de aplicação de $0,48 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ m}^{-1}$, em faixas de tratamento com 2% de declividade, cultivadas com o capim Coastcross, registrou os valores médios de teores de massa seca de $0,59 \text{ t.ha}^{-1}$, proteína bruta de $23,33 \text{ dag kg}^{-1}$, nitrogênio de $3,73 \text{ dag kg}^{-1}$, fósforo de $0,49 \text{ dag kg}^{-1}$ e potássio de $1,61 \text{ dag kg}^{-1}$, 45 dias após o plantio. Fonseca (2000), em estudo conduzido na mesma área com o capim Coastcross e aplicação de esgoto doméstico, sob a taxa de $0,36 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ m}^{-1}$, registrou os valores médios de teores de proteína bruta de $20,71 \text{ dag kg}^{-1}$, de fósforo de $0,46 \text{ dag kg}^{-1}$, e potássio de $3,57 \text{ dag kg}^{-1}$, na mesma idade.

2.3. Forrageiras como agentes de tratamento do esgoto doméstico

Os critérios de tratamento para reúso agrícola são, entretanto, distintos daqueles estabelecidos para a descarga de efluentes líquidos em corpos de água. É extremamente benéfico que os efluentes tratados contenham concentrações significativas de matéria or-

gânica e o máximo possível dos nutrientes contidos no esgoto bruto. Portanto, os critérios de tratamento para reúso agrícola devem ser associados à manutenção da DBO até um máximo de aproximadamente 100 miligramas por litro, manutenção de nutrientes e eliminação de organismos patogênicos (HESPANHOL, 2003).

O reúso da água é hoje um fator importante para a gestão dos recursos hídricos. O poder depurador do solo é muito maior que o poder depurador das águas, pois o solo funciona como filtro, além de promover a decomposição da matéria orgânica ainda presente em efluentes tratados. Para a agricultura, o reúso de efluentes fornece, além de água, alguns nutrientes às plantas. Entretanto, o uso de resíduos em solos deve ser constantemente monitorado, para que não haja contaminação do sistema solo-água-planta (BERTONCINI, 2008).

O reaproveitamento de águas residuárias é realidade em alguns países, como Israel, no qual 65% do efluente sanitário tratado são utilizados na irrigação agrícola (CAPRA & SCICOLONE, 2004). No México, 45.000 litros de esgoto produzidos na cidade do México são misturados diariamente, por segundo, com água de chuva, sendo a mistura encaminhada por meio de canais a uma distância de 60 km, para irrigação de 80.000 hectares cultivados com cereais e forragens (BASTOS et al., 2003). No caso de Israel, a prática do reúso é planejada e controlada por meio de legislação, e no caso do México, não há tratamento, nem controle da disposição de efluentes sanitários no solo, caracterizando uma situação não recomendável.

Na Austrália, a irrigação de cana-de-açúcar com efluentes de tratamento de esgoto proporcionou o aumento de 45% da produção e 62,5% da produção de açúcar (BRADDOCK & DOWNS, 2001).

De acordo com Bertoncini (2008), ao utilizar-se do método de escoamento superficial, a rampa deve ser cultivada com capins como a *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria arrecta*, *Typha latifolia* e *Cynodon dactylon* (Tifton 85), dentre outros, pois permitem o desenvolvimento dos microrganismos decompositores da matéria orgânica em seu sistema radicular abundante, são bons controladores de erosão e produzem elevada massa verde, absorvendo grandes quantidades de nutrientes do solo.

Devido ao escoamento do efluente pela vegetação que recobre a rampa, os sólidos em suspensão acabam sendo retidos e a matéria orgânica é oxidada pelos microrganismos que vivem aderidos à vegetação e ao solo (NOUR, 1990).

O sistema radicular destas plantas acaba por diminuir o efeito da lixiviação e absorve os nutrientes mineralizados da matéria orgânica (TERADA et al., 1985).

Deste modo, o solo e plantas atuam como “filtro vivo” absorvendo e retendo poluentes e organismos patogênicos presentes em resíduos e águas residuárias. Esta disposição completa a sequência de tratamentos de águas residuárias para a redução dos níveis de microrganismos e de vários componentes orgânicos e inorgânicos para níveis aceitáveis (FEIGIN et al., 1991).

Testando duas espécies de gramíneas em rampas de escoamento superficial no município de Piracicaba, São Paulo (Brasil), CORAUCCI FILHO et. al. (1999) observaram que as duas espécies de capins estudadas, *Brachiaria humidicola* e *Tifton 85 (Cynodon sp)* mostraram-se eficientes na redução de DBO. Nesta pesquisa, constatou-se que a espécie Tifton 85 teve algumas características diferenciadas, tais como: a dominância total sobre as espécies invasoras e o preenchimento homogêneo e denso de toda a área da rampa, além de possuir uma recuperação mais rápida após o corte.

2.4. Questão ambiental e utilização do esgoto doméstico na agricultura

O crescimento demográfico demanda uma maior exploração e utilização da água, e gera todo o tipo de águas residuárias, as quais são lançadas diretamente nos recursos hídricos, levando a um processo de deterioração deste recurso natural. Em função da escassez de água, associada aos problemas de qualidade da água, torna-se uma alternativa potencial de racionalização desse bem natural a reutilização da água para vários usos, inclusive a irrigação agrícola, que representa aproximadamente 70% do consumo hídrico no mundo. A prática de reúso de água no meio agrícola serve para fertirrigação de diversas culturas. Porém, deve-se atentar para suas limitações sanitárias e ambientais de aplicação. Assim, a técnica de reúso tende a ser um eficiente instrumento para a gestão dos recursos hídricos no Brasil (RAMOS, 2007).

As águas de qualidade inferior, tais como esgotos, particularmente os de origem doméstica, águas de drenagem agrícola e águas salobras, devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes, se constituem hoje, em conjunção com

a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água (HESPANHOL, 2003).

No Brasil, a prática do reúso na irrigação agrícola é ainda nova, restringindo-se praticamente as imensas áreas de cana-de-açúcar irrigadas com vinhaça. Alguns entraves legislativos e técnicos têm limitado sua expansão não apenas no Brasil, mas também em outros países. Entre os entraves políticos podem-se citar (COSTANZI, 2008):

- Falta de tratamento de esgoto e dejetos e risco de uso de produtos não tratados para o ambiente e saúde pública;
- Falta de estudos que subsidiem a construção de legislação que regulamente o reúso;
- Falta de legislação apropriada para cada tipo de efluente;
- Legislações muito restritivas em alguns casos;
- Elevado custo de investimento inicial em sistemas de tratamento e distribuição;

Como entraves técnicos podem-se citar (BERTONCINI, 2008):

- A mistura de esgoto doméstico e industrial na mesma rede coletora;
- A falta de tratamento de esgoto, resultando em baixa oferta de efluentes tratados;
- A ausência de tratamentos secundários e desinfecção, que removeriam contaminantes do efluente, possibilitando seu uso em culturas agrícolas.

A principal vantagem da utilização de águas residuárias na irrigação reside na recuperação de um recurso da maior importância na agricultura – a água; além disso, os constituintes das águas residuárias, ou pelo menos sua maioria, são produtos que podem aumentar a fertilidade dos solos por conter nutrientes essenciais à vida das plantas. Os maiores benefícios dessa forma de reúso, são os associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública (HESPANHOL, 2003).

Sistemas de reúso adequadamente planejados e administrados trazem melhorias ambientais e de condições de saúde, entre as quais (HESPANHOL, 2003; BERTONCINI, 2008):

- Evita a descarga de esgotos em corpos de água;
- Preserva recursos subterrâneos, principalmente em áreas onde a utilização excessiva de aquíferos provoca intrusão de cunha salina ou subsidência de terrenos;
- Permite a conservação do solo, através da acumulação de “humus” (devido à matéria orgânica que se lhes adiciona) e aumenta a resistência à erosão;

- Contribui, principalmente em países em desenvolvimento, para o aumento da produção de alimentos, elevando, assim os níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais de populações associadas aos esquemas de reúso.
- Suprimento de água para as plantas e ao mesmo tempo o solo funciona como um sistema de pós-tratamento do resíduo, depurando a carga orgânica;
- Há riscos de sodicidade do solo e de contaminação da água subterrânea com nitrato e patógenos no reúso agrícola de efluente sanitário, e;
- O uso sustentável de efluentes e outros resíduos orgânicos em solos devem ser incentivados, desde que haja monitoramento constante das áreas tratadas.

Diante dessa preocupação e dos questionamentos a respeito do uso agrícola de efluentes e a possibilidade de contaminação microbiológica do produto agrícola comercializável, evidencia-se risco de transmissão de doenças. Observa-se na Tabela 2, resumidamente, os possíveis constituintes do esgoto doméstico, segundo Metcalf & Eddy (2003).

Tabela 2 - Constituinte de esgotos domésticos que apresentam possíveis efeitos prejudiciais à saúde pública e aos recursos hídricos

Constituinte	Importância
Sólidos em suspensão	Formação de bancos de lodos e condições anaeróbias nos leitos dos mananciais de água.
Matéria orgânica biodegradável	Composta basicamente por proteínas, carboidratos, óleos e graxas. Sua estabilização consome o oxigênio dissolvido na água, podendo levar o manancial a atingir condições sépticas ou assépticas.
Microrganismos patogênicos	Transmissores de doenças contagiosas.
Nutrientes	Descargas de nitrogênio, fósforo e carbono em ambientes aquáticos desequilibram o ecossistema, ocasionando florações e possivelmente eutrofização.
Compostos orgânicos refratários	Compostos que resistem aos métodos convencionais de tratamento de esgotos, incluindo alguns fenóis, pesticidas e surfactantes.
Poluentes prioritários	Compostos orgânicos e inorgânicos de toxidez agudas e suspeitos ou comprovadamente carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos.
Metais pesados	Acima de determinadas concentrações, os metais apresentam toxicidade.
Compostos inorgânicos dissolvidos	O uso urbano de águas aumenta o teor de sais originalmente dissolvidos na fonte de água.

Na Tabela 3, são apresentadas as diretrizes microbiológicas de uso de efluentes na agricultura. Sendo pertinente aproveitar parâmetros internacionais, englobando grupos de culturas agrícolas na classe da qualidade de água exigida e em limites de concentração estabelecidos para alguns contaminantes.

Tabela 3 - Diretrizes recomendadas para a qualidade microbiológica das águas residuárias utilizadas na agricultura

Classe	Uso	Grupo exposto	N.I. ² (ovos L ¹) ³	Col. Fecal (100 mL ⁻¹)	Tratamento requerido
A	Irrigação de culturas consumidas cruas, campos esportivos, jardins públicos	Trabalhadores, consumidores e público.	= 1	= 1.000 ⁴	Série de lagoas de estabilização que permitem obter-se a qualidade microbiológica indicada ou o tratamento equivalente
B	Irrigação de culturas: cereais, forrageira, e árvores ⁵	Trabalhadores	< 1	Não se recomenda norma alguma	Detenção em lagoas de estabilização por 8 a 10 dias que permitem obter-se a qualidade microbiológica indicada ou o tratamento equivalente.
C	Irrigação localizada na categoria B. Quando ninguém está exposto diretamente.	Ninguém	Não se aplica	Não se aplica	Tratamento prévio segundo necessidades da tecnologia de irrigação, porém não menos que sedimentação primária.

¹Em casos específicos, deve-se considerar os fatores epidemiológicos e socioculturais de cada região e modificar os padrões, de acordo com sua exigência;

²Espécies *Ascaris* e *Trichuris* e *Ancilostomas*;

³Durante o período de irrigação;

⁴Convém estabelecer uma diretriz mais restrita (< 200 CF 100 mL⁻¹) para prado público, como os hotéis, nos quais o público pode entrar em contato direto; e

⁵No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve cessar duas semanas antes da colheita da fruta e esta não deve ser colocada na superfície do solo. Não é conveniente irrigar por aspersão.

Col. Fecal: Coliformes fecais; N.I: Nematoides intestinais.

Fonte: Adaptado de WHO (1989) e PESCOD (1992)

O tratamento de esgotos e a posterior utilização na agricultura devem ser associados às técnicas de manejo, cujo objetivo é o aproveitamento dos nutrientes advindos do próprio esgoto. Dessa forma, o desenvolvimento de tecnologias que visem promover o aumento da

produtividade agrícola sem danos ambientais, a curto e longo prazo, é uma alternativa favorável ao desenvolvimento local sustentável (SANTOS et al., 2006).

3.0. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do experimento e material vegetal

O experimento foi realizado na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, no município de Alegre – ES, tendo como coordenadas: latitude 20°45'2,3" Sul, longitude 41°29'17,7" Oeste e altitude de 119 metros. O clima típico da região é quente e úmido no verão e seco no inverno, com temperatura anual média de 23,1 °C e precipitação média anual de 1.200 mm.

O experimento foi conduzido no período de 05 de dezembro de 2011 a 03 de abril de 2012. Neste período a temperatura e umidade relativa do ar ficaram em média de 26,5 °C e 67%, respectivamente (FIGURA 1).

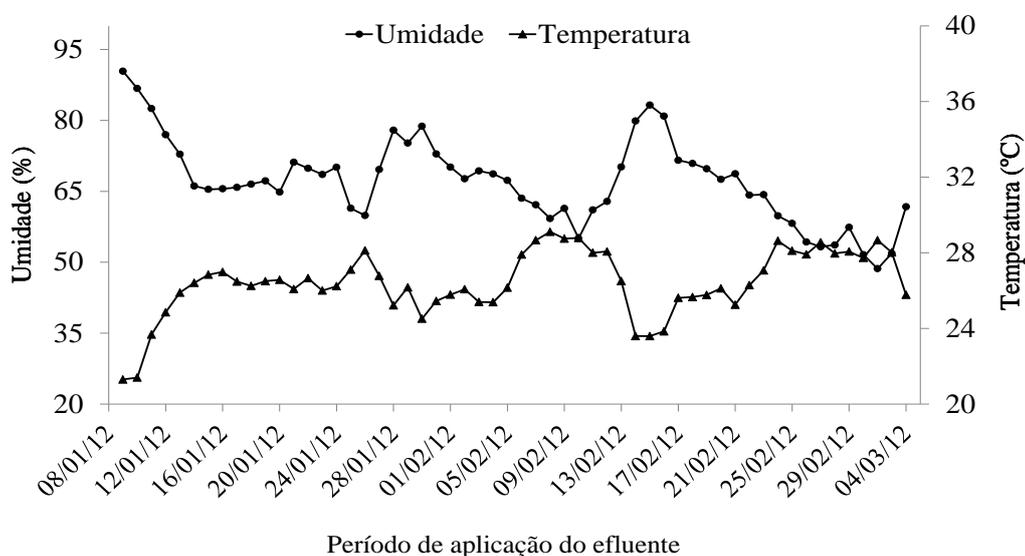


Figura 1 – Valores de temperatura média e umidade relativa obtida durante período experimental com aplicação de EDB.

3.2. Condição de cultivo, tratamento e delineamento experimental

Para montagem do experimento foi construída uma estrutura de alvenaria, contendo 45 unidades experimentais de 1,0 x 0,2 m, impermeabilizadas com manta asfáltica e 8% de

declividade. Foram utilizados dois reservatórios de 5.000 litros cada que foram abastecidos com esgoto doméstico bruto (EDB). Um sistema de condução foi ligado aos reservatórios que possibilitou a aplicação do efluente nas unidades experimentais.

Antes de ser aplicado nas unidades experimentais o EDB passou por um processo de decantação nos tanques de armazenamento e em seguida por filtração em tela de polietileno, fio de 0,25mm e malha de 6x6 para retenção dos sólidos grosseiros. Após a filtração o EDB foi depositado em um reservatório de 500 litros e em seguida, por bombeamento, conduzido para galões de 20 litros onde foi aplicado nas unidades experimentais (FIGURA 2).



Figura 2 – Impermeabilização com manta asfáltica das rampas (2A); abastecimento dos reservatórios com EDB (2B); filtração do efluente (2C); caixa de armazenamento para irrigação (2D); bombeamento do efluente (2E); e galões de aplicação do efluente (2F) usado durante período experimental nas rampas cultivadas com forrageiras sob escoamento superficial.

O esgoto doméstico bruto, utilizado no experimento foi proveniente de fossas sépticas do interior do Município de Jerônimo Monteiro – ES. Após abastecimento dos tanques e retirada dos sólidos grosseiros foi coletado amostras e encaminhado ao laboratório para caracterização química (TABELA 4), conforme Apha (2005).

Tabela 4 - Características químicas do esgoto doméstico bruto utilizado durante o experimento

Parâmetros avaliadas	Valores
Potencial hidrogeniônico	7,85
Condutividade Elétrica (dS m ⁻¹)	0,91
Potássio (mg L ⁻¹)	56,8
Sódio (mg L ⁻¹)	3,83
Ferro (mg L ⁻¹)	0,81
Fósforo total (mg L ⁻¹)	18,27
Nitrogênio total (mg L ⁻¹)*	227,75
Boro (mg L ⁻¹)	0,55
Cálcio (mg L ⁻¹)	0,88
Magnésio (mg L ⁻¹)	0,43
Manganês (mg L ⁻¹)	0,17
RAS (cmol _c L ⁻¹)	4,72

*Semimicro kjeidahl

Para determinação das taxas de aplicação de esgoto doméstico bruto, foi determinada primeiramente a concentração média da DBO₅ (mg L⁻¹) do efluente. Após obtenção dos dados, estes foram aplicados à equação 1.

$$\text{Carga} = \text{Concentração} \times \text{Vazão} \quad \text{Eq. 1}$$

onde,

$$\text{Carga} = \text{kg dia}^{-1}$$

$$\text{Concentração} = \text{kg m}^{-3}$$

$$\text{Vazão} = \text{m}^3 \text{ dia}^{-1}$$

O solo de textura média (Franco Arenoso) utilizado no experimento foi coletado no perfil natural de um Latossolo Vermelho-Amarelo na área experimental do Centro de Ciências Agrárias (CCA-UFES). Após coleta, foi seco ao ar e peneirado em malha de 4 mm, e depositado em igual volume em cada unidade experimental. Uma amostra do solo foi encaminhada ao laboratório onde se determinou os atributos do solo (TABELA 5) conforme metodologia proposta pela Embrapa (1997).

Tabela 5 – Atributos físicos e químicos do solo utilizado no preenchimento das rampas cultivadas com forrageiras

Atributo	Valores
pH	5,4
Cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	1,7
Magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,8
Fósforo (mg dm^{-3})	2,0
Potássio (mg dm^{-3})	97
H + Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	2,2
Alumínio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,0
Matéria Orgânica (g kg^{-1})	11,15
Carbono (g kg^{-1})	6,6
Sódio (mg dm^{-3})	3,0
Índice de saturação por sódio (%)	0,47
Soma de bases ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	2,75
Capacidade de Troca de Cátions Efetiva ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	2,75
Capacidade de Troca de Cátions Total ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	4,91
Saturação por Bases (%)	55,9
Saturação por Alumínio (%)	0,0
Enxofre (mg dm^{-3})	16,0
Ferro (mg dm^{-3})	48,0
Cobre (mg dm^{-3})	1,2
Zinco (mg dm^{-3})	3,7
Manganês (mg dm^{-3})	43,0
Boro (mg dm^{-3})	0,09
Areia (%)	64,015
Silte (%)	22,511
Argila (%)	13,473

O experimento (FIGURA 3) foi montado no esquema de parcela sub-subdividida 3x5x2, sendo nas parcelas espécies de forrageiras em três níveis, nas subparcelas Taxa de aplicação do esgoto doméstico em cinco níveis e nas sub-subparcelas cortes do material

vegetal em dois níveis, num delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Os três níveis das espécies de forrageiras foram: Capim Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), Tifton 85 (*Cynodon sp.* cv Tifton 85) e Capim Pojuca (*Paspalum atratum* cv. Pojuca). Os cinco níveis das taxas de aplicação de esgoto doméstico bruto foram: 7,91; 15,82; 23,73; 31,64 e 39,55 kg ha⁻¹ dia¹ de DBO₅ do EDB. Os dois cortes no material vegetal foram em dois ciclos de 28 dias após o início da aplicação do esgoto doméstico bruto.

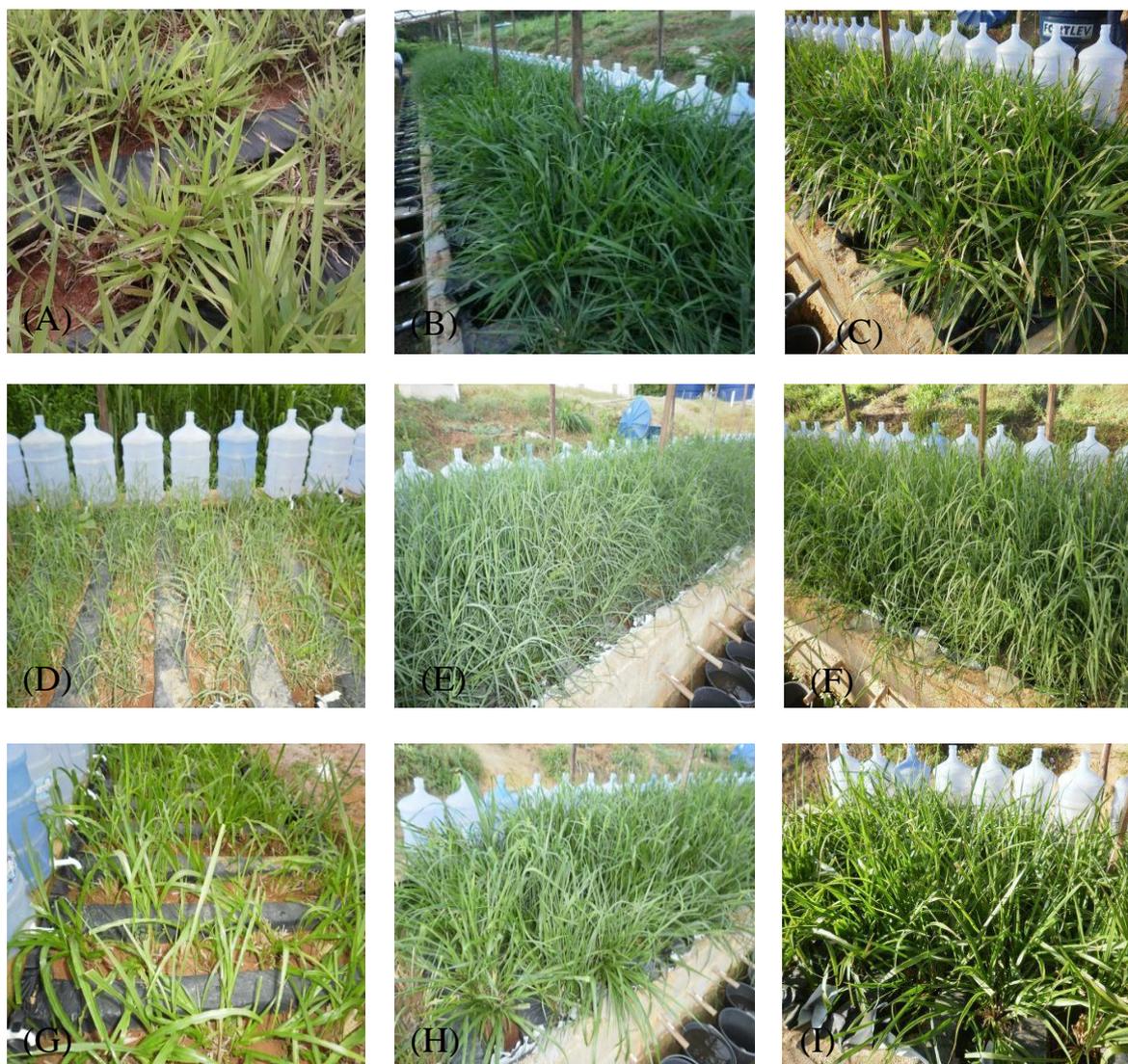


Figura 3 – Capim Marandu (3A, 3B, 3C); capim Tifton (3D, 3E, 3F) e capim Pojuca (3G, 3H, 3I), antes do corte de padronização ao iniciar os tratamentos, no 1º ciclo de corte (28 dias) e no 2º ciclo de corte (28 dias) após aplicação do efluente, respectivamente para cada cultivar usado durante período experimental nas rampas sob escoamento superficial.

As mudas das três espécies de forrageiras foram provenientes da área de bovinocultura do Instituto Federal de Ensino do Espírito Santo (IFES), Campus de Alegre, localizado no distrito de Rive, Alegre – ES. Estas foram transplantadas de maneira a cobrir toda área das rampas, promovendo assim a mesma uniformidade de plantas em todas as unidades experimentais. Após o plantio, as mudas foram irrigadas com água por 28 dias. Transcorrido esse período foi realizado um corte de uniformidade das plantas, para iniciar os tratamentos. Depois de iniciada a aplicação com EDB, esta foi à única fonte de água para as plantas. Os tratos culturais, controle de plantas invasoras e controle de pragas foram feitos manualmente quando necessário.

3.3. Características avaliadas

3.3.1. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Como a determinação da DBO₅ só é possível após cinco dias de incubação das amostras de água residuária e necessitava conhecer seu valor no momento do início da aplicação. Logo o controle da DBO₅ do EDB foi baseado em estimativa obtida a partir de cálculos efetuados utilizando-se uma equação que relaciona a condutividade elétrica com a DBO₅ do esgoto doméstico. Matos et al. (2003), em trabalho com águas residuárias da despolpa do cafeeiro utilizou a mesma correlação DBO₅ com condutividade elétrica para obtenção momentânea da DBO₅ para aplicação do efluente.

A referida equação (Eq. 2) foi obtida pela determinação de amostras de esgoto doméstico bruto coletado assim que abastecidos os tanques. Com as amostras em laboratório determinou-se a condutividade elétrica (CE) (APHA, 1995) do efluente e sua respectiva DBO₅, obtendo assim a equação para aplicação das taxas de efluente de EDB.

$$\hat{Y} = 416,05 \times CE^{0,1092} \quad R^2 = 0,9974 \quad \text{Eq.2}$$

Diariamente foi realizada a leitura da condutividade elétrica, com auxílio de um condutivímetro portátil, do EDB no ponto de entrada (parte superior da rampa) e no ponto de saída (parte inferior da rampa), determinando por meio da Eq. 2 a DBO₅ do EDB para a taxa de aplicação (carga a ser aplicada – ponto de entrada) e saída (após escoamento pela rampa), obtendo-se a DBO do efluente em estudo.

3.3.2. Rendimento

Os cortes foram realizados a cada 28 dias, perfazendo assim 2 ciclos de corte. O material vegetal foi cortado manualmente com auxílio de tesoura em todas as unidades experimentais, e acondicionado em sacos de papel e levados para estufa de circulação forçada de ar à temperatura de $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ durante 72 h, para determinação da massa seca (SILVA e QUEIROZ, 2002).

3.3.3. Proteína bruta

O teor de proteína bruta (PB) foi obtido multiplicando-se o fator 6,25 pelo valor de nitrogênio encontrado conforme estabelecido por Galvani e Gaertner (2006).

3.3.4. Acúmulo de nutrientes

O material seco foi triturado em moinho tipo Wiley com peneira de 30 mesh de malha e acondicionado em sacos de papel, e levado ao laboratório para determinação dos teores totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, zinco e manganês (EMBRAPA, 1999). O acúmulo de nutrientes foi obtido pelo produto dos teores de cada elemento pela produção total de matéria seca por hectare.

3.4. Análise estatística dos dados

Os dados de acúmulo de nutrientes e de crescimento de cada espécie de gramínea, nos cortes efetuados foram analisados pelo teste F da análise de variância, ao nível de significância de 5%, sendo os valores significativos de caráter quantitativo submetidos à análise de regressão, para determinação do desempenho das forrageiras, decorrente das taxas de aplicação do esgoto doméstico bruto, e os valores de caráter qualitativos submetidos a um teste de média (Tukey) para determinar a diferença entre os tratamentos aplicados.

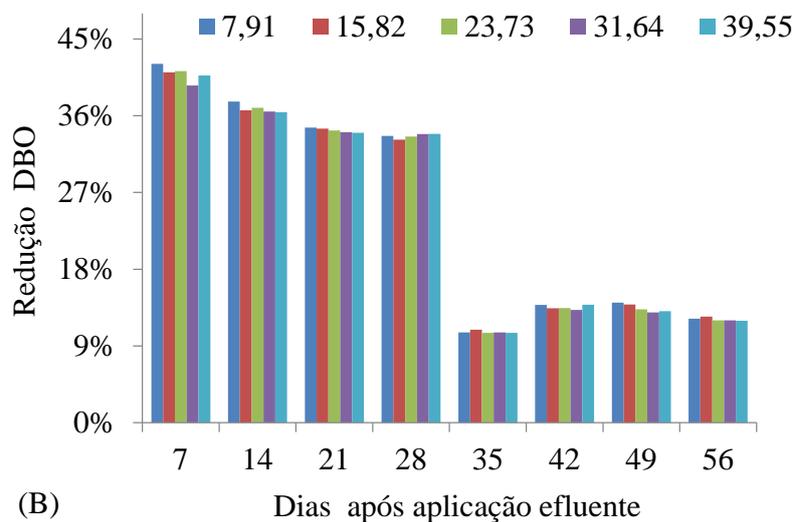
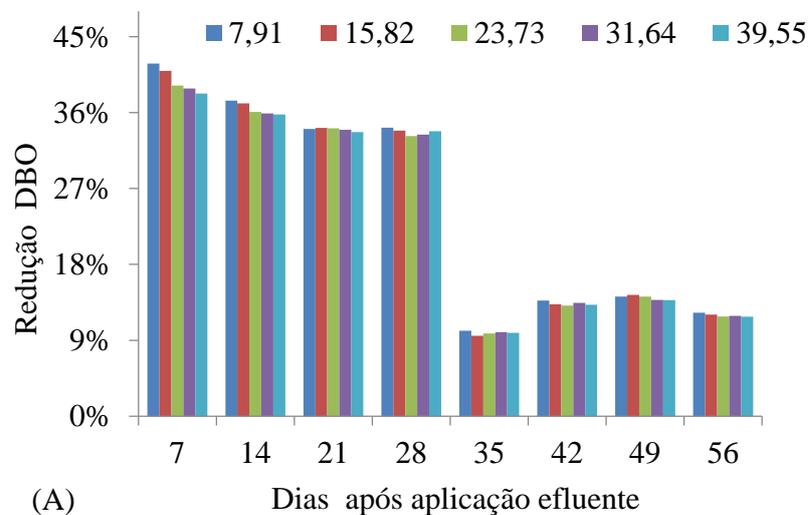
4.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação do efluente de esgoto doméstico bruto

4.1.1. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Os valores do decréscimo da demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) em função dos dias de aplicação do EDB foram discutidos em função da depuração do EDB.

Independente das taxas de aplicação do EDB a DBO_5 apresentou alterações ao longo do período de avaliação em todas as forrageiras avaliadas, ficando evidente a menor redução da DBO_5 após os 28 dias de aplicação. Este período representa o momento em que ocorreu o primeiro corte das forrageiras, logo a maior redução da DBO ocorreu nos primeiros dias da aplicação do EDB. (FIGURA 4).



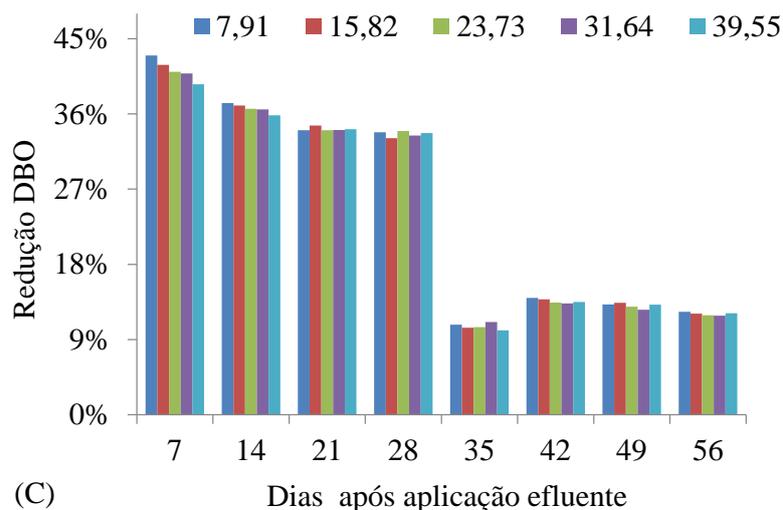


Figura 4 – Redução de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em função dos dias após aplicação de EDB, para as taxas de aplicação do EDB, para capim Marandu (A), capim Tifton (B) e capim Pojuca (C).

A redução da DBO nos 28 primeiros dias de aplicação do EDB foi em média de 41% a 33% para o capim Marandu (FIGURA 4A), de 42% a 33% para o capim Tifton (FIGURA 4B), e de 43% a 33% para o capim Pojuca (FIGURA 4C), nas taxas de 7,91 e 39,54 kg ha⁻¹ dia¹ de DBO₅, respectivamente. Após os 28 dias de aplicação de EDB a eficiência de remoção da DBO₅ apresentou médias mínimas e máximas de, 10% e 14% na taxa de 15,82 kg ha⁻¹ dia¹ de DBO₅ no capim Marandu, 10% e 14% nas taxas de 39,55 kg ha⁻¹ dia¹ e 7,91 kg ha⁻¹ dia¹ de DBO₅ para o capim Tifton e Pojuca. Todas as oscilações nos valores de DBO apresentadas pelas taxas de aplicação podem ser explicadas possivelmente pela saturação do sistema, ou seja, acúmulo de nutrientes no solo e pelo valor de pH do solo (TABELA 6) após aplicação com EDB, no qual solos mais ácidos interfere no desenvolvimento ideal das bactérias, onde este é o principal grupo de microrganismos que age na depuração do EDB em sistemas sob escoamento superficial.

Os resultados médios obtidos para a DBO₅ (Capim Marandu 210,85 mg L⁻¹, Capim Tifton 210 mg L⁻¹ e Capim Pojuca 210,23 mg L⁻¹) não atenderam aos padrões de lançamento de efluentes nos corpos receptores de água, que segundo o CONAMA 2005, é de 10 mg L⁻¹ (alterações desde valor em função da classe e taxa de depuração do corpo receptor) em termos de DBO₅.

Os resultados não satisfatórios de valores de DBO₅ do efluente final no sistema podem também ser explicados, provavelmente, pelo tempo de retenção do EDB sob as rampas

de escoamento superficial, ou seja, alta vazão aplicada em curto espaço de tempo em função do comprimento das rampas. E também pela alta carga de material orgânico presente em efluentes de EDB, logo maiores valores de DBO_5 .

Resultados superiores a estes foram encontrados por Fonseca et al. (2000), onde a redução da DBO variou de 54 a 75 %, para as taxas de 0,24 e 0,36 $m^3 \cdot h^{-1} \cdot m^{-1}$, respectivamente, com rampas de 20 metros de comprimento.

Chernicharo et al. (2001) encontraram valores baixos nas concentrações de matéria orgânica no efluente final, com médias de 48 a 62 $mg L^{-1}$ de DBO e de 98 a 119 $mg L^{-1}$ de DBO, utilizando taxas variadas de 0,40 e 0,50 $m^3 h^{-1} m^{-1}$ para tratamento de efluente de reator UASB (Reator anaeróbio de fluxo ascendente). As oscilações entre estes resultados se devem possivelmente às características da carga orgânica, às condições edafoclimáticas, diferenciadas para cada região, e principalmente ao comprimento da faixa de escoamento superficial.

Tabela 6 – Atributos químicos do solo antes e após a aplicação das doses de EDB para cada forrageira em estudo.

		Atributos*														
		pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	C	MO	CTC	S.B.	V	m	ISNa
Solo antes do tratamento com EDB		5,4	2,0	97	3,0	1,7	0,8	0,0	2,2	6,6	11,5	4,91	2,75	55,9	0,0	0,47
Taxas**																
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	7,91	4,97	24,53	62,33	154,67	2,07	0,74	0,00	3,11	7,73	13,33	6,75	3,64	53,92	0,00	9,80
	15,81	4,81	27,56	61,67	217,33	1,98	0,79	0,00	3,19	7,73	13,33	7,07	3,88	54,45	0,00	13,10
	23,72	4,88	42,92	85,00	85,00	1,65	0,63	0,00	3,83	7,42	12,79	6,70	2,87	42,79	0,00	5,52
	31,63	4,72	23,08	76,00	130,00	1,35	0,51	0,05	3,50	6,38	10,99	6,12	2,62	42,84	1,87	9,24
	39,54	4,85	34,33	61,00	110,00	1,98	0,77	0,05	3,50	7,54	12,99	6,89	3,39	49,20	1,45	6,94
<i>Cynodon sp.</i> cv Tifton 85	7,91	4,75	25,51	59,33	141,33	1,79	0,71	0,02	3,64	8,54	14,72	6,90	3,26	47,41	0,46	8,92
	15,81	4,82	33,44	74,00	108,33	1,66	0,64	0,03	3,61	7,11	12,26	6,57	2,96	44,94	1,11	7,23
	23,72	4,70	31,80	70,00	126,00	1,66	0,70	0,00	3,42	7,54	12,99	6,50	3,09	47,47	0,00	8,43
	31,63	4,60	40,44	89,00	95,00	1,43	0,49	0,05	4,00	8,23	14,19	6,56	2,56	39,02	1,92	6,30
	39,54	4,61	48,01	89,00	165,00	1,67	0,53	0,05	4,00	7,13	12,29	7,14	3,14	43,98	1,57	10,05
<i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca	7,91	4,85	18,60	79,00	217,67	1,84	0,55	0,02	3,05	6,71	11,56	6,59	3,53	53,49	0,41	14,27
	15,81	4,85	18,60	79,00	217,67	1,84	0,55	0,02	3,05	6,71	11,56	6,59	3,53	53,49	0,41	14,27
	23,72	4,66	30,23	65,00	291,00	2,35	0,93	0,00	3,33	8,06	13,89	8,04	4,71	58,57	0,00	15,73
	31,63	4,95	25,00	70,00	228,00	1,96	0,77	0,00	3,00	7,88	13,59	6,90	3,90	56,56	0,00	14,36

39,54	4,83	27,44	50,00	133,00	1,64	0,68	0,00	3,25	7,25	12,49	6,28	3,03	48,23	0,00	9,21
-------	------	-------	-------	--------	------	------	------	------	------	-------	------	------	-------	------	------

* Fósforo (mg dm^{-3}); Potássio (mg dm^{-3}); Sódio (mg dm^{-3}); Cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Alumínio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); H + Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Carbono (g kg^{-1});
Matéria Orgânica (g kg^{-1}); Capacidade de Troca de Cátions Total ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Soma de bases ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Saturação por Bases (%); Saturação por Alumínio (%); Índice
de saturação por sódio (%);

**Taxas ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)

EMBRAPA, 1997.

4.2. Avaliação das forrageiras sob aplicação do esgoto doméstico

4.2.1. Matéria seca foliar

Para o rendimento das forrageiras não houve efeito significativo na interação forrageira x taxa x corte, taxa x corte e taxa x forrageira, sendo significativo na interação forrageira x corte e no fator taxas de aplicação EDB (Tabela 7A, em anexo). O rendimento apresentou relação linear em função do aumento das taxas de aplicação de EDB (Figura 5). Este resultado está relacionado ao aumento do aporte de nutrientes advindos do EDB (TABELA 4) e que corroboram com os apresentados por Costa et al. (2005), onde este associa as altas produção de forragem as maiores doses de nutrientes.

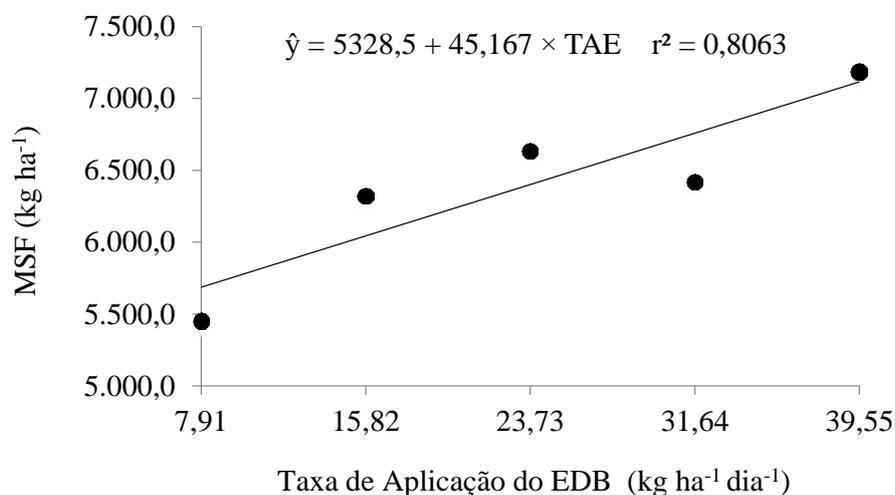


Figura 5 – Matéria seca foliar (MSF) da parte aérea das forrageiras em função da taxa de aplicação do EDB durante período experimental nas rampas cultivadas.

O rendimento das forrageiras em função das taxas de aplicação do EDB (TABELA 8) apresentou para o capim Tifton 85 no primeiro corte maior rendimento, seguido do capim Marandu e por fim o capim Pojuca. Por sua vez, no segundo corte houve diferenciação apenas do capim Pojuca para os demais, onde este obteve menor rendimento. Observando a diferenciação entre os cortes, nota-se que apenas o capim Marandu se manteve com igual produção. Por outro lado, o Tifton 85 e o capim Pojuca diminuíram o rendimento no segundo corte.

Tabela 8 – Valores de matéria seca foliar (kg ha⁻¹) em função das forrageiras e dos cortes

Forrageira	Cortes	
	1º	2º

<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	7195,11 A b	6776,08 A a
<i>Cynodon sp.</i> cv. Tifton 85	7897,44 A a	6250,48 B a
<i>P. atratum</i> cv. Pojuca	6243,77 A c	4039,07 B b

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula em coluna, maiúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

O maior rendimento apresentado pelo Tifton 85 no primeiro corte pode ser explicado pelo fato deste ser uma forrageira de alta exigência nutricional, desenvolvida para alimentação animal via fenação e com alta capacidade de cobertura. Já o Capim Marandu é de grande adaptação e resistência, conseguindo ter bons rendimentos mesmo com baixa disponibilidade nutricional (BURTON; GATES; HILL, 1993; COSTA et al., 2005), o que explica o fato desta forrageira ter apresentado maiores produções após o segundo corte, onde a adaptação e resistência do cultivar proporcionaram tal rendimento.

Outro fator que explica o maior rendimento do capim Marandu quando comparados ao capim Tifton 85 e capim Pojuca entre os períodos de cortes são os atributos agrônômicos. O capim Marandu é mais robusto, com maiores perfilhamentos, sendo mais bem adaptado a situações adversas. Resultados semelhantes a este trabalho foram observados por Costa et al. (2005) para as forrageiras *Brachiaria* e Tifton 85.

Silva Neto et al. (2010) verificaram incremento em produção de massa seca em *Brachiaria* com a utilização de doses crescentes de efluente de frigorífico, segundo os autores, esse incremento foi ocasionado pela maior disponibilidade de nutrientes mineralizados, oriundos do efluente. No mesmo sentido, Bezerra et al. (2005), em trabalho com efluente doméstico tratado e biossólidos na cultura do algodão colorido, obtiveram diferenças significativas na altura, diâmetro de caule e aérea foliar da planta, representando a massa seca. Eles explicaram esse efeito pelas elevadas doses de nitrogênio e alto teor de matéria orgânica, presentes tanto no esgoto tratado quanto no fertilizante (lodo de esgoto).

Drumond et al. (2006), em pastagem do capim Tifton sob diferentes doses de dejetos líquido de suíno, relataram que as maiores aplicações dos dejetos líquidos acarretaram ganhos duas vezes maior do que o controle (sem lâmina de dejetos líquido de suíno).

4.2.2. Proteína bruta

A proteína bruta (PB) das forrageiras não houve efeito significativo na interação forrageira x taxa x corte, taxa x corte e taxa x forrageira, sendo significativo na interação

forrageira x corte e no fator taxas de aplicação EDB (TABELA 7B, em anexo). Logo, nota-se na Figura 6, que os teores de PB permaneceram em torno da média ($\overline{PB} = 20,43\%$) em função da taxa de EDB aplicado.

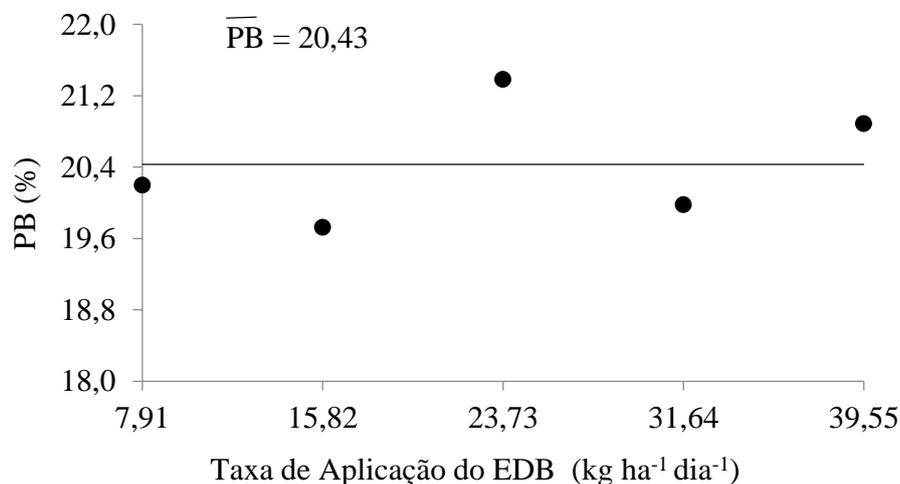


Figura 6 – Teor de proteína bruta (%) das forrageiras em função da taxa de aplicação de EDB durante período experimental.

O valor médio de PB obtido neste trabalho está adequado para utilização destas forragens na alimentação animal, uma vez que valores de PB inferiores a 7% reduzem a atividade dos microrganismos do rúmen, implicando condições desfavoráveis para o ambiente ruminal, além de comprometer os limites mínimos para a manutenção do crescimento microbiano e a utilização dos compostos fibrosos da forragem (SAMPAIO ET al., 2009).

A porcentagem de PB obtida neste trabalho está relacionada ao grande aporte de nutrientes, principalmente nitrogênio (TABELA 5) e ao período de corte das forrageiras (28 dias) o qual antecede a senescência e conseqüentemente apresenta um menor teor de fibra, em decorrência de não ter ocorrido a maturação das forrageiras.

Na porcentagem de PB em função das forrageiras e dos cortes (TABELA 9), no estudo do fator forrageira para cada nível de corte, verifica-se que o capim Tifton 85 foi superior às demais forrageiras no 1º Corte. No 2º Corte a PB do Tifton 85 e do Capim Marandu não diferiram entre si, diferenciando do capim Pojuca que apresentou menor valor. Por outro lado, no estudo do fator corte para cada nível de forrageiras, observa-se que não houve diferença significativa entre os cortes para os valores de PB, o que possivelmente se deve ao intervalo de cortes, sendo este pequeno, e também pelas altas taxas de nutrientes aportados no sistema.

Tabela 9 – Rendimento de proteína bruta (%) em função das forrageiras e dos cortes

Forrageira	Cortes	
	1º	2º
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	19,75 A b	21,04 A a
<i>Cynodon sp.</i> cv. Tifton 85	22,27 A a	22,05 A a
<i>P. atratum</i> cv. Pojuca	19,36 A b	18,13 A b

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula em coluna, maiúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores da proteína bruta do capim Tifton foram inferiores aos do capim Coastcross (23,3 %) no trabalho publicado por Loures (2002) aos 45 dias idade, para uma taxa de aplicação de esgoto de $0,48 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ m}^{-1}$. Por sua vez, Fonseca (2000a) para o capim Coastcross com 46 dias, encontrou resultados de PB de 20,7 %, correspondentes à taxa de aplicação do esgoto de $0,36 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ m}^{-1}$, onde ambos os trabalhos foram desenvolvidos em período de inverno, estes valores são inferiores ao encontrado neste trabalho para o capim Tifton 85.

O rendimento de PB do capim Pojuca (TABELA 9) apresentou sempre médias menores em comparação às demais forragens, porém estes valores são superiores aos encontrados por Leite et al. (2001), onde o teor médio para Capim Pojuca foi de 9,26 % aos 28 dias de cultivo.

Erthal et al. (2010) verificaram maiores conteúdos de 14,75% de PB para o capim Tifton 85 e de 11,12% para a aveia-preta nas maiores taxas de aplicação de efluente de bovinocultura, que foi de 100 kg ha^{-1} com base na concentração de potássio, do que os resultados apresentados pelas testemunhas (sem adição de efluente) que foi de 10,45% para o capim Tifton 85 e de 6,36 % para a aveia.

Os valores de PB do capim Tifton 85 do presente trabalho, foram superiores aos obtidos por Queiroz et al. (2001), que encontraram valores de 19,28 e 19,19 %, no primeiro e segundo cortes, respectivamente, aplicando água residuária de suinocultura. Porém estão acima aos obtidos por Rocha et al. (2003); Menegatti et al. (2002) e Ribeiro et al. (2000) que relatam valores variando de 5,0 a 15,0 % de PB. Já em pesquisa em lavouras de cultivar Marandu, Costa et al. (2005) em avaliação em períodos de estacionalidade verificaram teores médios de 10% de PB, valores muito inferiores ao do presente trabalho.

Em trabalho realizado por Mota et. al. (1997) com capim Elefante os teores de PB variaram de 17,20% com a aplicação de esgoto tratado, e de 1,49% PB para o tratamento com água (testemunha), valores estes abaixo dos encontrados no presente trabalho para todas as forrageiras estudadas.

4.2.3. Nitrogênio

O acúmulo de nitrogênio pelas forrageiras não houve efeito significativo da interação forrageira x taxa x corte e da interação taxa x forrageira, sendo significativo na interação dos fatores taxa x corte e a interação dos fatores forrageira x corte (TABELA 7C, em anexo).

No fator de estudo taxa de aplicação para cada nível de corte (FIGURA 7), nota-se o efeito linear da extração de nitrogênio com o aumento das taxas de aplicação de EDB, para ambos os cortes. Para o fator corte em cada nível da taxa de aplicação, verifica-se que o primeiro corte deferiu do segundo corte em todas as taxas de aplicação de EDB (TABELA 11). O acúmulo de nitrogênio superior no primeiro corte, está correlacionado ao maior rendimento apresentado pelas forrageiras no primeiro corte (TABELA 8).

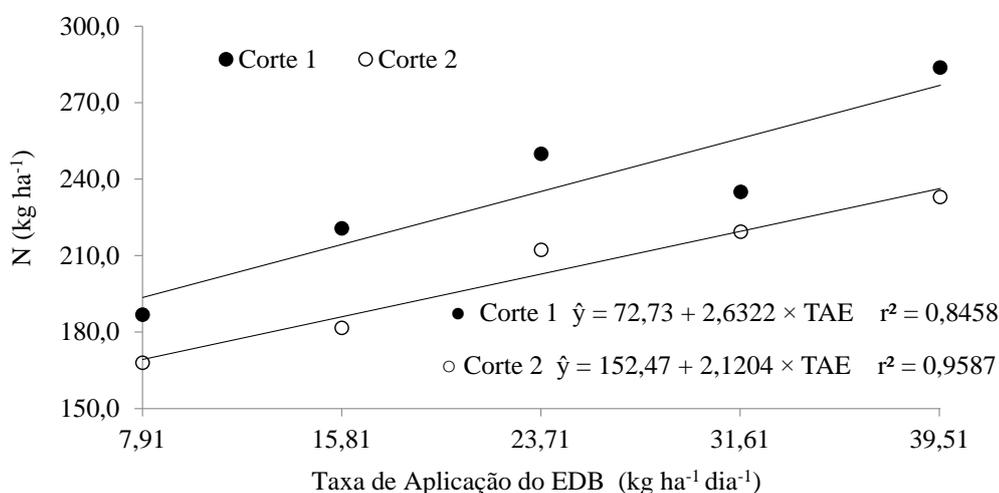


Figura 7 – Acúmulo de Nitrogênio (N) em função da taxa de aplicação de EDB para cada corte

Tabela 11 – Valores de extração de nitrogênio (kg ha⁻¹) em função das taxas de aplicação do EDB e dos cortes

Cortes	Taxa de aplicação de EDB(kg ha⁻¹ dia⁻¹)				
	7,91	15,82	23,73	31,64	39,54

1	186,794 a	220,609 a	249,852 a	234,955 a	283,718 a
2	167,930 b	181,582 b	212,178 b	179,293 b	202,929 b

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula em coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para o estudo do fator corte para cada nível de forrageira, o Capim Tifton 85 apresentou maior acúmulo de nitrogênio no primeiro corte, seguido de capim Marandu e Pojuca (TABELA 12). No segundo corte o capim Marandu não diferiu do Tifton 85 que superaram o capim Pojuca no acúmulo de nitrogênio. Por sua vez, entre os cortes, acúmulo de nitrogênio não apresentou diferença para o capim Marandu, no entanto, o Tifton 85 e o capim Pojuca apresentaram superioridade no primeiro corte. Estes resultados se devem as características agrônômicas de cada cultivar, o que explica o maior acúmulo pelo capim Tifton, que é um cultivar de elevada exigência nutricional, conseqüentemente de alto valor nutritivo e grande capacidade de absorver nutrientes.

Tabela 12 – Valores de acúmulo de nitrogênio (kg ha^{-1}) em função das forrageiras e dos cortes

Forrageira	Cortes	
	1°	2°
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	228,522 A b	227,639 A a
<i>Cynodon</i> sp. cv. Tifton 85	282,264 A a	221,856 B a
<i>P. atratum</i> cv. Pojuca	194,771 A c	116,851 B b

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula em coluna, maiúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Morgado (2007) relatou em suas considerações finais que para o capim Tifton 85 a produção e qualidade deste aumentam à medida que se eleva a quantidade de nitrogênio aplicada, indicando que para obtenção de bons índices de produção, a adubação nitrogenada torna-se prática indispensável.

Os resultados de acúmulo de nitrogênio para o capim Marandu, média de 3,26 dag kg^{-1} (228,08 kg ha^{-1}), capim Tifton média de 3,54 dag kg^{-1} (252,06 kg ha^{-1}) estão acima do considerado adequado para *Brachiaria brizantha* (1,3-2,0 dag kg^{-1}) e para Tifton 85 (2,0-2,6 dag kg^{-1}), segundo Werner et al. (1996).

Os dados apresentados neste trabalho corroboram com os obtidos por Silva Neto et al. (2010) que verificaram, com o uso de esgoto de lavagem de frigorífico em área com

capim Brachiaria, aumento nos teores de nitrogênio foliar com as maiores doses de efluente aplicado, nos dois cortes realizados durante o trabalho. Tais autores atribuíram esse resultado à disponibilização do nitrogênio pelo esgoto de frigorífico, na forma mineral assimilada pela planta.

De acordo com trabalho de Primavesi et al. (2004), os valores de extração de nitrogênio para o capim Coastcross variou de 69 a 475 kg ha⁻¹ quando se usou uréia no solo, onde os autores justificam esta variação de acordo com a produção de forragem, onde quanto maior a produção, mais elevada será a remoção de nutrientes pela forrageira. Os resultados destes autores se assemelham com os do presente trabalho, onde o maior acúmulo de nitrogênio pelas forrageiras foi exatamente no primeiro ciclo de corte que obteve maior rendimento de matéria seca.

4.2.4. Fósforo

O acúmulo de fósforo pelas forrageiras nas interações não foram significativas para forrageira x taxa x corte, taxa x corte e taxa x forrageira, sendo significativo para forrageira x corte e no fator taxa de aplicação EDB (TABELA 7D, em anexo).

No estudo do fator taxa de aplicação (FIGURA 8), observa-se que o aumento das taxas de aplicação de EDB proporcionou efeito linear no acúmulo de fósforo atingindo valor máximo quando aplicada a taxa de EDB de 37,67 kg ha⁻¹ dia⁻¹. Estes resultados encontram-se acima do adequado para o estado nutricional das forrageiras em estudo, onde Werner et al. (1996) apresentam faixas que variam de 0,08 – 0,3 dag kg⁻¹ dependendo da forrageira avaliada, e os valores do presente trabalho para acúmulo de fósforo com a menor taxa de EDO foi maior que 15 kg ha⁻¹ (0,30 dag kg⁻¹).

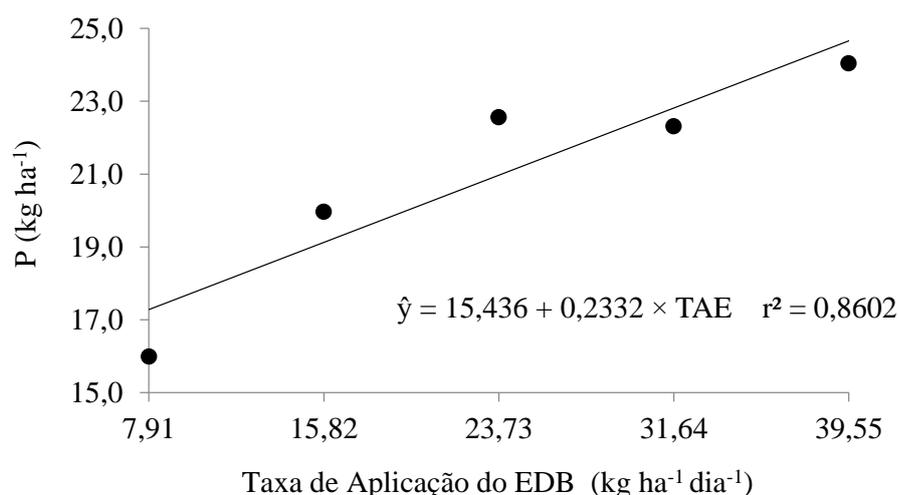


Figura 8 – Acúmulo de fósforo (P) das forrageiras em função da taxa de aplicação de EDB

Por outro lado, Queiros (2004) trabalhando com capim Tifton 85 submetido à aplicação de água residuária de suinocultura e água da rede de abastecimento, obteve valores médios de 0,37 e 0,34 dag kg⁻¹, respectivamente, de concentração de fósforo total nas folhas.

Com base nos resultados do estudo do acúmulo de fósforo em função das forrageiras e dos cortes na Tabela 13, observa-se que o capim Marandu apresentou as maiores médias em relação aos capins Tifton seguido do Pojuca dentro de cada corte. Por outro lado, entre os cortes as três forrageiras apresentaram maior extração de fósforo no segundo corte.

Tabela 13 – Valores de acúmulo de fósforo (kg ha⁻¹) em função das forrageiras e dos cortes

Forrageira	Cortes	
	1º	2º
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	24,097 B a	29,920 A a
<i>Cynodon</i> sp. cv. Tifton 85	19,891 B b	23,550 A b
<i>P. atratum</i> cv. Pojuca	12,087 B c	16,270 A c

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula em coluna, maiúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A diferença de acúmulo de fósforo pelas forrageiras entre os cortes se justifica pelo efeito concentração do fósforo nas plantas, onde este estava mais facilmente disponível

devido a maior presença do elemento no solo, o que ocorreu no final do experimento (TABELA 6).

Na disposição dos esgotos no solo por escoamento superficial, a remoção do fósforo dá-se: por precipitação química com alumínio e ferro e na forma de fosfato de cálcio, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, por adsorção no complexo de troca e na superfície das argilas, e por absorção pela vegetação em crescimento nas rampas de tratamento (Paganini, 1997). Para que este último fator de remoção do fósforo possa ser potencializado, recomenda-se que a frequência de cortes e a retirada da biomassa sejam as mais numerosas possíveis, minimizando sua concentração no solo da área de tratamento e, assim, possibilitando maior sustentabilidade ao sistema (LOURES et al., 2006)

Matos et al. (2010), avaliando o capim Tifton 85, verificaram sua eficiência de adaptação nos sistemas alagados construídos, para o tratamento de águas residuárias de laticínios, justamente porque a forrageira foi capaz de remover grandes quantidades de fósforo. Porém, no presente trabalho observa-se que o capim Marandu obteve um maior acúmulo de fósforo que o capim Tifton 85.

Haddad & Castro (1998) apresentaram uma revisão de trabalhos envolvendo espécies forrageiras passíveis de serem fenadas e suas características nutricionais em função da idade de corte. Para o capim Coastcross, foi encontrado um teor de fósforo de $0,2 \text{ dag kg}^{-1}$, nos cortes efetuados aos 40 e 50 dias de idade; este valor é 32% inferior à concentração média mais baixa obtida neste trabalho, sob a menor taxa de aplicação $7,91 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Fonseca (2000), em estudo conduzido na mesma área com o capim Coastcross e aplicação de esgoto doméstico, verificou concentrações médias de fósforo de $0,37 \text{ dag kg}^{-1}$, sob a taxa de aplicação $0,24 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ m}^{-1}$; de $0,38 \text{ dag kg}^{-1}$, sob a taxa $0,36 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ m}^{-1}$ e de $0,22 \text{ dag kg}^{-1}$ para a testemunha. Em comparação com o este trabalho apenas a testemunha foi 25% inferior aos valores da menor taxa de aplicação de EDB de $7,91 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, com acúmulo de $15,98 \text{ kg ha}^{-1}$ ($0,29 \text{ dag kg}^{-1}$).

4.2.5. Potássio

Para o acúmulo de potássio pelas forrageiras não houve efeito significativo da interação forrageira x taxa x corte, da taxa x corte, da forrageira x corte, e no fator corte, sendo significativa a interação taxa x forrageira (TABELA 7E, em anexo).

No estudo do fator taxa de aplicação para cada nível de forrageira (FIGURA 9) houve o efeito linear para o acúmulo de potássio das taxas de aplicação de EDB em cada cultivar estudada.

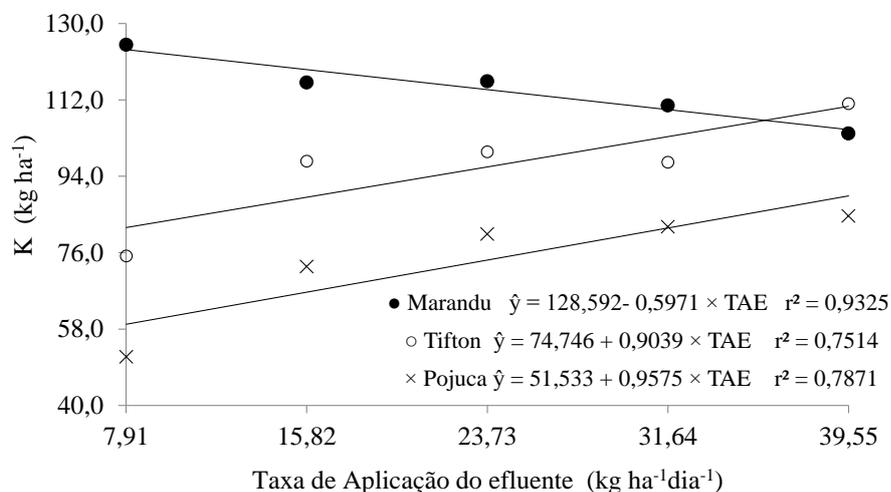


Figura 9 – Acúmulo de potássio (K) em função da taxa de aplicação de EDB, para cada forrageira

O acúmulo de potássio mostrou diferença entre as forrageiras estudadas, assim como para o fósforo, uma das possíveis explicações é a forma de absorção de cada elemento pelo cultivar. O capim Tifton é reconhecido como um cultivar de elevada exigência nutricional, conseqüentemente de alto valor nutritivo e grande capacidade de absorção de nutrientes. A *Brachiaria sp.* é altamente resistente e competitiva, podendo se adaptar a adversas condições de nutrientes e o capim Pojuca por adaptar em condições de elevado lençol freático, e possivelmente, a grandes taxas de material orgânico como aporte de nutrientes.

Em comparação com estudos realizados por Werner et al. (1996), observa-se que a capacidade de absorção de nutrientes das forrageiras estão adequadas, onde o capim Marandu obteve média de 114,427 kg ha⁻¹ (1,65 dag kg⁻¹), capim Tifton 94,195 kg ha⁻¹ (1,41 dag kg⁻¹) e capim Pojuca 73,854 kg ha⁻¹ (1,39 dag kg⁻¹), sendo os níveis adequados Tifton 1,3-3,0 dag kg⁻¹ e Brachiaria 1,2-3,0 dag kg⁻¹. Dessa forma, as taxas de aplicação de EDB, forneceram quantidades adequadas de potássio passível de ser absorvido pelos cultivares, ou seja, a menor taxa de aplicação forneceu a concentração de potássio para desenvolvimento dos cultivares.

Estes resultados corroboram com trabalho de Erthal et al. (2010), ao avaliar capim Tifton 85 e aveia preta sobre taxas de água residuária de bovinocultura e água (sem adição

efluente), onde a concentração de potássio foi semelhante em ambos os trabalhos quando aplicação de efluente. Logo, mostra o elevado aporte de potássio ao uso efluente, seja de origem doméstica ou animal, evidenciando assim uma fonte deste para adubação das forrageiras.

4.2.6. Cálcio

O acúmulo de cálcio pelas forrageiras não houve efeito significativo na interação forrageira x taxa x corte, na interação taxa x corte, e na interação dos fatores forrageira x corte, sendo significativo na interação taxa x forrageira e no fator taxa de aplicação do EDB (TABELA 7F, em anexo).

No fator taxa de aplicação do EDB (FIGURA 10), nota-se a relação linear no acúmulo de cálcio com o aumento das taxas de aplicação de EDB. A elevação do acúmulo é em função do decorrente aumento da oferta de cálcio com o incremento das doses de aplicação do EDB (TABELA 6). Resultados semelhantes foram descritos por Erthal et al. (2010), para o capim Tifton 85 sob crescentes taxas de efluente de bovinocultura.

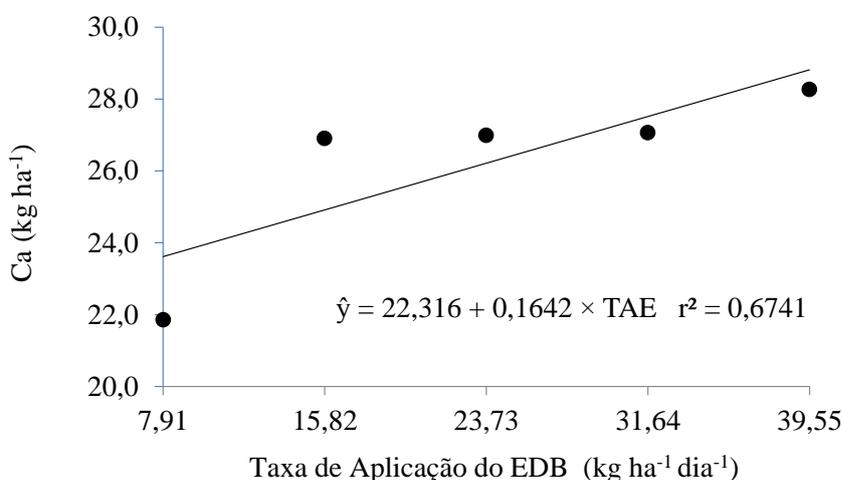


Figura 10 – Acúmulo de Cálcio (Ca) em função da taxa de aplicação de EDB

Na interação corte x forrageira (TABELA 15), o capim Pojuca obteve as maiores médias em relação ao capim Marandu e Tifton no primeiro corte, onde no segundo corte todas as forrageiras não mostraram diferenciação entre médias. Por outro lado o capim Tifton e capim Pojuca apresentaram as maiores médias no primeiro corte que no segundo, já o capim Marandu manteve o padrão de extração de cálcio entre os dois cortes.

Tabela 15 – Valores de acúmulo de cálcio (kg ha⁻¹) em função das forrageiras e dos cortes

Forrageira	Cortes	
	1º	2º
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	24,626 A b	23,366 A a
<i>Cynodon sp.</i> cv. Tifton 85	25,950 A b	21,564 B a
<i>P. atratum</i> cv. Pojuca	40,154 A a	21,614 B a

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula em coluna, maiúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os resultados deste trabalho estão adequados quanto as exigências nutricionais de todas as forrageiras estudadas, segundo Werner et al. (1996). No geral, os valores obtidos para o capim Tifton estão semelhantes aos relatados nos trabalhos de Queiroz et al., (2001); Oliveira et al. (2000) e Ribeiro et al.(2000).

4.2.7. Magnésio

O acúmulo de magnésio pelas forrageiras não houve efeito significativo para interação forrageira x taxa x corte, taxa x corte taxa x forrageira, e no fator taxa, sendo significativa a interação forrageira x corte (TABELA 7G, em anexo).

No estudo do fator corte para cada nível de forrageira (TABELA 16), os valores de acúmulo de magnésio diferiram do primeiro para o segundo corte em todas as forrageiras avaliadas. Onde no primeiro corte o capim Pojuca diferiu dos demais. Já para o segundo corte apenas o capim Marandu diferiu o acúmulo de magnésio das demais.

Tabela 16 – Valores de acúmulo de magnésio (kg ha⁻¹) em função das forrageiras e dos cortes

Forrageira	Cortes	
	1º	2º
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	29,773 A b	23,764 B a
<i>Cynodon sp.</i> cv. Tifton 85	19,311 A c	14,011 B b
<i>P. atratum</i> cv. Pojuca	33,435 A a	17,131 B b

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula em coluna, maiúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Estes resultados se explicam possivelmente como para os demais nutrientes descritos pelas características agrônômicas de cada cultivar em estudo, como por exemplo, ao processo fotossintético de cada espécie. O magnésio possui importante papel na síntese protéica, atua como ativador enzimático, além de participar da constituição da molécula de clorofila, onde em cada espécie é requerido em proporções diferentes (MALAVOLTA, 1980).

Ressaltando neste trabalho que o capim Tifton 85, foi o cultivar de menor extração do magnésio no primeiro corte, fato este não observado para os demais elementos já mencionados, uma vez que se espera uma alta extração pelo cultivar, devido a sua elevada exigência nutricional. Porém, em estádios de crescimento mais avançados, o metabolismo das plantas é reduzido, interferindo na absorção de alguns elementos, fato este que pode ter ocorrido com o cultivar em estudo.

A redução nos teores de magnésio com a idade pode também estar relacionado provavelmente com o processo natural de diluição do elemento na quantidade de matéria seca produzida. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et. al (2000) avaliando o valor nutricional do capim Tifton 85, onde os autores observaram diminuição dos teores de magnésio após os 14 dias de desenvolvimento da planta.

Queiroz et al. (2004), ao avaliarem o acúmulo de magnésio em rampas de escoamento superficial, observaram também maior acúmulo pelo capim Brachiaria, em ambos os tratamentos com água residuária de suinocultura, em relação ao capim Tifton 85.

De acordo com os resultados obtidos os valores de acúmulo de magnésio estão dentro da faixa nutricional considerada adequada por Werner et al. (1996) que é de (0,15 - 0,4 dag kg⁻¹), e os valores médios para as forrageiras estudadas ficaram em torno de 26,769 kg ha⁻¹ (0,39 dag kg⁻¹) para o capim Marandu, 16,661 kg ha⁻¹ (0,24 dag kg⁻¹) para o capim Tifton e 25,283 kg ha⁻¹ (0,38 kg ha⁻¹) para capim Pojuca. Porém, superiores aos encontrados por Queiroz et al. (2001) para forrageiras sob aplicação de efluente de suinocultura.

Em trabalho desenvolvido por Erthal et al. (2010), ao avaliar capim Tifton 85 e aveia preta sobre taxas de água residuária de bovinocultura e água (sem adição efluente), todos os resultados encontrados pelos autores independente dos tratamentos aplicados e tipo de irrigação, os valores de magnésio ficaram bem abaixo dos relatos neste experimento, onde para o capim Tifton a maior média apresentada foi de 0,19 kg ha⁻¹ e para aveia-preta de 0,06 kg ha⁻¹.

4.2.8. Enxofre

O acúmulo de enxofre pelas forrageiras não houve efeito significativo para interação forrageira x taxa x corte, taxa x corte, taxa x forrageira, e no fator taxa, sendo significativo na interação forrageira x corte (TABELA 7H, em anexo).

Na interação forrageira x corte (TABELA 17), o capim Marandu diferiu ao longo dos períodos de avaliação, e no segundo corte o capim Tifton 85 diferiu dos demais cultivares avaliados. Essa relevância de acúmulo do Tifton 85, se deve principalmente ao fato deste cultivar ser uma planta com elevada exigência nutricional, fazendo que mecanismos intrínsecos da planta, como por exemplo, sistemas radiculares muito desenvolvidos absorvam enxofre da água utilizada na irrigação ou do solo.

Tabela 17 – Valores de acúmulo de enxofre (kg ha^{-1}) em função das forrageiras e dos cortes

Forrageira	Cortes	
	1º	2º
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	19,152 A a	11,244 B b
<i>Cynodon sp.</i> cv. Tifton 85	15,409 A a	18,203 A a
<i>P. atratum</i> cv. Pojuca	13,287 A a	8,303 A b

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula em coluna, maiúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Ferreira (2003) mostra que a utilização do lodo oriundo de estações de tratamento de despejos de curtume, como fonte de matéria orgânica e nutriente no solo, pode ser recomendada pelo valor corretivo e fertilizante que estes apresentam, bem como pela capacidade da macro e microbiota do solo de decompor os materiais orgânicos. Logo, o acúmulo de enxofre pelas forrageiras está associada ao aporte e a disponibilidade deste para as plantas, devido ao processo de mineralização (SOUZA et al., 2005).

4.2.9. Manganês

Para o acúmulo de manganês pelas forrageiras não houve efeito significativo para interação forrageira x taxa x corte, taxa x corte, e taxa x forrageira, sendo significativo na interação dos fatores forrageira x corte e no fator taxa de aplicação do EDB (TABELA 7I, em anexo).

No fator taxa de aplicação (FIGURA 11), observa-se a relação linear no acúmulo de manganês com o aumento das taxas de aplicação de EDB. Estes resultados demonstram que o grande aporte de manganês fornecido pelo EDB (TABELA 4) foi suficiente para nutrir adequadamente as forrageiras estudadas, proporcionando um bom desenvolvimento dos cultivares.

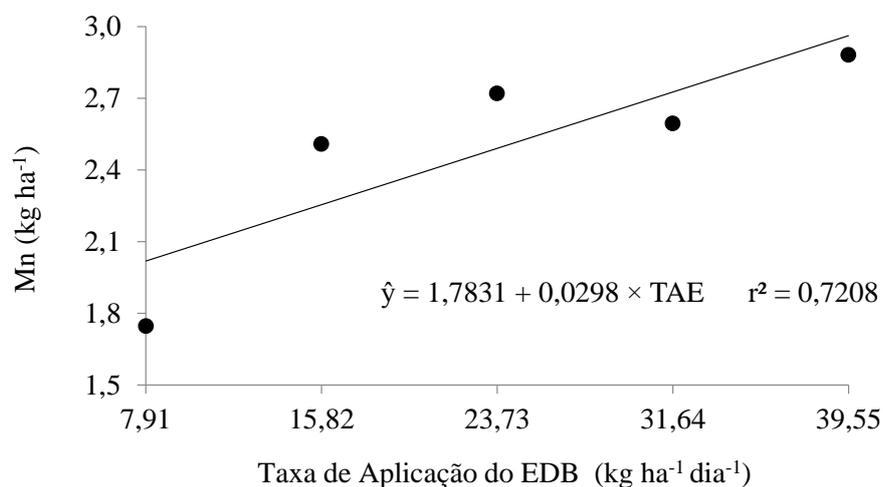


Figura 11 – Acúmulo de Manganês (Mn) em função da taxa de aplicação EDB

Ao estudar o fator forrageira para cada nível de corte, verifica-se que o capim Pojuca diferiu das demais forrageiras no primeiro corte. Entre os cortes o Capim Marandu e Tifton 85 diferem obtiveram maior acúmulo de manganês no segundo corte em comparação ao primeiro (TABELA 18). Estes resultados podem indicar a concentração deste nutriente no EDB, e seu poder acumulativo no solo, levando a maior disponibilidade de absorção e conseqüente efeito concentração de manganês pelas plantas. Ressaltando ainda que ao longo do experimento o valor de pH descesse (TABELA 6), proporcionando a disponibilização de manganês ao sistema (solo).

Tabela 18 – Valores de acúmulo de manganês (kg ha⁻¹) em função das forrageiras e dos cortes

Forrageira	Cortes	
	1º	2º
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	1,711 B b	2,681 A a
<i>Cynodon</i> sp. cv. Tifton 85	1,820 B b	2,919 A a
<i>P. atratum</i> cv. Pojuca	3,337 A a	2,469 B a

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula em coluna, maiúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Rusan; Hinnawi e Rousan (2007), ao avaliar o efeito a longo prazo de águas residuárias em culturas forrageiras, verificaram menor teor de manganês na biomassa das plantas, nos dois últimos anos (5-10 anos), enquanto que nos dois primeiros anos esse elemento manteve-se elevado. Logo, o curto período de avaliação do presente trabalho pode ter proporcionado altos valores de acúmulo de manganês nas forrageiras.

4.2.10. Ferro

A extração de ferro pelas forrageiras não houve significativo na interação forrageira x taxa x corte, taxa x corte, taxa x forrageira e no fator taxa aplicação, sendo significativo a interação dos fatores forrageira x corte (TABELA 7J, em anexo).

Estudando a interação forrageira x corte (TABELA 19), nota-se que as forrageiras diferiram entre si apenas no segundo corte, onde o capim Marandu diferiu das demais. Este também diferiu em relação aos períodos de avaliação, ocorrendo um decréscimo no acúmulo de ferro do primeiro para o segundo corte.

Tabela 19 – Valores de acúmulo de ferro (kg ha^{-1}) em função das forrageiras e dos cortes

Forrageira	Cortes	
	1º	2º
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	0,633 B a	0,932 A a
<i>Cynodon sp.</i> cv. Tifton 85	0,465 A a	0,455 A b
<i>P. atratum</i> cv. Pojuca	0,616 A a	0,380 A b

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula em coluna, maiúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Os valores encontrados neste trabalho são superiores aos encontrados por Oliveira et. al (2010) para cultura do milho que recebeu diferentes taxas de efluente de suinocultura, onde os autores não encontraram alterações significativas na absorção deste nutriente para a cultura em estudo. Os autores justificaram estes resultados pelo fato que em solos brasileiros não há respostas da cultura a aplicações de ferro relatadas em literatura. Por outro lado, os valores de acúmulo de ferro é superior ao encontrado por Costa et. al (2009) em trabalho com cultivar Marandu sob doses e diferentes fontes de aplicação de nitrogênio.

4.2.11. Cobre

O acúmulo de cobre pelas forrageiras não houve efeito significativo da interação forrageira x taxa x corte, taxa x corte, e taxa x forrageira, sendo significativo na interação forrageira x corte e no fator taxa de aplicação do EDB (TABELA 7L, em anexo).

No fator taxa de aplicação (Figura 12), a relação linear do acúmulo de cobre com o aumento das taxas de aplicação de EDB evidencia possivelmente a alta concentração deste nutriente no efluente. Ao estudar o fator forrageira em cada nível de corte (TABELA 20), verifica-se diferença entre as forrageiras no segundo corte, sendo que o capim Marandu diferiu do capim Tifton e Pojuca no primeiro corte. Entre os cortes houve diferença apenas para o capim Pojuca.

Os valores de cobre estão superiores aos verificados em trabalho de Matos et al. (2009) em pesquisa com resíduos de suinocultura e Costa et al. (2009) para cultivar Marandu sob doses e diferentes fontes de aplicação de nitrogênio.

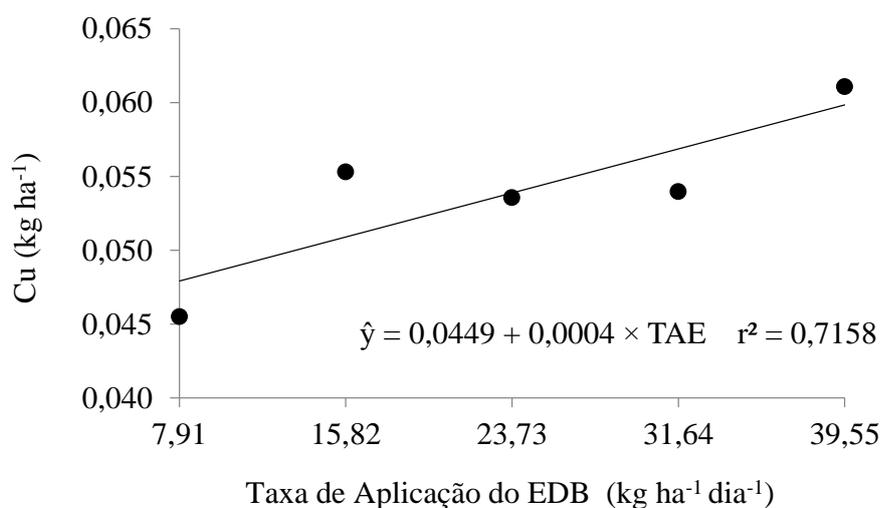


Figura 12 – Acúmulo de Cobre (Cu) em função da taxa de aplicação de EDB

Tabela 20 – Valores de acúmulo de cobre (kg ha⁻¹) em função das forrageiras e dos cortes

Forrageira	Cortes	
	1º	1º
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	0,054 A b	0,047 A b
<i>Cynodon</i> sp. cv. Tifton 85	0,065 A ab	0,060 A a
<i>P. atratum</i> cv. Pojuca	0,059 A ab	0,036 B c

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula em coluna, maiúscula em linha não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Queiroz et al. (2004) observaram que todas as gramíneas forrageiras, submetidas à aplicação de efluente de suinocultura, alcançaram extrações de cobre significativamente maiores do que as que receberam água. Indicando que tanto o capim Tifton 85 quanto a *Brachiaria* são boas extratoras, pois esse elemento não é prontamente móvel na planta e é dependente de sua concentração (LONERAGAN, 1975). Logo, as águas residuárias, especialmente o EDB fornece as plantas a concentração adequada de cobre.

Matos et. al (2009) em trabalho com diferentes forrageiras sob aplicação efluente de suinocultura em sistemas alagados construídos constataram que houve baixa remoção de cobre, justificando os resultados devido a forte complexação/quelação do cobre no material orgânico presente nestas águas de irrigação.

5.0. CONCLUSÃO

As forrageiras estudadas apresentaram o mesmo comportamento na redução da DBO₅, onde o sistema de tratamento empregado depurou o efluente de esgoto doméstico bruto, reduzindo a DBO₅. Contudo, para disponibilização da água residuária em corpos d'água há necessidade de outros tratamentos.

O rendimento aumentou proporcionalmente com o incremento das taxas de aplicação de esgoto doméstico bruto.

Todas as taxas de aplicação de esgoto doméstico bruto forneceram nutrientes necessários aos cultivares estudados, onde o incremento das taxas foi correspondente ao desenvolvimento das forrageiras. Ressalta-se apenas uma exceção ao cultivar Marandu, onde a menor taxa de aplicação de esgoto doméstico bruto foi a que proporcionou o maior acúmulo de potássio pelas plantas.

O acúmulo de nutrientes para os cultivares Marandu, Tifton 85 e Pojuca estão acima dos mencionados em literatura para nitrogênio, fósforo, enxofre, manganês, ferro e cobre. Já para potássio, cálcio e magnésio estão de acordo com os valores médios relatados para as forrageiras.

6.0. REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969: Tanques sépticos: Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário.. Rio de Janeiro: ABNT, 1986

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. New York: APHA, WWA, WPCR, 19°. Ed., 1995.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewather**. 19 ed. New York: APHA, WWA, WPCR, 1995.

BASTOS, R.K.X.; BEVILACQUA, P.D.; ANDRADE NETO, C.O.; VON SPERLING, M. **Utilização de esgotos tratados em irrigação – aspectos sanitários**. In: BASTOS, R.K.X. (Coord.). Utilização de esgotos tratados em irrigação, hidroponia e piscicultura. Rio de Janeiro: ABES/RiMa Artes e Texto, 2003. Cap. 2, p. 23-59. (projeto PROSAB).

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola, **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, São Paulo, p 152-169, 2008.

BEZERRA, L.J.D.; LIMA, V.L.A.; ANDRADE, A.R.S. DE; ALVES, V.W.; AZEVEDO, C.A.V. DE; GUERRA, H.O.C. Análise de crescimento do algodão colorido sob os efeitos da aplicação de água residuária e biossólidos. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**. p.333-338, 2005.

BOUWER, H. Integrated water management: emerging issues and challenges. **Agricultural Water Management**, v.45, p.217-228, 2000.

BRADDOCK, D AND DOWNS, P Wastewater irrigation A strategy for increasing suga cane production. In International Society of Sugar Cane Technologists. Vol. 24. Ed. D M Hogarth. pp. 171-173. **Proceedings of the XXIV Congress**, September 2001. ISSCT, Brisbane, Australia.

BURTON, G.W.; GATES, R.N.; HILL, G.M. Registration of “Tifton 85” bermudagrass. **Crop Science**, v. 33, p. 644-645, 1993.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v.68, 135-149, 2004.

CHERNICHARO, C. A.; COTA, R. S.; ZERBINI, A. M.; Von SPERLING, M.; BRITO, L.H. Post-treatment of anaerobic effluents in overlandflow system, **Water Sci. Tech.**, v.44,n.4, p. 229-236, 2001

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução Nº 375 de 17 de março de 2005**, Brasília, 2006.

CORAUCCI FILHO, B. **Tratamento do esgoto doméstico no solo pelo método do escoamento superficial**. 1992. 867 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de pós-graduação em engenharia civil, USP.

CORAUCCI FILHO, B.; CHERNICHARO, C. A. L.; ANDRADE NETO, C. O.; NOUR, E. A.; ANDREOLI, F. N.; SOUZA, H. N.; VON SPERLING, M.; LUCAS FILHO, M.; AISSE, M. M; FIGUEIREDO, R. F. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. **PROSAB**. Rio de Janeiro, Brasil. 1ª Edição, 1999. 456 p.

CORAUCCI FILHO, B.; CHERNICHARO, C.A.L.; ANDRADE NETO, C.O.; NOUR, E.A.; ANDREOLI, F.D. N.; SOUZA, H.N.; MONTEGGIA, L.O.; VON SPERLING, M.; LUCAS FILHO, M.; AISSE, M.M.; FIGUEIREDO, R.F.; STEFANUTTI, R. Tecnologia do tratamento de águas residuárias no solo: infiltração rápida, irrigação e escoamento superficial. In: **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p.357-407.

CORAUCCI FILHO, B.; FIGUEIREDO, R.F. - Tratamento de Efluentes de Laticínios no Solo pelo Método do Escoamento Superficial. **XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Viçosa - MG, v. 108, n. 7, p.12, 1995.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. de; SEVERIANO, E. da C.; SIMON, G. A.; CARRIJO, M. S. Extração de nutrientes do capim-marandu sob doses e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.10, n.4., p.801-812, 2009.

COSTA, K.A.P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I.P.DE; CUSTÓDIO, D.P.; SILVA, D.C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2005.

COSTA, R.H.P.G. Esgoto. In: TELLES, D.D.; COSTA, R.H.P.G. **Reúso da água, conceitos, teoria e práticas**. São Paulo: Ed. Blucher, cap. 5, p. 41-50, 2007

COSTANZI, R.N. Técnicas combinadas. [Entrevista a Fábio de Castro]. **Revista Fapesp**. São Paulo, 2008.

DRUMOND, L.C.D.; ZANINI, J.R.; AGUIAR, A.P.A.; RODRIGUES, G.P.; FERNANDES, A.L.T. Produção de matéria seca em pastagem de tifton 85 irrigada, com diferentes doses de dejetos líquidos de suíno. **Revista de Engenharia Agrícola**. v.26, n.2, p.426-433, 2006.

EFFLUENTS FOR IRRIGATION, Nicosia, Cyprus, 9 Oct. Butterworths. **Proceedings**. London: FAO, 1985.

EMBRAPA. **Manual de análises de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNCS, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência tecnologia, 1999. 370p.

ERTHAL, V.J.T.; FERREIRA, P.A.; PEREIRA, O.G.; MATOS, A.T. Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertirrigadas com água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.458–466, 2010.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection**. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 224p

FERREIRA, A. S., et al. Alterações de atributos químicos e biológicos de solo e rendimento de milho e soja pela utilização de resíduos de curtume e carbonífero. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, n.4, p.755-763, 2003

FIGUEIREDO, R.F. Tratamento de esgotos pelo processo de escoamento superficial do solo, *Revista DAE*, 45 (140): 62-66, 1985.

FONSECA, S. P. P. **Avaliação do tratamento e esgoto doméstico bruto pelo método de escoamento superficial utilizando o campim coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.)**. Viçosa, MG: UFV, 2000a. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola - Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FONSECA, S. P. P.; SOARES, A.A.; CHERNICHARO, C. L.; VIANNA, M. R.; MATOS, A. T. Comparação de metodologias para dimensionamento do tratamento de esgoto doméstico pelo método de escoamento superficial. **In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: [s.n.], 2000.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV. 2003, 122 p.

GALVANI, F.; GAERTNER, E. **Adequação da Metodologia Kjeldahl para determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta**. EMBRAPA - Circular Técnica 63, Corumbá, MS: Maio, 2006.

HADDAD, C. M.; CASTRO, F. G. F. Produção de feno. **In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem**, 15, 1998, Piracicaba. Anais. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.151.

HALLIWELL, D.J.; BARLOW, K.M.; NASH, D.M. A review of the effects of wastewater sodium on soil physical properties and their implications for irrigation systems. **Australian Journal of Soil Research**, v.39, p.1259-1267, 2001.

HESPANHOL, I. Saúde Pública e reúso agrícola de esgotos e biossólidos. **In MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. cap. 4, p. 97-123.

HESPANHOL, I.; PROST, A. WHO. Guidelines and National Standards for Reuse and Water Quality, **Water Research**, London, v. 28, n. 1, p. 119-124, 1994.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 5ª Ed. Rio de Janeiro. 2009. 940p.

KOURAA, A.; FETHI, F.; FAHDE, A.; LAHLOU, A.; QUAZZANI, N. Reuse of urban wastewater treated by a combined stabilisation pond system in Benslimane (Morocco). **Urban Water**. V.4, p.373-378, 2002.

LEITE, G. G.; SILVEIRA, L. F. da; FERNADES, F. D.; GOMES, A. C. Crescimento e composição química do capim *Paspalum atratum* cv. Pojuca. **Boletim Técnico e de desenvolvimento da Embrapa Cerrado**. Planaltina, Brasília, DF.

LONDE, L. de R.; PATERNIANI, J.E. S. Filtração lenta para reutilização de água em irrigação. **Irriga (UNESP Botucatu)**, v. 08, n. 01, p. 10-20, 2003

LONERAGAN, J.F. The availability and absorption of trace elements in soil plant systems and their relation to movement and concentration of trace elements in plants. In: NICHOLAS, D. J. D.; EGAN, A. R. (ed.). Trace elements in soil-plant-animal systems. London: **Academic Press**, 1975. p. 109-134.

LOURES, A. P. S. **Modelos de remoção de parâmetros qualitativos em sistema para tratamento de esgoto doméstico por escoamento superficial utilizando o capim costcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.)**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola - Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LOURES, A. P. S.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T. de; CECON, P. R.; PEREIRA, O. G. Remoção de fósforo em sistemas de tratamento de esgoto doméstico, por escoamento superficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p. 706-714, 2006.

MALAVOLTA, E. 1980. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres. 251p

MATOS, A. T.. **Manejo e Tratamento de Resíduos Agroindustriais I**. Viçosa: 2003. 132 p.

MATOS, A. T.; FREITAS, S. W.; PAOLA A.V. Lo M. Capacidade extratora de diferentes espécies vegetais cultivadas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura. *Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, Vol. 4, Núm. 2, 2009, pp. 31-45 - Universidade de Taubaté

MATOS, A.T. Tratamento e destinação final dos resíduos gerados no beneficiamento do fruto do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. **Produção Integrada de Café**. Viçosa: Ed. UFV, cap. 18, p. 647-708, 2003.

MATOS, A.T.; ABRAHÃO, S.S.; PAOLA A.V. Lo M.; SARMENTO, A.P.; MATOS, M.P.; de Capacidade extratora de plantas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias de laticínios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.12, p.1311–1317, 2010.

MATOS, A.T.; SEDIYAMA, M.A.N. Riscos potenciais ao ambiente pela aplicação de dejetos líquidos de suínos ou compostos orgânicos no solo. In: **Seminário Mineiro sobre Manejo e Utilização de Dejetos de Suínos**, 1, Ponte Nova, 1995. Anais... Viçosa: EPAMIG, 1996. p.45-54.

MELI, S.; PORTO, M.; BELLIGNO, A.; BUFO, S.A.; MAZZATURA, A., SCOPA, A. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. **The Science of the Total Environment**. V.285, p.69-77, 2002.

MELO, W.J.; MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fontes de nutrientes para as plantas. In: In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Org.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA, 200. cap. 5, p. 109-141.

MENEGATTI, D. P.; ROCHA, G. P.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A. Nitrogênio na produção de matéria seca, teor e rendimento de proteína bruta de três gramíneas do gênero *Cynodon*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.3, p.633-642, 2002.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

MIRANDA, F.R. de, CAVALCANTE, R.R.R., RIBEIRO, E.M., LIMA, R.N. Uso de efluentes da carcinicultura na irrigação de *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 1, p. 46-52, 2010.

MORGADO, E. Influence of Nitrogen on yield and quality of Tifton 85 (*Cynodon* spp.) grass. **Revista Electrónica de Veterinaria**, Vol. VIII Nº 2, 2207.

MOTA, S.; BEZERRA, C. L.; TOME, L. M.. Avaliação do Desenvolvimento de Culturas Irrigadas Com Esgoto Tratado. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, 1997. **Anais do XIX Congresso da ABES**. FOZ DO IGUAÇU, PR.

NOUR, E. A. A. **Tratamento de efluentes de uma indústria cítrica pelo processo de escoamento superficial no solo**. 1990. 326 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de pós-graduação em engenharia civil, UNICAMP.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. Edgard Blucher: São Paulo, 2003.

NUVOLARI, A.; COSTA, R.H.P.G., Tratamento de efluentes. In: TELLES, D.D.; COSTA, R.H.P.G. **Reúso da água, conceitos, teoria e práticas**. São Paulo: Ed. Blucher, cap. 6, p. 51-92, 2007.

OLIVEIRA, M. A.; PEREIRA, O. G.; GARCIA, R.; OBEID, J. A.; CECON, P. R.; MORAES, S. A.; SILVEIRA, P. R. Rendimento e valor nutritivo do ca-pim tifton 85 (*Cynodon* spp.) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1949-1960, 2000.

OLIVEIRA, R., FREITAS, W., GALVÃO, J., PINTO, F., CECON, P.. EFEITO DA Aplicação de águas residuárias de suinocultura nas características nutricionais do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, América do Norte, 3, may. 2010. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/114/114>. Acesso em: 30 May. 2012.

OVERCASH, M. R. Implications of Overland flow for municipal waste management. **Journal WPCF**. v. 50, no 10, 1978, pp. 2337-2347.

PAGANINI, W. S. **Disposição de esgoto no solo, através de escoamento à superfície, com utilização de gramíneas: avaliação do processo quanto aos aspectos sanitários, operacionais, construtivos e de manutenção.** 1997. 197 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de pós-graduação em engenharia civil, USP.

PAGANINI, W.S. **Disposição de esgotos no solo (escoamento a superfície).** 2ª Ed. São Paulo: AESABESP, 1997. 232p.

PESCOD, M.B. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO. **Irrigation and Drainage.** Paper, 47. Rome: FAO, 125p, 1992

PRIMAVESI, A. C., PRIMAVESI, ODO.; CORRÊA, L. de A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. da; FREITAS, A. R. DE; VIVALDI, L. J. Adubação Nitrogenada em Capim-Coastcross: Efeitos na Extração de Nutrientes e Recuperação Aparente do Nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v.33, n.1, p.68-78, 2004

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G. ; OLIVEIRA, R. A. The dry matter yield of forage-grass species in overland flow treatment using swine wastewater. In: Soares, A. A.; Saturnino, H. M. (Org.). **Environment and the water: Competitive use and conservation strategies for water and natural resources.** Brasília: ABID, 2001. p.166-172.

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

RAMOS, J. M. O uso da água residuária na adubação: vantagens e Limitações. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal,** ano VI, n. 10, 2007

RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, O. G.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S. C.; CECON, P. R. Composição e extração mineral do capim-tifton 85, em três idades de rebrota, sob cinco doses de nitrogênio. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia,** 37, 2000, Viçosa. Anais... Viçosa: SBZ, 2000. p.55-55.

ROCHA, G. P., EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A. Nitrogênio na produção de matéria seca, teor e rendimento de proteína bruta de gramíneas tropicais. **Pasturas Tropicales**, v.22, n.1, p.67-73, 2003.

RUSAN, M.J.M.; HINNAWI, S.; ROUSAN, L. Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. **Desalination** **215**, p.143–152, 2007.

SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; LAZZARINI, I.; SOUZA, M.A.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.560-569, 2009.

SANTOS, A. P. R. dos, **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado, rico em sódio, em propriedades físicas e químicas de um argissolo vermelho distrófico cultivado com capim – TIFTON 85**. Dissertação Mestrado; Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 95 páginas, 2004.

SANTOS, K.D.; HENRIQUE, I.N.; SOUSA, J.T.; LEITE, V.D. Utilização de esgoto tratado na fertirrigação agrícola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 1/2º, 2006.

SILVA NETO, S.P.; SILVA, J.E.C.; SANTOS, A.C.; CASTRO, J.G.D., DIM, V.P.; ARAÚJO, A. dos S. Características agronômicas e nutricionais do capim-Marandu em função da aplicação de resíduo líquido de frigorífico. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. v. 32, n. 1, p. 9-17, 2010.

SILVA, D.J; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.

SOUZA, E. R. B. de; BORGES, J. D.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P. de; OLIVEIRA, I. P. de; XIMENES, P. A.; CARNEIRO, M. de F.; BARROS, R.G. Teores de metais tóxicos nas folhas de plantas de milho fertilizadas com lodo de curtume. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 35 (2): 117-122, 2005.

SOUZA, J.A.R., FERREIRA, P.A., MATOS, A.T.; MOREIRA, D.A. Nutrição de tomateiro fertirrigado com água residuária da suinocultura. **Revista de Engenharia na agricultura**, v.18 n.1, jan. / fev. 2010.

STEFANUTTI, S.; MATTIAZZO, M.E.; CORAUCCI FILHO, B.; NOUR, E. A A.; FIGUEIREDO, R. F., Comportamento de duas forrageiras sob diferentes taxas de aplicação de esgotos sanitários utilizando o método do escoamento superficial. (Compact disc) **IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 28; Pelotas, 1999. Artigo científico. Pelotas, 1999.

TERADA, M; ZUCCOLO, A. C. F.; PAGANINI, W. S. **Tratamento de esgotos domésticos por disposição no solo com utilização de gramíneas**. Revista DAE, v. 45, no 142, p. 249-254, 1985.

TONETI, A. L.; CERQUEIRA, R. S.; COURRACI FILHO, B.; SPERLING, M. V.; FIGUEIREDO, R. F. Tratamento de esgotos de pequenas comunidades pelo método do escoamento superficial no solo. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n.13, p.69-79, Maio, 2009.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia sanitária e ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, v.2, 1996, 211p.

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H., ANDRADE, N.O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.MC. ed. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Fundação IAC, 1996. p. 263-274 (IAC. Boletim Técnico, 100).

WHO. Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture. Report of a Scientific Group Meeting. Geneva: **World Health Organization**, 1989. (Technical Report Series n. 778).

ANEXOS

Tabela 7A - Análise de variância da variável rendimento de matéria seca em função das forrageiras, taxas de aplicação de efluente de esgoto doméstico e corte.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
Forageira	2	35,71753 ^{ns}
Res(a)	6	0,6583579
Taxas	4	7,118915*
Taxa × Forrageira	8	0,6682670 ^{ns}
Res(b)	24	0,6866447
Corte	1	45,59698 ^{ns}
Taxa × Corte	4	1,089874 ^{ns}
Forageira × Corte	2	6,259365*
Taxa × Forrageira × Corte	8	0,7513940 ^{ns}
Resíduo	30	0,4811759
Média geral		6,40
Coefficiente de variação		10,838

*Significativo a 5% de probabilidade; ns – não significativo.

Tabela 7B - Análise de variância da variável proteína bruta em função das forrageiras, taxas de aplicação de efluente de esgoto doméstico e corte.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
Forageira	2	87,36938 ^{ns}
Res(a)	6	2,133967
Taxas	4	8,424725*
Corte	1	0,07656250 ^{ns}
Taxa × Forrageira	8	3,882016 ^{ns}
Res(b)	24	3,035703
Taxa × Corte	4	4,509744 ^{ns}
Forageira × Corte	2	12,05706*
Taxa × Forrageira × Corte	8	3,921872 ^{ns}

Resíduo	30	2,702231
Média geral		20,433
Coefficiente de variação		8,0450

*Significativo a 5% de probabilidade; ns – não significativo.

Tabela 7C - Análise de variância da variável nitrogênio em função das forrageiras, taxas de aplicação de efluente de esgoto doméstico e corte.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
Forageira	2	7530911,0 ^{ns}
Res(a)	6	190274,8
Taxas	4	1208340,0 ^{ns}
Corte	1	4844849,0 ^{ns}
Taxa × Forrageira	8	149247,8 ^{ns}
Res(b)	24	157099,7
Taxa × Corte	4	242672,7*
Forageira × Corte	2	1223076,0*
Taxa × Forrageira × Corte	8	153199,6 ^{ns}
Resíduo	30	88663,70
Média geral		2119,8
Coefficiente de variação		14,047

*Significativo a 5% de probabilidade; ns – não significativo.

Tabela 7D - Análise de variância da variável fósforo em função das forrageiras, taxas de aplicação de efluente de esgoto doméstico e corte.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
Forageira	2	124715,7 ^{ns}
Res(a)	6	1830,176
Taxas	4	17800,33*
Corte	1	7019,056 ^{ns}

Taxa × Forrageira	8	918,6818 ^{ns}
Res(b)	24	1520,658
Taxa × Corte	4	2531,116 ^{ns}
Forrageira × Corte	2	20787,68*
Taxa × Forrageira × Corte	8	2189,785 ^{ns}
Resíduo	30	2097,560
Média geral		209,69
Coefficiente de variação		21,841

*Significativo a 5% de probabilidade; ns – não significativo.

Tabela 7E - Análise de variância da variável potássio em função das forrageiras, taxas de aplicação de efluente de esgoto doméstico e corte.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
Forrageira	2	1384904,0 ^{ns}
Res(a)	6	70493,28
Taxas	4	81960,98 ^{ns}
Corte	1	335057,1 ^{ns}
Taxa × Forrageira	8	85020,26*
Res(b)	24	34225,62
Taxa × Corte	4	6708,309 ^{ns}
Forrageira × Corte	2	195454,1 ^{ns}
Taxa × Forrageira × Corte	8	90286,38 ^{ns}
Resíduo	30	80557,93
Média geral		948,26
Coefficiente de variação		29,932

*Significativo a 5% de probabilidade; ns – não significativo.

Tabela 7F - Análise de variância da variável cálcio em função das forrageiras, taxas de aplicação de efluente de esgoto doméstico e corte.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
-------------------	----	----------------

FORAGEIRA	2	49150,52 ^{ns}
Res(a)	6	2279,643
Taxas	4	11258,01*
Corte	1	146240,1 ^{ns}
Taxa × FORRAGEIRA	8	2604,252 ^{ns}
Res(b)	24	4170,920
Taxa × Corte	4	6221,497 ^{ns}
FORAGEIRA × Corte	2	63594,10*
Taxa × FORRAGEIRA × Corte	8	5008,164 ^{ns}
Resíduo	30	2400,336
Média geral		262,12
Coeficiente de variação		18,691

*Significativo a 5% de probabilidade; ns – não significativo.

Tabela 7G - Análise de variância da variável magnésio em função das forrageiras, taxas de aplicação de efluente de esgoto doméstico e corte.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
FORAGEIRA	2	89361,45 ^{ns}
Res(a)	6	1210,336
Taxas	4	4190,738 ^{ns}
Corte	1	190618,4 ^{ns}
Taxa × FORRAGEIRA	8	1416,360 ^{ns}
Res(b)	24	2056,387
Taxa × Corte	4	3362,281 ^{ns}
FORAGEIRA × Corte	2	28445,83*
Taxa × FORRAGEIRA × Corte	8	2172,681 ^{ns}
Resíduo	30	1560,752
Média geral		229,04
Coeficiente de variação		17,248

*Significativo a 5% de probabilidade; ns – não significativo.

Tabela 7H - Análise de variância da variável enxofre em função das forrageiras, taxas de aplicação de efluente de esgoto doméstico e corte.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
Forageira	2	29056,35 ^{ns}
Res(a)	6	7284,585
Taxas	4	8952,523 ^{ns}
Corte	1	25492,05 ^{ns}
Taxa × Forrageira	8	5675,971 ^{ns}
Res(b)	24	6250,849
Taxa × Corte	4	3970,716 ^{ns}
Forageira × Corte	2	22947,16*
Taxa × Forrageira × Corte	8	6973,403 ^{ns}
Resíduo	30	5900,414
Média geral		142,66
Coefficiente de variação		53,843

*Significativo a 5% de probabilidade; ns – não significativo.

Tabela 7I - Análise de variância da variável manganês em função das forrageiras, taxas de aplicação de efluente de esgoto doméstico e corte.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
Forageira	2	4073067,0 ^{ns}
Res(a)	6	201018,1
Taxas	4	3466911,0*
Corte	1	3604573,0 ^{ns}
Taxa × Forrageira	8	1091950,0 ^{ns}
Res(b)	24	836441,1
Taxa × Corte	4	329337,1 ^{ns}
Forageira × Corte	2	9079567,0*
Taxa × Forrageira × Corte	8	313648,7 ^{ns}
Resíduo	30	388745,4

Média geral	2490,0
Coeficiente de variação	25,040

*Significativo a 5% de probabilidade; ns – não significativo.

Tabela 7J - Análise de variância da variável ferro em função das forrageiras, taxas de aplicação de efluente de esgoto doméstico e corte.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
FORAGEIRA	2	932980,5 ^{ns}
Res(a)	6	185853,3
Taxas	4	101943,6 ^{ns}
Corte	1	6689,404 ^{ns}
Taxa × Forrageira	8	125973,1 ^{ns}
Res(b)	24	131046,8
Taxa × Corte	4	126846,0 ^{ns}
FORAGEIRA × Corte	2	540731,2*
Taxa × Forrageira × Corte	8	93451,54 ^{ns}
Resíduo	30	120442,5
Média geral		580,54
Coeficiente de variação		59,780

*Significativo a 5% de probabilidade; ns – não significativo.

Tabela 7L - Análise de variância da variável cobre em função das forrageiras, taxas de aplicação de efluente de esgoto doméstico e corte.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
FORAGEIRA	2	1876,523 ^{ns}
Res(a)	6	105,6602
Taxas	4	558,8671*
Corte	1	2831,54 ^{ns}
Taxa × Forrageira	8	132,6622 ^{ns}
Res(b)	24	128,7114
Taxa × Corte	4	98,86594 ^{ns}

Forageira × Corte	2	774,0926*
Taxa × Forageira × Corte	8	71,71055 ^{ns}
Resíduo	30	71,48912
<hr/>		
Média geral		53,885
Coeficiente de variação		15,691
<hr/>		

*Significativo a 5% de probabilidade; ns – não significativo.