

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA**

MARIA ALCILENE MORAIS

**IMPACTOS DO USO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE ORIGEM DOMÉSTICA NO
SISTEMA SOLO-PLANTA NA CHAPADA DO APODI-RN**

**MOSSORÓ - RN
2014**

MARIA ALCILENE MORAIS

**IMPACTOS DO USO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE ORIGEM DOMÉSTICA NO
SISTEMA SOLO-PLANTA NA CHAPADA DO APODI-RN**

Dissertação apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Manejo de Solo e Água.

ORIENTADOR: Dr. Miguel Ferreira Neto

**MOSSORÓ - RN
2014**

O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade de seus autores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)

Setor de Informação e Referência

M827i Morais, Maria Alcilene.

Impactos do uso da água residuária de origem doméstica no sistema solo-planta na chapada do Apodi-RN / Maria Alcilene Morais -- Mossoró, 2014.

84f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Miguel Ferreira Neto

Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação.

1. Solo. 2. Resumo da água. 3. Saneamento. 4. Semiárido.I. Título.

RN/UFERSA/BCOT/867-14

CDD: 631.4

Bibliotecária: Vanessa Christiane Alves de Souza Borba

CRB-15/452

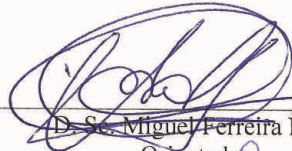
MARIA ALCILENE MORAIS

IMPACTOS DO USO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE ORIGEM DOMÉSTICA NO
SISTEMA SOLO-PLANTA NA CHAPADA DO APODI-RN

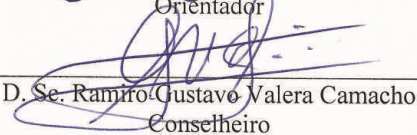
Dissertação apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, como parte das exigências
para obtenção do título de Mestre em
Manejo de Solo e Água.

APROVADA EM: 30/06/2014

BANCA EXAMINADORA



D. Sc. Miguel Ferreira Neto
Orientador



D. Sc. Ramiro Gustavo Valera Camacho
Conselheiro



D. Sc. Rafael Oliveira Batista
Conselheiro

AGRADECIMENTOS

A Deus pela iluminação na busca de um ideal, estando presente na minha vida em todos os Momentos,

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido pela oportunidade de concluir o Curso de Manejo de solo e água,

Ao Prof. D. Sc. Miguel Ferreira Neto pela oportunidade e orientação durante todo o curso de mestrado,

Aos Conselheiros da banca examinadora,

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Manejo de solo e água por contribuírem na minha formação profissional em especial a Prof.^a Jeane Cruz Portela

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os funcionários do Laboratório de Análise de Solo Água e Planta (LASAP) da UFERSA em especial a Ana Kaline e Cécilia.

Aos meus colegas de mestrado pelo convívio e aprendizagem compartilhada durante o período das disciplinas.

Aos colegas do grupo de pesquisa Raniere Barbosa, Raimundo, Jacineumo e Gleydson Freitas por toda a contribuição e esforços em campo.

A todos os meus amigos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização do meu trabalho.

A todos que fazem parte do projeto de assentamento Milagre.

Muito obrigada!

Dedicatória

Às minhas Marias, Maria Eduarda e Maria Heloisa,
para que trilhem o doce e amargo caminho na busca do aprendizado.

“A sabedoria não é dada: é preciso descobri-la por nós mesmos depois de
uma viagem que ninguém nos pode poupar ou fazer por nós.”

(Marcel Proust)

LISTA DE SIGLAS

AA - Análise de agrupamento
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
AF- Análise Fatorial
AR- Área de referência
ARS- Água residuária de suinocultura
CE - Condutividade Elétrica
CF- Coliformes fecais
CFSEMG- Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais
CISAM – Conselho Intermunicipal de Saneamento Ambiental
CNPQ- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA- Conselho Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul
CT - Coliformes Totais
CTe - Coliformes Termotolerantes
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO - Demanda Química de Oxigênio
ETE- Estação de tratamento de esgoto
FDA - Fibra de Detergente Ácido
FDN - Fibra de Detergente Neutro
FGV - Faculdade Getúlio Vargas
FUNASA - Fundação Nacional de Saúde
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
IDH - Índice de Desenvolvimento humano
MAPA - Ministério da agricultura pecuária e abastecimento
NMP - Número mais provável
OD - Oxigênio Dissolvido
OMS - Organização Mundial da Saúde
ONU -Organização das Nações Unidas
PAC - Programa de Aceleração do Crescimento
pH- Potencial Hidrogeniônico

PIDA - Proteína insolúvel em detergente ácido

PIND - Proteína insolúvel em detergente neutro

PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Foto aérea da área de experimento do Projeto de Assentamento Milagre....	35
Figura 2	Argissolo Vermelho Amarelo.....	36
Figura 3	Croqui da área cultivada com capim elefante irrigada por sulcos (CI) com efluente doméstico tratado.....	36
Figura 4	Croqui das partes constituintes do sistema de saneamento. I: Ramal Predial, II: Coletor de esgotos e III: Coletor tronco, ETE: Estação de tratamento de esgotos.....	37
Figura 5	Valores de Temperaturas Max, Min, Precipitação pluviométrica em Abril de 2012 (Período chuvoso).....	39
Figura 6	Valores de Temperaturas Max, Min, Precipitação pluviométrica em Setembro de 2012 (Período seco).....	39
Figura 7	Coleta de amostra de solos, utilizando o trado holandês.....	41
Figura 8	Área de vegetal nativa.....	41
Figura 9	Ilustração do capim elefante irrigado com efluente doméstico.....	44
Figura 10	Dendrograma de agrupamento entre as variáveis e profundidades estudadas ao longo do perfil do solo.....	62
Figura 11	Dendrograma de agrupamento entre as variáveis estudadas ao longo do perfil do solo.....	63
Figura 12	Dendrograma de agrupamento entre as variáveis e profundidades estudadas ao longo do perfil do solo.....	65
Figura 13	Dendrograma de agrupamento entre as variáveis estudadas ao longo do perfil do solo.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Principais características de qualidade da água para reuso.....	25
Tabela 2	Características microbiológicas dos esgotos domésticos.....	26
Tabela 3	Análise de coliformes totais e termotolerantes presentes na água residual e no solo, para camada 0-40cm, em período chuvoso.....	45
Tabela 4	Análise de coliformes totais, termotolerantes e salmonellas spp, presentes na água tratada e no solo no período seco.....	46
Tabela 5	Valores médios das características físico-químicas e microbiológicas do efluente tratado, no período de Fevereiro a Setembro de 2012.....	47
Tabela 6	Distribuição do tamanho das partículas, classificação textural e densidade do solo.....	51
Tabela 7	Características químicas do solo com aplicação da água residual no período chuvoso.....	56
Tabela 8	Características químicas do solo com aplicação da água residual no período seco.....	57
Tabela 9	Características químicas do solo com aplicação da água residual no período chuvoso.....	59
Tabela 10	Características químicas do solo com aplicação da água residual no período Seco.....	60
Tabela 11	Fatores extraídos por componentes principais, destacando as variáveis químicas do solo com cargas superiores a 0,6 (módulo), para: Área de cultivo agrícola (PL), Área do sulco do plantio (SC), e Área de vegetação nativa (NAT), nas camadas estudadas ao longo do perfil.....	61
Tabela 12	Fatores extraídos por componentes principais, destacando as variáveis químicas do solo com cargas superiores a 0,6 (módulo), para: Área de cultivo agrícola (PL), Área do sulco do plantio (SUL), e Área de vegetação nativa (NAT), nas profundidades estudadas ao longo do perfil.....	63
Tabela 13	Composição química do capim elefante.....	67

RESUMO

MORAIS, Maria Alcilene. **Impactos do uso da água residuária de origem doméstica no sistema solo-planta na chapada do Apodi- RN.** 84f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2014.

A utilização da água residuária na produção agrícola é alternativa sustentável do ponto de vista ambiental e, sobretudo, econômico para a realidade da região Semiárida do Brasil. Objetivou-se com este trabalho avaliar os impactos pelo uso da água residuária de origem doméstica no sistema solo-planta e os aspectos nutricionais do cultivo do capim elefante (irrigado com o mesmo efluente). O experimento foi desenvolvido no projeto de assentamento de reforma agrária Milagre em Apodi, RN. Foram coletadas amostras de solo, em duas áreas de 150 m² cada, situadas em um Argissolo vermelho amarelo. Escolheu-se uma área de mata nativa com caatinga hiperxerófila, ausente do lançamento de efluente, servindo como área de referência; e uma área cultivada com capim elefante, irrigada por sulcos com efluente doméstico tratado. As amostragens para avaliação do solo ocorreram durante o período seco e após o período chuvoso. Para cada período, foram coletadas 79 amostras simples de solo, sendo 24 no camalhão de cultivo e 55 nos sulcos de irrigação. As amostras foram coletadas nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm e de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm e 60-80 cm respectivamente, servindo para preparação de amostras compostas. Na área nativa adotou-se o procedimento de coleta aleatória totalizando 20 amostras simples nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm e 60-80 cm. Para avaliar indicadores físico-químicos e biológicos. Assim, o pH e as concentrações de nitrogênio total, fósforo, potássio, cálcio e magnésio; os níveis populacionais de coliformes totais e termotolerantes; *salmonella*, como também, os teores de metais pesados (Mn, Fe, Zn, Cu, Ni e Pb) e matéria orgânica. Foram coletadas amostras de água residuária, para determinação do pH, condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio; coliformes totais e termotolerantes e *salmonella*. As amostragens para avaliação da planta foram coletadas aos 60 dias, para análises bromatológicas. Verificou-se que os indicadores Químicos no solo foram alterados significativamente. Quanto a qualidade da forragem pode-se observar que as concentrações de proteína insolúvel em detergente neutro e proteína insolúvel em detergente ácido, apresentaram valores 4,47 e 1,60% respectivamente, indicando um percentual de proteína de 11,87% na forragem, Houve presença de coliformes totais e termos tolerantes e ausência de *salmonella* tanto para o solo quanto para a água.

Palavras-chave: poluição do solo, reuso de água, saneamento, semiárido.

ABSTRACT

The use of wastewater in agricultural production is a sustainable alternative from an environmental point of view, and especially to the economic reality of the semiarid region of Brazil. The objective of this study was to evaluate the impacts when using wastewater from domestic sources in the soil-plant system and nutritional aspects of the cultivation of elephant grass (irrigated with the same effluent). The experiment was developed in the project of land reform settlement Milagre, Apodi in, RN soil samples were collected in two areas of 150 m² each, located in a yellow red Ultisol. One area was chosen as a native forest to savanna hyperxerophilic absent from effluent discharge, serving as a reference; and another cultivated with elephant grass furrow irrigated with treated wastewater. Soil sampling for soil evaluation occurred during the dry period and after the rainy season. For each period, 79 single soil samples were collected, 24 of the ridge cultivation and 55 in irrigation furrows. Samples were collected at depths of 0-20 cm and 20-40 cm and 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm and 60-80 cm respectively, serving to prepare composite samples. In the native area adopted the procedure of simple random collection totaling 20 samples at 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm and 60-80 cm. To evaluate the physical-chemical and biological indicators. Thus, the pH and the concentrations of total nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium; population levels of total and fecal coliforms; salmonella, as well as the levels of heavy metals (Mn, Fe, Zn, Cu, Ni and Pb) and organic matter. Wastewater samples were collected for determination of pH, electrical conductivity, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand; total and fecal coliform and salmonella. Samples for assessment of the plant were collected at 60 days for chemical analysis. It was observed that the soil chemical indicators have changed significantly. As the quality of material can be observed that the concentrations of neutral detergent insoluble protein and insoluble protein, acid detergent, showed values 4.47 and 1.60% respectively, indicating a percentage of 11.87% of protein forage. There was presence of total coliform and tolerant terms and absence of salmonella for both the soil and the water.

Keywords: soil pollution, water reuse, sanitation, semiarid.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO LITERÁRIA	17
2.1 A IMPORTÂNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO.....	17
2.2 VANTAGENS DO SANEAMENTOS BÁSICO.....	19
2.3 PROBLEMAS CAUSADOS PELO ESGOTO DOMÉSTICO.....	21
2.4 BENEFÍCIOS DO TRATAMENTO DE ESGOTO.....	22
2.5 IMPACTOS DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS.....	23
2.6 IMPACTOS DO REUSO DE ÁGUA NO SOLO.....	24
2.6.1 Principais características das águas residuária	24
2.6.2 Natureza físico-química	25
2.6.3 Natureza Biológica	26
2.6.4 Qualidade da água	27
2.6.5 Qualidade do solo	27
2.6.6 Tratamento de água residuária por disposição no solo	28
2.6.7 Tipos de tratamento	29
2.6.8 Sistemas de tratamento	30
2.6.9 Tanque séptico	31
2.6.10 Reaproveitamento de águas residuária doméstica na irrigação	31
3 O REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS E A PERCEPÇÃO DAS COMUNIDADES RURAIS SOBRE OS ASPECTOS SOCIOECONOMICO E AMBIENTAL	31
4. QUALIDADE DA FORRAGEM	32
5. MATERIAL E METODO	34
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	34
5.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE).....	37
5.3 AMOSTRAGEM.....	38
5.3.1 Análise microbiológica do solo e da água residuária	38
5.3.2 Análise físico-química do solo e da água residuária	40
5.3.3 Análise do Capim Elefante irrigado com efluente tratado	43
5.3.4 Análise Estatística	44
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
6.1 AVALIAÇÕES MICROBIOLÓGICAS DO SOLO E DA ÁGUA NOS PERÍODOS CHUVOSOS E SECOS.....	45
6.2 QUALIDADE DO EFLUENTE SECUNDÁRIO.....	46
6.3 AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.....	50
6.4 AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NOS PERÍODOS CHUVOSO E SECO.....	51
6.4.1 Potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE)	51
6.4.2 Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Potássio (K)	53
6.4.3 Sódio (Na)	54
6.4.4 Nitrogênio (N) e Matéria Orgânica (MO)	54
6.4.5 Fósforo (P)	56

6.4.6 Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn) e Manganês (Mn).....	57
6.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS AO LONGO DO PERFIL DO SOLO NO PERÍODO CHUVOSO.....	60
6.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS AO LONGO DO PERFIL DO SOLO NO PERÍODO SECO.....	63
6.7 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA FORRAGEM IRRIGADA COM ÁGUA TRATADA.....	66
7 CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS	70
APÊNDICE.....	84

1 INTRODUÇÃO

A crise ambiental proporcionada pelo crescimento populacional mundial e, conseqüentemente, pelo modelo de desenvolvimento predador adotado, particularmente em relação à escassez das águas, têm gradativamente tornado o reúso de água um componente necessário para gestão de recursos hídricos em quase todo o mundo, proporcionando a institucionalização de políticas que regulamentem essa prática.

Tem-se admitido que o uso de efluentes tratados de esgotos é um elemento relevante, ainda que subutilizado, da gestão de recursos hídricos (Hartley,2006). De acordo com (Hespanhol, 2008), o reuso planejado de água é prática incipiente no Brasil, que ainda não está integrado aos planos de bacias hidrográficas, ocorrendo apenas em caráter experimental. O relatório do Programa Mundial de Avaliação dos Recursos Hídricos das Nações Unidas - UN WWAP (2009) aponta o esgoto como um recurso a ser usado, considerando o reúso como elemento fundamental da gestão integrada de água e esgotamento sanitário.

Em face às asperezas do clima, a região do semiárido impõe limitações à produção agrícola devido às características edafoclimáticas, aliadas às desigualdades sociais, pobreza e ao fraco desempenho econômico, que tem determinado baixos Índices de Desenvolvimento Humano e Econômico. Esses aspectos indicam a necessidade de estratégias, como a adoção de tecnologias apropriadas, a fim de garantir a segurança alimentar e nutricional de seres humanos e animais. As gramíneas, de modo geral, apresentam alta eficiência na extração de N do solo, encontrado em maior concentração nas águas servidas de origem doméstica no processo de eutrofização e poluição dos mananciais hídricos. Forrageira como capim elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) torna-se bastante úteis, também, do ponto de vista ambiental, devido a sua capacidade de extrair do solo grande quantidade de macro e micronutrientes, diminuindo o carreamento por meio de escoamento superficial e lixiviação para as águas subterrâneas (Silva, 2008). O solo exerce, normalmente, papel significativo na disposição de águas residuárias, atuando como depósito e meio de tratamento para os seus diferentes constituintes químicos (Rezende, 2003).

A utilização de efluentes de esgotos domésticos tratados tem se mostrado uma alternativa promissora para o desenvolvimento social e econômico da região, podendo assim incentivar a permanência dos agricultores nas pequenas áreas rurais além de minimizar as migrações para os grandes centros urbanos. Na região semiárida do

nordeste brasileiro, onde a média pluviométrica anual é de pouco mais de 700 mm e concentrada em 4 a 6 meses do ano, a água é um recurso escasso que se reflete na produtividade agrícola e em particular nos pequenos agricultores que não tem fontes alternativas para manter suas culturas durante as estiagens. Os reflexos são sentidos na agricultura das pequenas propriedades, que dependem das chuvas como única fonte hídrica bem sucedida.

O uso de águas residuária na produção agrícola deve seguir critérios que se baseiam no tipo de solo, nível de tratamento de efluente e nas condições climática locais.

Segundo Santos et al. (2006), a aplicação do efluente doméstico deve ser suspensa, pelo menos, duas semanas antes da colheita, para minimizar o risco de contaminação ambiental e que não houve contaminação microbiológica dos frutos do cafeeiro coletados no solo. Em um argissolo com a produção do milho irrigado 100% com água de efluente doméstico apresentou um maior aporte de nutrientes, principalmente nitrogênio favorecendo a uma maior altura das plantas (Costa, 2012).

Coraucci Filho (1991) aplicou esgoto sanitário em rampas de tratamento por escoamento superficial e verificou que a concentração de carbono orgânico diminuiu com a profundidade do solo, demonstrando que durante a passagem do esgoto através da superfície do solo (infiltração), ocorre o processo de filtração, que é influenciado pela taxa de aplicação e pela declividade da superfície do solo na rampa. Resultado similar foi obtido por Campelo (1999), com aplicação de água residuária de suinocultura em distintas camadas de solo, onde a maior concentração de carbono orgânico ocorreu na camada superficial do solo (0-10 cm).

Corrêa et al. (2000) relata que o esgoto doméstico lançado em corpos hídricos causa poluição, devido a alta concentração de matéria orgânica e os nutrientes depositados, o que contribui grandemente para uma eutrofização. Porém, quando depositado no solo, este serve de fonte de nutrientes para as plantas, transformando esse resíduo em biomassa vegetal, o cultivo de capim elefante é muito comum nas zonas rurais e na periferia das cidades, principalmente, nos leitos e margens dos rios, canais de drenagem, riachos, vazantes e cabeceiras de açudes, servindo de suporte como volumoso na alimentação do rebanho, durante todo o ano e principalmente nos períodos secos. As plantas forrageiras apresentam as características ideais para a irrigação com águas residuárias, sendo até recomendado para essa prática o uso de efluentes primários na sua irrigação (Metcalf & Eddy, 1991).

Este trabalho teve como objetivo avaliar os impactos pelo uso da água residuária de origem doméstica no sistema solo-planta e os aspectos nutricionais do cultivo do capim elefante (*Pennisetum purpureum*) irrigado com o mesmo efluente oriundo da estação de tratamento no assentamento Milagres – Apodi, RN.

2 REVISÃO LITERÁRIA

2.1 IMPORTÂNCIAS DO SANEAMENTO BÁSICO

Esgoto é o termo usado para caracterizar os despejos provenientes dos diversos usos da água, tais como doméstico, comercial, industrial, agrícola, estabelecimentos públicos etc. A parcela mais significativa do esgoto sanitário provém de esgoto doméstico, gerados em aparelhos sanitários, lavanderias, cozinhas e chuveiros. O esgoto doméstico tem características bem definidas, apesar de variarem em função dos costumes e condições socioeconômicas da população.

O esgoto doméstico é resultado do uso de água feito pelo homem em função de seus hábitos higiênicos e necessidades fisiológicas é composto basicamente de águas de banho, urina, fezes, restos de comida, sabões, detergentes e águas de lavagem. É importante conhecermos a composição quantitativa e qualitativa do esgoto. (Braga, 2005).

A quantidade de esgoto sanitário produzido diariamente pode variar bastante não só de uma comunidade para outra, como também dentro de uma mesma comunidade devido a vários fatores, que vão desde o custo da água e condições de aparelhos sanitários até o clima. Estima

que a produção média de esgoto por pessoa em um dia seja de 130 a 170 litros. (Braga, 2005).

A qualidade do esgoto varia em função da composição da água de abastecimento e seus diversos usos. Não ocorrendo uma alta demanda de esgoto industrial, o esgoto sanitário é constituído de 99,9% de água e 0,1% de material sólido. Toda essa água nada mais é do que um veículo para substâncias orgânicas, inorgânicas e microrganismos eliminados pelo homem diariamente. Já os sólidos são responsáveis pela deterioração da qualidade do corpo hídrico receptor, essas qualidades é medidas através de análises físico-químicas e microbiológicas. . (Braga, 2005).

O esgoto contém inúmeros organismos vivos, tais como bactérias, vírus, vermes e protozoários que na sua maioria são depositados junto com os dejetos humanos. Alguns sendo muito importante no tratamento de águas residuárias, pois degradam a matéria orgânica em compostos orgânicos mais simples e estáveis; outros são denominados organismos patogênicos, ou seja, que transmitem doenças. Uehara et al. (1989).

O sistema de saneamento, segundo Maurer et al. (2012) é uma combinação de tecnologias para realizar o transporte, armazenamento, tratamento e a destinação final de águas residuárias. Katukiza et al. (2012) reforça o conceito de saneamento proposto por Maurer et al. (2012), todavia acrescenta aspecto da sustentabilidade, afirmando que este deve ser tecnicamente viável, aceitável para os usuários, a preços acessíveis e contribuir para a melhoria da saúde e proteção do meio ambiente. Porém, esse conceito foi alterado em função de diferentes visões dos diversos agentes públicos que conduziram a política nacional de saneamento nas últimas três décadas.

A definição atual proposta pelo governo federal é a mais abrangente possível:

Saneamento ambiental: conjunto de ações com o objetivo de alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, compreendendo o abastecimento de água; a coleta, o tratamento e a disposição dos esgotos e dos resíduos sólidos e gasosos e os demais serviços de limpeza urbana; o manejo das águas pluviais; o controle ambiental de vetores e reservatórios de doenças e a disciplina da ocupação e uso do solo, nas condições que maximizem a promoção e a melhoria das condições de vida nos meios urbano e rural. (BRASIL, 2004).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), grande parte de todas as doenças que surgem nos países em desenvolvimento são provenientes da água de má qualidade. Onde a maioria dos problemas sanitários que afetam a população mundial está intrinsecamente relacionada com o meio ambiente e a saúde da população. Um exemplo disso é a diarreia que, com mais de quatro bilhões de casos por ano, é uma das doenças que mais aflige a humanidade, já que causa 30% das mortes de crianças com menos de um ano de idade. (Guimarães, et al, 2007).

O saneamento básico é um direito de todos, sendo, essencial para a melhoria na qualidade de vida, preservação da saúde e dos recursos naturais e, garantia de cidadania, embora sejam indispensáveis, muitas pessoas desconhecem essa importância ou, embora já tenham ouvido falar, não sabem exatamente do que se trata. Segundo a OMS (1995) saneamento básico é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social, que têm o objetivo de conservar ou melhorar o meio ambiente de uma região, contribuindo para manter as condições de higiene e saúde da população.

Galdo & Briceño (2005) enumeram as doenças provenientes direta ou diretamente pela água, compondo quatro tipos distintos; como a diarreia, a disenteria, a cólera e a

poliomielite; doenças causadas pela baixa qualidade da água, como a contaminação por esgoto.

Outro tipo é referente às doenças por falta de saneamento, existem ainda as doenças provocadas por organismos que vivem na água como: esquistossomose e verminose. Por fim, há doenças transmitidas por insetos que se reproduzem em ambientes aquáticos, é o caso da malária, da dengue e da febre amarela, dentre outras doenças. A falta de saneamento pode gerar diversos problemas socioambientais, como a poluição de recursos hídricos, contaminação de alimentos.

Países subdesenvolvidos as condições primárias para qualidade de vida da população, e o saneamento básico é ainda assunto de discussão e descaso. As estimativas da OMS (2006), mostram que 4 % da taxa de mortalidade no mundo correspondem a enfermidades diarreicas, sendo que 88 % dessa taxa têm sua origem na má qualidade dos sistemas de abastecimento de água e de saneamento e falta de higiene. Assim, a qualidade de vida da população está basicamente ligada a um sistema de abastecimento de água favorável coleta e destinação de resíduos líquidos e sólidos.

Os dados da PNAD evidenciam que 22 % da população rural residem em domicílios que ainda não têm nenhum tipo de sistema de coleta de esgoto, e 54,3 % recorrem a soluções não adequadas para o esgoto doméstico, como fossas rudimentares, valas e despejo do esgoto diretamente nos rios, lagos e mares, representando uma ameaça tanto à saúde da população, principalmente das crianças mais sujeitas às doenças de veiculação hídrica, quanto à qualidade do meio ambiente (BRASIL, 2009).

As caracterizações de esgotos sanitários variam em função de diversos fatores, como a contribuição per capita do poluente, o consumo per capita de água, a presença de despejos industriais e outros. Em locais com baixo consumo per capita de água, normalmente se tem esgoto bem concentrados, a contribuição per capita de organismos patogênicos varia em função do nível de saúde pública da população, apresentando maiores valores nos casos de precárias condições sanitárias (Von Sperling, 2005).

2.2 VANTAGENS DO SANEAMENTO BÁSICO

Avaliando as vantagens do saneamento básico no Brasil, segundo a análise de custo-benefício, há evidências que investimentos em saneamento é mais eficazes que o gasto em saúde quando o objetivo é salvar uma vida. Mendonça & Seroa da Motta (2005), estimaram que o investimento em cobertura de tratamento de esgoto e de acesso à água

tratada são, respectivamente, 17% e 67% mais eficazes que o investimento em saúde. De acordo com Neri (2007), o investimento em saneamento pode ser até 4 vezes mais efetivo que o investimento em saúde.

Dados do Ministério das Cidades (SNIS 2010) evidenciam um cenário em que 1 em cada 5 brasileiros ainda não possui sequer água tratada para beber. Mais da metade da população ainda não tem acesso à coleta dos esgotos e somente 38% do esgoto do país passa por algum tipo de tratamento antes de ser lançado no ambiente. Afirmado, assim, que 62% do esgoto do país seguem para os rios, lagos, reservatórios, bacias hidrográficas e aquíferas sem nenhum tipo de tratamento.

Estudo divulgado pelo instituto Trata Brasil (2013) estima que o número de internações no sistema hospitalar brasileiro poderia ser reduzido em 25% e a mortalidade em 65% com o a ampliação das ações de saneamento básico.

As construções de um sistema de esgotos sanitários em uma comunidade evidenciam como vantagens: afastamento rápido e seguro dos esgotos; coleta dos esgotos individual ou coletivo (fossas ou rede coletora); tratamento e disposição adequada dos esgotos tratados, visando atingir benefícios como conservação dos recursos naturais; melhoria das condições sanitárias locais; eliminação de focos de contaminação e poluição; eliminação de problemas estéticos desagradáveis; redução dos recursos aplicados no tratamento de doenças; diminuição dos custos no tratamento de água para abastecimento (Leal, 2008).

De acordo com o Censo 2010, há 29,8 milhões de pessoas que vivem em áreas rurais quase a metade está distribuída em apenas cinco Estados (Bahia, Minas Gerais, Maranhão, Pará e Ceará). Esse número sobe para 72% do total, se forem considerados os estados de Pernambuco, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná e Piauí. As áreas rurais, que abrigam cerca de 30 milhões de pessoas em 8,8 milhões de domicílios, a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD, 2009) são as mais carentes de infraestrutura de saneamento.

Ainda de acordo com o Censo, divulgados pelo IBGE 2010, revelam que a maior carência do país na área de serviços públicos e infraestrutura continua a ser em saneamento básico: apenas 55,4% dos 57,3 milhões de domicílios estavam ligados à rede geral de esgoto. Outros 11,6% utilizavam fossa séptica, forma de saneamento considera adequada enquanto os outros 32,9% ou não tinham saneamento básico ou usavam soluções alternativas (como o despejo em rios, fossas rudimentares etc) tidas como inapropriadas. Estavam nessa situação 18,9 milhões de domicílios brasileiros.

Segundo o Instituto Trata Brasil, apenas 18% dos recursos do PAC para o saneamento foram executados até o momento.

Nas cidades e regiões agrícolas são lançados diariamente cerca de 10 bilhões de litros de esgoto, resíduos sólidos urbanos não reciclados ou destinados em lugares impróprios; os grandes cemitérios que recebem continuamente milhares de cadáveres que se decompõe com o tempo; agrotóxico e fertilizantes, aplicados inadequadamente na agricultura, causando infiltração nos aquíferos; rejeito e aterros industriais não controlados; ambientes domésticos com problema de falta de reciclagem de lixo, esgoto, água com destino impróprio, todos esses fatores prejudicam em largo espectro as águas subterrâneas, que são o destino final da falta de saneamento (Luiz, 2005).

As más condições de saneamento nas zonas rurais são cada vez mais evidentes, as águas cinza provenientes de pias, tanques e lavatórios não são reaproveitados, em sua maioria são lançadas a céu aberto e percorrem superficialmente pelo solo. As águas negras são lançadas em fossas negras, contaminando o solo e o lençol raso ou, em alguns casos, utiliza-se a fossa séptica e sumidouro. Brito (2012).

A falta de saneamento apresenta-se como sérios problemas de saúde pública nas cidades brasileiras, pelo fato de várias populações conviverem em situações precárias e estarem expostas a permanente degradação ambiental e uso inadequado dos solos. Os serviços e estrutura em saneamento no meio rural são de importância maior que as atitudes e comportamentos da população local sejam mudados para que ocorram gerenciamento e preservação dos recursos naturais locais. (Santana et al 2012)

2.3 PROBLEMAS CAUSADOS PELO ESGOTO DOMÉSTICO

A água usada nas atividades domésticas se transforma no resíduo líquido conhecido como esgoto, que pode causar sérios problemas tanto ao meio ambiente quanto à saúde das pessoas.

As estatísticas mostram que a qualidade de vida da população está ligada diretamente a boas condições sanitárias. Por muito tempo, as ações públicas e individuais em relação ao esgoto deram prioridade somente ao aspecto sanitário. O esgoto encanado é tão importante para melhorar o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), que um dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (uma série de metas socioeconômicas que os países da ONU se comprometeram a atingir até 2015 é reduzir pela metade o número de pessoas sem rede de esgoto. Isso porque a ausência de tratamento de esgoto traz

doenças que afetam pessoas de todas as idades, mas as crianças são as mais prejudicadas. Estas doenças são causadas principalmente, por microrganismos patogênicos de origem entérica, animal ou humana, presentes em água contaminada. Amaral et al. (2005).

O saneamento é elemento fundamental para a saúde, pois 65% das crianças brasileiras até 11 anos em hospitais da rede pública. Maiores vítimas do descumprimento da Lei Orgânica da Saúde (Lei 8080/90), que prevê o direito fundamental ao saneamento, as crianças sofrem doenças vinculadas ao saneamento inadequado.

Dados dos indicadores sociais, IBGE (2012) Cerca de 4,8 milhões de crianças de até 14 anos estão seriamente expostas a riscos de doenças, pois residem em domicílios sem estrutura de saneamento básico ou em condições inapropriadas. O órgão avaliou residências nas quais não havia, em 2011, respectivamente, abastecimento de água por meio de rede geral, esgotamento sanitário de rede geral ou fossa séptica ligada à rede coletora, e o lixo não era coletado direta ou indiretamente.

Segundo dados do Ministério da Saúde, apenas 30% da população brasileira recebem águas oriundas de fontes inseguras e 56% não têm solução adequada para a disposição de esgoto. Além disso 5,39% da população urbana e 10% da rural lançam esgoto em vala, rio, lago, mar ou outro tipo de escoadouro.

2.4 BENEFÍCIOS DO TRATAMENTO DE ESGOTO

Entre os benefícios do reuso de água na agricultura destaca-se a possibilidade de substituição parcial de fertilizantes químicos, com a diminuição do impacto ambiental, em função da redução da contaminação dos cursos d'água; significativo aumento na produção agrícola, tanto qualitativo quanto quantitativo; e economia da quantidade de água, direcionada para a irrigação, que pode ser utilizada para fins mais nobres, como o abastecimento público (Ramos, 2006).

Os fatores que justificam o uso de águas residuárias são a conservação da água disponível, sua grande disponibilidade, possibilidade do aporte e reciclagem de nutrientes (reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos), permitindo a preservação do ambiente. (Van der Hoek et al, 2002).

O solo apresenta grande capacidade de decompor ou inativar materiais potencialmente prejudiciais ao ambiente, por meio de reações químicas e de processos

microbiológicos. Essa disposição de água residuária no sistema solo-planta, quando feita sem critérios agronômicos e ambientais, pode causar problemas de contaminação do solo, das águas superficiais e subterrânea e toxicidade as plantas; por outro lado, se bem planejada essa aplicação pode trazer benefícios tais como: fonte de nutrientes e água para plantas, redução do uso de fertilizantes e do seu potencial poluidor (Erthal et al., 2010).

2.5 IMPACTOS DA ÁGUA RESIDUÁRIA

A utilização de águas residuária tratados tem se mostradas é uma alternativa promissora para o desenvolvimento social e econômico, segundo (Van Der Hoek et al., 2002). O reuso dessas águas tem se tornado uma técnica bastante usada, principalmente quando se trata de sustentabilidade para a agricultura.

A utilização de águas residuária na agricultura é uma alternativa para controle da poluição das águas superficiais e subterrâneas, além de uma maneira de disponibilizar água e nutrientes para as culturas, sendo de grande importância nas regiões áridas e semiáridas, onde a escassez de água faz com que se aproveitem todos os recursos hídricos (Souza et al., 2010).

A disposição de águas residuária no sistema solo-planta, quando feita sem critérios agronômicos e ambientais, pode causar problemas de contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas, e toxicidade às plantas, devido aos elevados teores de N e P. Por outro lado, se bem planejada esta aplicação pode trazer diversos benefícios, tais como, redução do uso de fertilizantes e de seu potencial poluidor, fonte de nutrientes e, principalmente água para as plantas, pelo fato da média pluviométrica anual da região semiárida ser de 700 mm a 800 mm e concentrada em quatro a seis meses do ano. (Erthal 2008).

A água é um recurso bastante escasso que se reflete na produtividade agrícola e em particular nos pequenos agricultores que não possuem fontes alternativas para manter suas culturas durante as estiagens, servindo assim, também, como incentivo a permanência dos agricultores no campo, diminuindo o êxodo rural. No mais, é uma forma alternativa de minimizar problemas ambientais, proporcionados pelo lançamento das mesmas em cursos d'água, além de favorecer um incremento na produtividade agrícola, que depende de fatores como: cultura, disponibilidade de nutrientes no efluente, demanda nutricional das plantas e manejo. No entanto, a utilização de águas

residuais na agricultura requer o desenvolvimento e o aprimoramento de técnicas que visem à minimização dos riscos de contaminação do solo, do produto agrícola e dos agricultores (Souza et al. 2011).

Do ponto de vista da irrigação, o reuso de água exige uma gestão mais complexa da prática e um monitoramento mais restrito dos procedimentos, quando comparado ao uso de uma água com melhor qualidade, ao qual normalmente se utiliza nessa prática. Alguns cuidados devem ser adotados visando não poluir o solo e os recursos hídricos, bem como preservar a saúde do próprio irrigante (EMBRAPA, 2009).

2.6 IMPACTOS DO REUSO DE ÁGUA NO SOLO

Bosco et al.; (2008) constataram alterações químicas de um Latossolo Roxo distroférico na região oeste do Paraná, decorrentes da aplicação de águas residuais de suinocultura durante oito anos consecutivos, na taxa de $99 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ por ano. Os resultados evidenciam que a aplicação aumentou a concentração de cálcio, magnésio e fósforo no solo, de $641,3 \text{ mg L}^{-1}$ para $1242,5 \text{ mg L}^{-1}$ na camada de 0-30 cm, enquanto a concentração de magnésio aumentou de $243,1$ para $449,7 \text{ mg L}^{-1}$. A concentração de fósforo, que antes da aplicação de ARS era de $33,7 \text{ mg L}^{-1}$ na camada de 0-30 cm e $3,8 \text{ mg L}^{-1}$ na camada de 30-60 cm, aumentou para $51,1 \text{ mg L}^{-1}$ (0-30 cm) e $5,4 \text{ mg L}^{-1}$ (30-60 cm).

O manejo inadequado dessa água após a aplicação, pode causar alterações no solo quando aplicadas indiscriminadamente, poluição do ar causada pelos gases: CO_2 , CH_4 e cheiro desagradável de H_2S (Serafim & Guimarães Filho, 2012).

2.6.1 Principais características das águas residuais

- características físicas. As impurezas enfocadas do ponto de vista físico estão associadas, em sua maior parte, aos sólidos presentes na água. Estes sólidos podem ser em suspensão, coloidais ou dissolvidos, dependendo do seu tamanho;
- características químicas. As características químicas de uma água podem ser interpretadas através de uma das duas classificações: matéria orgânica ou inorgânica; e
- características biológicas. Os seres presentes na água podem ser vivos ou mortos. Em termos da avaliação da qualidade da água, os micro-organismos assumem um papel de maior importância, devido à sua predominância em determinados

ambientes, à sua atuação nos processos de depuração dos despejos e à sua associação com as doenças ligadas à água. As bactérias de vida livre e patogênicas, como o grupo coliforme, as algas, fungos e protozoários, são alguns exemplos. (Von Sperling 2011).

Na Tabela 1, estão apresentados as características da qualidade da água, de maior importância nos sistemas de reúso da água e nas faixas de aproximadas de cada características do esgoto e das águas servidas, recomendados por Metcalf e Eddy (2003).

Tabela 1 Principais características de qualidade da água para reúso.

Características	Unidades	Variações de efluentes secundários	Resultados das águas para reúso
DOB5	mg L ⁻¹	10 – 30	< 10 – 4
DQO	mgL UFC/100m L ⁻¹	50 – 150	< 20 – 90
Coliformes totais	UFC/100m L ⁻¹	< 10 -10 ⁷	< 1 - 200
Coliformes fecais	mg L ⁻¹	< 1-10 ⁶	1 – 10 ³
Nitrogênio	mg.L ⁻¹	10 – 30	1 – 30
Metais pesados	mg.L ⁻¹	Variável	< 0,001 Hg; 0,01 Cd; e 0,02 Ni
Fósforo		0,1 - 30 mg.	1 < 1 - 20

Fonte: Adaptado de Fatta & Kythreotou (2005).

2.6.2 Natureza Físico-química

Quando aplicados no solo, os resíduos líquidos são tratados por meio de processos físico-químicos e biológicos, porém, se aplicado em dosagens elevadas podem causar diversos efeitos negativos, entre eles: poluição das águas superficiais e subterrâneas; salinização do solo; poluição do solo, das plantas e do homem por metais pesados; efeitos prejudiciais à estrutura e macroporosidade do solo, além da contaminação do homem e de animais por agentes patogênicos presentes nesses resíduos (Matos, 2007).

Hespanhol (2003) afirma que a concentrações e substancias tóxicas fixadas, principalmente de metais pesados em esgotos domésticos é baixa. Nesse sentido, os principais agentes poluidores das águas receptoras de esgotos domésticos são a matéria orgânica e seus constituintes, em atenção o nitrogênio, o fósforo e os microrganismos patogênicos (Hirata, 2000; Von Sperling, 2005).

De acordo com Blum (2003), quando a água possui turbidez elevada há indícios de teores elevados de sólidos suspensos que podem abrigar microrganismos; visando a preocupação com o consumidor e o agricultor, percebe-se o quanto é pertinente o monitoramento da turbidez e o controle da proliferação desses microrganismos.

Aplicação de água de reúso no solo, pode provocar danos nas propriedades físicas e químicas, gerando avarias não apenas para a cultura - quando de sua aplicação para fins agrícolas, mas também poderá causar degradação do solo e danos ao meio ambiente.

2.6.3 Natureza Biológica

Estão presente em elevado nível populacional no trato intestinal humano e de outros animais de sangue quente, eliminada juntamente com as fezes, as bactérias do grupo coliforme constituem o indicador de contaminação fecal mais utilizado em todo o mundo, sendo empregado como parâmetro bacteriológico básico no monitoramento de padrões de qualidade de água para o consumo humano (Nuvolari, 2003).

Os parasitas em geral possuem duas fases de vida: uma dentro do hospedeiro e outra no meio ambiente. Porém, ao se encontrar no ambiente, morrem com facilidade, devido à luminosidade excessiva, à presença de oxigênio, de calor, e à falta de alimentos. Em geral, os parasitas são eliminados pelo portador junto com suas excretas, isto é, fezes, urina e catarros, e então se misturam com os microrganismos que vivem livremente no solo, na água e no ar. O tempo que esses microrganismos passam fora do hospedeiro é suficiente para que alcancem novos organismos, continuando seu ciclo de vida. (Ribeiro & Rooke 2010).

Observa-se grande quantidade desses organismos presentes em esgotos domésticos, bem como a contribuição por habitante como representado na Tabela 2.

Tabela 2. Características microbiológicas dos esgotos domésticos.

Tipo	Organismo	Contribuição per capita (org./hab.dia)	Concentração (org/100mL)
Bactéria	Coliforme fecais	10^9-10^{13}	10^6-10^{10}
	Coliformes (termotolerantes)	10^9-10^{12}	10^6-10^9
	<i>E. Coli</i>	10^9-10^{12}	10^6-10^9
	<i>Cloristidium perfringens</i>	10^6-10^8	10^3-10^5
	Enterococos	10^7-10^8	10^4-10^5
	Esterococos fecais	10^7-10^{10}	10^4-10^7
	<i>Pseudomonas aeruginosas</i>	10^6-10^9	10^3-10^6
	<i>Shigella</i>	10^3-10^6	10^0-10^3
Protozoário	<i>Salmonela</i>	10^3-10^7	10^2-10^4
	<i>Cryptosporidium parvum</i> (oocistos)	10^4-10^6	10^1-10^3
	<i>Entamoeba histolytica</i> (cistos)	10^4-10^8	10^1-10^5
	<i>Giardia lamblia</i> (cistos)	10^4-10^8	10^1-10^4
Vírus	<i>Ascaris lumbricoides</i>	10^1-10^7	10^2-10^3
	Vírus entérico	10^6-10^6	10^3-10^4
	Colifagos	10^6-10^7	10^3-10^4

Fonte: Sperling (2005); Nuvolari (2003),

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), grande parte de todas as doenças que se alastram nos países em desenvolvimento são provenientes da água de má qualidade.

2.6.4 Qualidade da água

As classes e as diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos hídricos superficiais foram definidas pela legislação ambiental, qual seja a Resolução CONAMA 357/2005, que estabeleceu também os padrões de qualidade da água e as condições e padrões de lançamento de efluentes.

A água de reuso além de conter nutrientes e matéria orgânica, melhora as características químicas, físicas e biológicas do solo tendo potencial, ainda, para melhorar a produtividade das culturas (Cooke et al., 2001; Factor et al., 2008); entretanto, as perdas por percolação de nutrientes liberados pelos resíduos, podem contaminar os mananciais subterrâneos ou serem carregados em superfície para rios e lagos, degradando a qualidade dos ecossistemas aquáticos (Queiroz et al., 2004; Aguiar et al., 2006)

A *Salmonella* é o principal agente de doenças de origem alimentar em várias partes do mundo (WHO, 2006) e, também, no Brasil. Segundo Silva et al. (2010), a *Salmonella* é uma bactéria de ampla ocorrência em animais e, no ambiente, as principais fontes são a água, o solo, as fezes de animais, os insetos e outros. A doença geralmente é contraída por meio do consumo de alimentos contaminados de origem animal, principalmente as carnes bovinas e de aves, os ovos e o leite, mas, também, por vegetais contaminados com esterco que podem acarretar na transmissão.

2.6.5 Qualidade do solo

O nível de fertilidade de um solo é avaliado por um conjunto de propriedades químicas: pH (acidez ativa), matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio + hidrogênio (acidez potencial), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases; e outros, ainda, de acordo com Reichardt & Timm (2004). Fiori et al. (2007) ressaltaram que o reúso da água tem ótimos resultados nas condições estruturais do solo diminuindo a compactação e, em contrapartida, aumentando sua

capacidade de aeração, já Baumgartner et al. (2007) confirmam alterações químicas no solo, porém proporcionais às características das águas utilizadas.

2.6.6 Tratamento de água residuária por disposição no solo

A reutilização ou reuso de água não é um conceito novo, há muitos anos essa prática já vem sendo usada em vários lugares do mundo. No entanto, a dependência por água em todo o mundo, inclusive nas regiões Áridas e semiáridas, tem feito do reuso planejado da água um tema atual e de grande importância. , o reuso vem sendo difundido de forma crescente no Brasil, impulsionado pelos reflexos financeiros associados aos instrumentos trazidos pela Lei 9.433 de 1997, que visam a implementação da política nacional de recursos hídricos: outorga e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos (Rodrigues, 2005).

O crescimento da população e o consequente aumento das atividades industriais têm contribuído para agravar os problemas ambientais, principalmente aqueles relacionados com a preservação do solo e das águas superficiais; prejudicando a qualidade de vida da população que esta diretamente relacionada a disponibilidade e a qualidade de vida da população que está diretamente, relacionada á disponibilidade e qualidade da água (Lopes Tiburtius & Peralta Zamora, 2004).

Embora, ainda, não exista nenhuma legislação relativa ao reuso, e nenhuma menção tenha sido feita sobre o tema na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9433/1997), em 1992, quando da Conferência Interparlamentar sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente, houve a recomendação de institucionalizar a reciclagem e reuso sempre que possível, e promover o tratamento e a disposição de esgotos de maneira a não poluir o meio ambiente (Hespanhol, 2002).

Procurando adequar-se a uma nova política, a sociedade vem buscando tecnologias de menor custo que minimizem os efeitos negativos de suas atividades impactantes, buscando o comprometimento com a qualidade do ambiente. Dentre as tecnologias disponíveis para o tratamento de água residuária de origem doméstica, ou destino final dos efluentes líquidos, destaca-se o método de disposição de água no solo, cuja técnica utilizada em grande escala pelo mundo, inclusive no Brasil, especialmente para fins agrícolas nas regiões áridas e semiáridas, como identifica a Resolução nº 420/2009 do CONAMA (WHO, 2006).

2.6.7. Tipos de Tratamento

Os tipos de tratamentos de um efluente são divididos em quatro fases. Porém, a necessidade de utilizá-los depende do tipo de destinação. Segundo Chernicharo et al. (2006), as principais tecnologias de tratamento de esgotos domésticos são as seguintes:

- ✓ **Tratamento Preliminar** - Por meio de processos físico-químicos, a remoção dos flutuantes é feita através da utilização de grades e de crivos grossos; e a separação da água residuária das areias, a partir da utilização de destinadores, nesta fase procede-se ao pré-arejamento, equalização da vazão, neutralização da carga do efluente a partir de um tanque de equalização e, seguidamente, procede-se à separação de partículas líquidas ou sólidas por processos de floculação e sedimentação, utilizando um sedimentador. Os lodos resultantes deste tratamento estão sujeitas a um processo de digestão anaeróbico num digestor anaeróbico ou tanque séptico.
- ✓ **Tratamento Secundário** - Por processos biológicos seguidos de processos físico-químicos. No processo biológico podem ser utilizados dois tipos de tratamento:
 - ✓ **Aeróbicos**: Dependendo da característica do efluente, tanque de lodos ativados (o ar é insuflado com arejador de superfície), lagoas arejadas com macrófitos, leitos percoladores ou biodiscos.
 - ✓ **Anaeróbico**: Podem ser utilizadas as lagoas ou digestores anaeróbicos, o processo físico-químico é constituído por um ou mais sedimentadores secundários. Nesta etapa é feita a sedimentação dos flocos biológicos, saindo o líquido, depois deste tratamento, isento de sólidos ou flocos biológicos. Os lodos resultantes deste tratamento são destinados em leitos de secagem, sacos filtrantes ou filtros de prensa.
- ✓ **Tratamento terciário** - Constituído unicamente por processos físico-químicos. Nesta fase procedem à remoção de microrganismos patogênicos por meio de utilização de lagoas de maturação e nitrificação. Finalmente, a água resultante é sujeita a desinfecção através da adsorção (com a

utilização de carvão ativado), e, se necessário, tratamento com cloro a ozônio.

- ✓ **Secundário/terciário** - Visa à remoção de sólidos orgânicos e inorgânicos dissolvidos e microrganismos. O tempo de retenção hidráulica é da ordem de dias. A disposição de águas residuária no solo pode ser feita por infiltração-percolação, escoamento superficial, fertirrigação e sistema alagado construído.

2.6.8 Sistemas de Tratamento

As alternativas para o tratamento de esgotos domésticos são descritas em duas abordagens: centralizadas e descentralizadas (Moussavi et al., 2010).

Os sistemas centralizados possui uma complexa rede de coleta, atendendo a cada condomínio ou edificação, o que, são caros, em termos de construção e operação, representa a maior parte do investimento.

Os sistemas individuais ou descentralizados adotam atendimento unifamiliar ou de pequenas comunidades, caracterizam-se pela destinação dos esgotos domésticos gerados na unidade, usualmente mantidos em tanque séptico (seguido ou não de dispositivo complementar de tratamento) e posterior lançamento no meio ambiente. Em geral, usa-se infiltração no solo em seu processo de disposição final.

O descentralizado trata da coleta e tratamento de esgotos domésticos próximos ao local de geração, permitindo desta forma sua reutilização (Van Voorthuizen et al., 2005). A descentralização está sendo cada vez mais reconhecida como um modelo potencialmente adequado para contribuir para a redução do número de pessoas sem acesso ao esgotamento sanitário, bem como possibilitando a reutilização (Libralato et al., 2012), esse modelo tem se tornado uma opção sustentável para o tratamento de esgotos domésticos, não só no Brasil, mas também em países Europeus, principalmente por ser uma alternativa de acessibilidade em locais distantes da rede de esgoto centralizada; possibilidade de geração de bioenergia, por meio da transformação do material orgânico; Possibilidade de reutilização do efluente, rico em nutrientes, em práticas agrícolas; e, reaproveitamento da água (Roeleveld & Zeeman, 2006; Moelants et. al., 2011).

A tecnologia anaeróbia é utilizada em sistemas de tratamento unifamiliares devido à simplicidade do processo, baixos custos operacionais, baixa demanda de área para

implantação e a independência de energia elétrica. Além disso, a produção de lodo de excesso é relativamente menor comparado com sistemas aeróbios (Al-Jamal & Mahmoud, 2009; Luostarinen & Ritala, 2005) e amplamente utilizada e aceita para o tratamento de esgotos domésticos (Latif et al., 2011).

2.5.8 Tanque séptico

Constitui-se como uma tecnologia de tratamento de esgotos doméstico, compacta e de baixo custo de construção e operação, seu principal objetivo é reter por decantação os sólidos contidos nos esgotos, propiciar a decomposição dos sólidos orgânicos decantados e acumular temporariamente os resíduos (lodo), com volume reduzido pela digestão anaeróbia, até que sejam removidos em períodos de meses ou anos, a remoção da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) ou demanda química de oxigênio (DQO) situa-se entre 40 e 70% e, com relação à remoção de sólidos suspensos, a eficiência está em torno de 50 a 80% (Hartmann et al., 2009).

2.6.10 Reaproveitamento da água residuária doméstica na irrigação

A agricultura irrigada é a maior consumidora de água entre os diversos usos desse recurso natural, representando 70% do uso consultivo total, com forte tendência para chegar a 80% até o final da década (Hespanhol, 2008).

3. O REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS E A PERCEPÇÃO DAS COMUNIDADES RURAIS SOBRE OS ASPECTOS SOCIOECONOMICO E AMBIENTAL

O reuso de água, feito de forma planejada se constitui uma valiosa forma de aumentar os benefícios socio- econômicos e ambientais, na zona rural. Os autores Hurlimann, (2008), Dolnicar & Schäfer (2009) afirmam que a percepção social sobre o reúso de água está relacionada a diversos componentes e pode ter um caráter positivo ou negativo sobre esta prática. Entre os mais relevantes destacam-se: o risco à saúde pública; os impactos positivos ou negativos ao meio ambiente; os custos e benefícios econômicos positivos ou negativos; confiança nas autoridades sanitárias; e fatores culturais ou emocionais e que a implantação de políticas de reuso está, diretamente,

ligada à percepção social sobre essa prática. O reúso de água pode trazer benefícios econômicos, sociais e ambientais para as comunidades rurais, sendo uma alternativa sustentável para aumento da oferta de água, contribuindo, também, com uma gestão mais racional da demanda.

As pesquisas do IBGE (2011), sobre os municípios, informa que a presença de esgoto a céu aberto prejudica comunidades em 1.031 municípios Brasileiros (41%). No nordeste, o Estado com mais município com pelo menos um impacto foi o estado de Pernambuco, com 82% de esgoto a céu aberto (IBGE, 2011).

O controle sanitário das águas reaproveitadas para irrigação é de grande importância para as condições de vida e qualidade ambiental, em destaque para os recursos naturais, solo e água, utilizados na produção agrícola que devem apresentar níveis satisfatórios de sustentabilidade, para em seguida serem utilizados nas culturas (Lopes et al., 2012).

De acordo com Hespanhol (2003), os sistemas de reúso de água para fins agrícolas, adequadamente planejados e administrados, proporcionam melhorias ambientais e de condições de saúde, dentre as quais: minimização das descargas de esgotos em corpos hídricos; preservação dos recursos subterrâneos; conservação do solo pela acumulação de húmus, aumentando a resistência à erosão; contribui, principalmente, em áreas carentes para o aumento da produção de alimentos, elevando, assim, os níveis de saúde, a qualidade de vida e as condições sociais de populações associadas aos esquemas de reúso.

4. QUALIDADE DA FORRAGEM

A pouca pluviosidade nas regiões áridas e semiáridas mostra a necessidade de buscar alternativas de utilização dos efluentes para suprir a carência hídrica da região, valorizando a subsistência do homem do campo, na produção de vários fins agricultáveis, inclusive na produção de forrageiras para a alimentação animal, um dos agravantes problemas no período de estiagem no semiárido do Nordeste Brasileiro, quanto à pecuária. Aliada a isso, o reaproveitamento de água de reúso, desde que sigam as recomendações da OMS e de algumas resoluções do CONAMA de nº 54 e 357 ambas de 2005.

As plantas forrageiras apresentam características ideais para a irrigação com águas residuárias. Portanto, a utilização dessas águas pode trazer bastantes vantagens para o cultivo do capim elefante, o qual é muito comum nas zonas rurais e na periferia das

idades, servindo de suporte na alimentação do rebanho, durante todo o ano e principalmente nos períodos secos, reduzindo os custos para os agricultores e os impactos ao ambiente.

As pastagens e forragens cortadas representam as formas mais econômicas de alimentação do gado leiteiro, podendo contribuir com até 100% na dieta do rebanho. Nesse sentido, capim elefante apresenta características como alta produção de biomassa, boa adaptação aos diversos tipos de solos e boa aceitação pelos animais. Além disso, deve-se considerar, ainda, o uso do capim-elefante na forma de forragem conservada, como alternativa para alimentação animal na época seca do ano. (Côser et al., 2000).

Porém, o desenvolvimento do animal, dependerá do valor nutritivo da forragem. Segundo Gomide (1990), quando a forragem verde é a única ou a principal fonte de alimento, ela deve ser de alto valor nutritivo, propiciando ao animal o consumo de quantidades de energia e proteína que possibilite o desempenho desejado, tanto para o ganho de peso, quanto para a produção de leite. O capim elefante vem se destacando com alta produção forrageiras mais utilizadas nos sistemas intensivos de produção animal a pasto (Mota et al., 2011), e pelo equilíbrio nutritivo. (Queiroz Filho et al., 2000), onde o interesse por essa gramínea teve um crescimento expressivo nos últimos 20 anos, quando se constatou a possibilidade de aumento da produtividade e redução da área explorada (Mota, 2008), além do seu potencial produtivo e da sua qualidade quando devidamente adubado e manejado (Coser & Pereira, 2001).

O capim elefante cresce com rapidez, boa produtividade, alta eficiência fotossintética, ou seja, entre aquelas plantas com maior eficiência no aproveitamento da luz. Isto resulta numa grande capacidade de acumulação de matéria seca. Além de características qualitativas, como por exemplo, um percentual de fibra elevado semelhante à cana-de-açúcar (Quesada et al., 2004) e por menor que seja a área irrigada (se bem adubada), certamente será uma grande ajuda em épocas críticas da estiagem. Em geral, adapta-se bem a vários tipos de solo com umidade suficiente, mas com pouca tolerância aos solos mal drenados.

O avanço nas técnicas de tratamento dos resíduos líquido aliado à necessidade cada vez maior de produção de pastagens e biomassa vegetal proporciona, atualmente, uma garantia da atividade agrícola e geração de renda para os pequenos agricultores (FUNASA, 2007).

Forrageiras, como o capim elefante, tornam-se bastante úteis também do ponto de vista ambiental, devido a sua capacidade de retirar do solo grande quantidade de macro

e micronutrientes, diminuindo o carreamento por meio de escoamento superficial e lixiviação para as águas subterrâneas (Silva, 2008).

A prática de aplicação superficial de efluente tratado no solo para produção de capim elefante é demonstrada por alguns autores (Marques et al., 2004; Matos et al., 2010) Metcalf & Eddy, (1991). Salientam que essa cultura apresenta características ideais para a irrigação com águas residuárias, sendo ainda recomendada para o uso de efluentes com tratamento primário na sua irrigação.

5. MATERIAL E METODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho foi conduzido na unidade experimental de reúso da água de área comunitária de uso agrícola, pertencente ao Projeto de Assentamento Milagre, no município de Apodi/RN, situado a 100 km de Mossoró-RN, sob as coordenadas geográficas 5°35'22" de latitude sul e 37°54'09" de longitude oeste (Figura 1).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo BSw'h', caracterizado por ser muito quente, seco e salubre, tendo predominância do clima semiárido, inserido no bioma caatinga. A temperatura máxima é de 37° C e mínima de 21° C, com períodos chuvosos variando de janeiro a julho e seco de julho a dezembro. Os meses em que ocorrem as maiores precipitações são março a abril. Com média anual oscilando em torno de 600 e 700 mm. Já a insolação média da região, é de aproximadamente 3041 horas ano, com evaporação média de 2190 mm ano.

O tratamento do esgoto no referido projeto de assentamento é uma iniciativa de um projeto de Pesquisa executado pela UFERSA e financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, por meio do edital MCT/CNPq/CT – AGRONEGÓCIO/CTHIDRO – Nº 27/2008 sob o título “Tratamento e viabilidade do uso de águas residuária domésticas em assentamento rural e suas implicações na irrigação de frutas, hortaliças e forragens”, em que opera uma estação de tratamento de esgoto doméstico de baixo custo, voltada para prover o Assentamento, o qual possui um modelo de agrovila, numa perspectiva de reutilização do efluente tratado.

Figura 1. Foto aérea da área de experimento do Projeto de Assentamento Milagre.



Fonte: Google Earth (2013).

O Assentamento Milagre é composto por 30 famílias, das quais 26 são assentadas formalmente, tendo quatro famílias agregadas, apresentando uma área média por família dividida por lotes de aproximadamente 19,6 ha e, ainda de 50 ha de área desmatada e cerca de 59,07 ha de área coletiva. Dispõe de rede coletora e interceptora de esgoto, além de uma estação para tratamento preliminar e primário do esgoto doméstico bruto. O solo foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO AMARELO (EMBRAPA, 2009).

Segundo Nunes (2006), os Argissolo vermelho-amarelo são solos que apresentam horizonte B Textural (Bt) caracterizado por acumulação de argila com profundidade mediana e classificado de forte e moderadamente drenado. Suas cores variam de acordo com a textura, sendo abaixo do horizonte A ou E, cores claras e baixo teor de matéria orgânica; apresenta-se em tons claros seu pH oscila de 5 a 6,5. Este solo apresenta relativa suscetibilidade aos processos erosivos em virtude da descontinuidade textural e estrutural, ao longo do perfil.

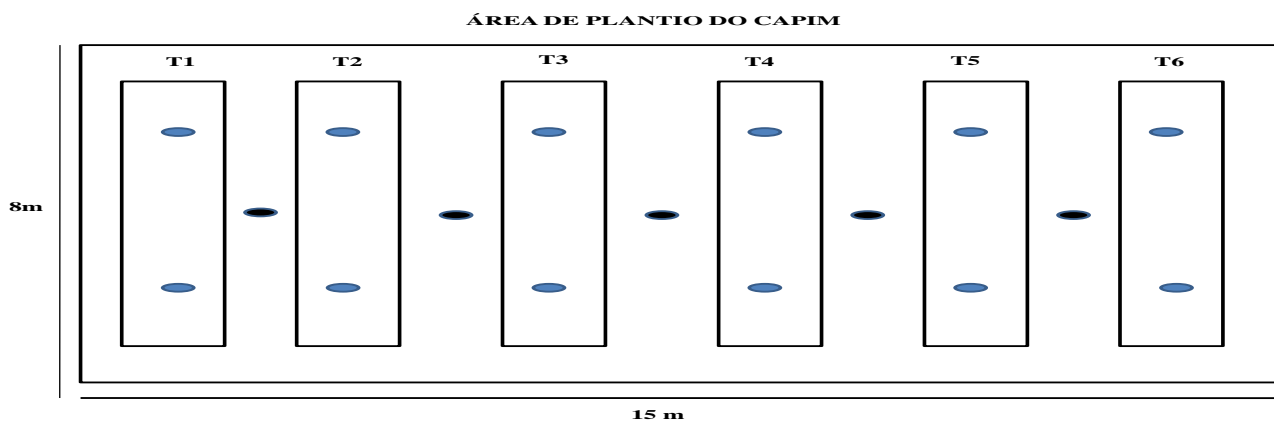
Figura 2. Argissolo Vermelho Amarelo.



Fonte: Arquivo do pesquisador (2013).

Todo o processo da pesquisa para implantação do sistema de esgotamento sanitário ocorreu em parceria com os próprios agricultores beneficiados, oportunizando a valorização da benfeitoria e o domínio da tecnologia implantada. A área experimental ocupará duas áreas de 150 m², situadas no Argissolo Vermelho Amarelo para compor as avaliações escolheu-se uma área de mata nativa (AR), ausente do lançamento de efluente, servindo de área de referência; e uma área cultivada com capim elefante irrigada por sulcos (CI) com efluente doméstico tratado no tamanho de 8x15m. Na Figura 3 está apresentada a área cultivada com capim elefante e irrigada por sulcos.

Figura 3. Croqui da área cultivada com capim elefante irrigada por sulcos (CI) com efluente doméstico tratado



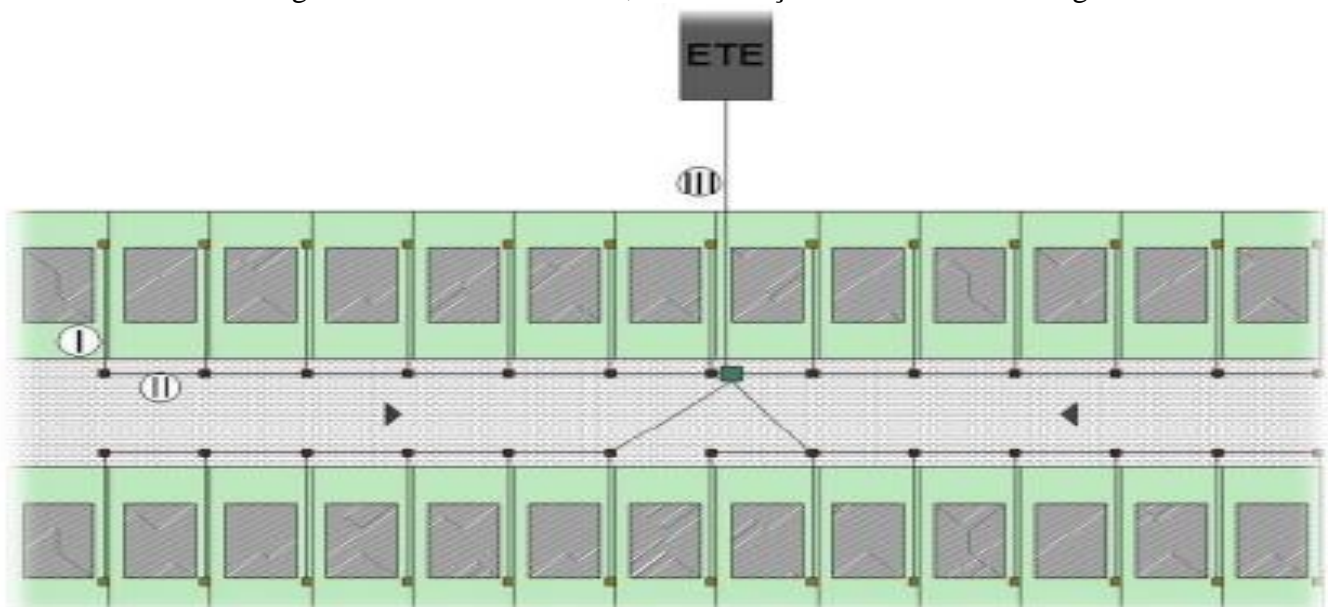
Fonte: Arquivo do pesquisador (2013).

5.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE)

A estação de tratamento (Figura 4) foi construída em uma distância que garante o despejo do esgoto oriundo do ramal coletor de esgoto, sem perigo de entupimento e que, também, garantisse uma distância segura das casas, prevenindo maus odores ou quaisquer inconvenientes para as famílias por consequência do processo de construção e, posterior, aproveitamento do esgoto. O tipo de sistema de saneamento adotado foi condominial separador absoluto, que compreende um sistema distinto para captação de efluentes domésticos. O sistema é constituído de:

- ✓ ramal predial - que são os tubos que transportam os esgotos das casas até a rede pública de coleta;
- ✓ coletor de esgotos - que recebe os esgotos das casas e outras edificações, transportando-os aos coletores tronco, que são tubulações da rede coletora que recebem apenas contribuição de esgoto de outros coletores;
- ✓ órgãos complementares - que são as caixas de gordura, as caixas de inspeção ou poços de visita e finalmente a estação de tratamento de esgotos (ETE) com sua obra de lançamento final, que no caso, é o reaproveitamento na irrigação de culturas.

Figura 4. Croqui das partes constituintes do sistema de saneamento. I: Ramal Predial, II: Coletor de esgotos e III: Coletor tronco, ETE: Estação de tratamento de esgotos.



Fonte: Queiroz (2009).

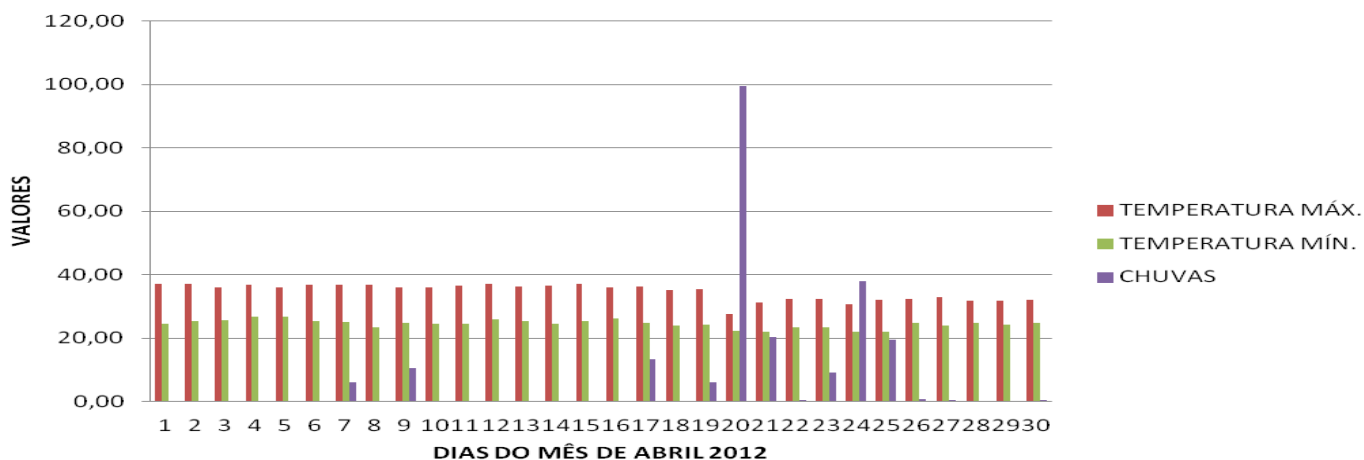
5.3 AMOSTRAGEM

As amostras foram coletadas no período de Fevereiro a Abril e de Julho a Setembro de 2012, o efluente sendo coletado uma amostra na caixa de saída do reator da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), para cada período. Após a coleta, todas as amostras foram acondicionadas em recipiente apropriado, mantidas à baixa temperatura com gelo e em seguida, estas amostras foram encaminhadas para laboratórios específicos, com a finalidade de realizar análises físico-químicas e microbiológicas, para determinação, da condutividade elétrica (CE), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e os teores dos sais solúveis na água. A determinação do pH, temperatura e o oxigênio dissolvido (OD) foi realizada *in loco*. As amostras para determinação de coliformes totais e termotolerantes; *Salmonella* spp, foram coletadas em frascos de polietileno esterilizados, determinadas de acordo padrões descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Rice et al., 2012).

5.3.1 Análise microbiológica do solo e da água residuária

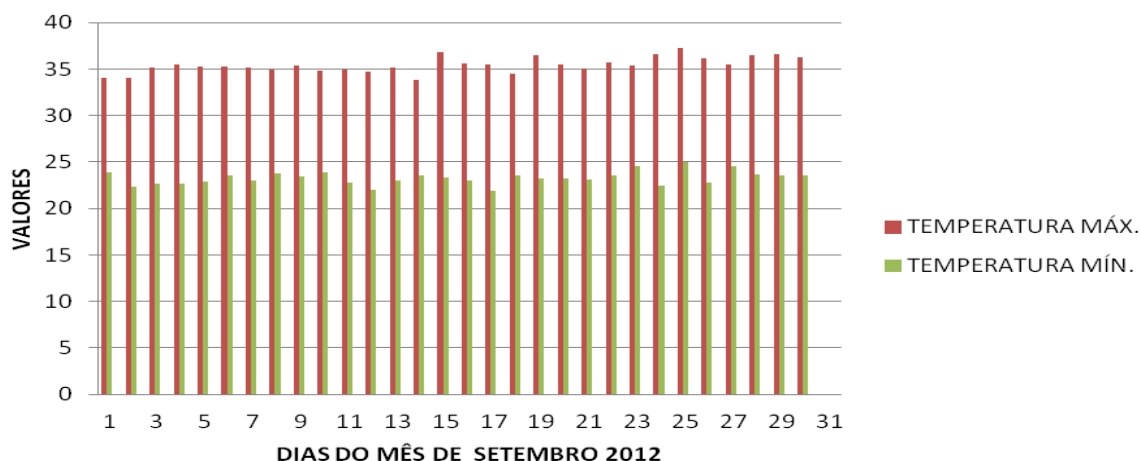
Para analisar a contaminação microbiológica no perfil do solo e do efluente, as amostras de efluente foram coletada na caixa de saída do reator da Estação de Tratamento de Esgoto, sendo estas coletadas em frascos estéreis e acondicionados em caixa térmicos a 4°C. Nos meses de abril e setembro de 2012, no período chuvoso e seco, respectivamente, com altas temperatura e pluviometria no mês de abril (Figuras 5 e 6) com trado holandês em uma área de 150 m². O solo coletado foi colocado em sacos plásticos estéreis. Estes foram feitos em 12 pontos aleatórios, nas linhas do plantio com profundidades de 0 - 0,40m, em cada duas coletas simples para formar seis amostras composta. Em seguida foram levadas ao Laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal (LIPOA) da UFERSA. Foram determinado o nível populacional de coliformes totais e termotolerante a (*Escherichia coli*) por grama de solo. As amostras foram analisadas pela técnica dos tubos múltiplos, ambos descritos em Macedo (2003), conforme a Instrução Normativa 62, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2003).

Figura 5. Valores de Temperaturas Max, Min, Precipitação pluviométrica em Abril de 2012 (Período chuvoso).



Fonte: EMPARN (2012).

Figura 6. Valores de Temperaturas Max, Min, Precipitação pluviométrica em Setembro de 2012 (Período seco).



Fonte: EMPARN (2012).

A análise de água consistia na retirada de uma alíquota de 10ml diluída em 90mL de solução salina. Em seguida, retirou-se 1ml dessa primeira diluição posteriormente inserido em um tubo de ensaio contendo 9mL da solução salina, repetindo esse último procedimento para o terceiro tubo. De cada diluição retirou-se 1,5mL, depositando 0,5mL em cada tubo de verde brilhante (meio de cultura seletivo para coliformes totais), totalizando três tubos de cada diluição. Em seguida, o material seguiu para o banho-maria a 36°C com variação $\pm 1^\circ\text{C}$, por 48h. Os tubos continham um tubo de Duran que captava todo o gás produzido pelas bactérias presentes na diluição. Caso não houvesse bactérias, não haveria gás no tubo, sendo este negativo para a presença de coliformes

totais, não passando para a próxima etapa. Os tubos positivo nesse primeiro meio, seriam inoculados em um segundo meio de cultura, o EC (seletivo para coliformes termotolerantes), sendo levados ao banho-maria a 45°C por 48h. Os tubos que apresentassem gás no tubo de Duran fossem positivos para *E. coli*.

Para o isolamento de *Salmonella* spp, utilizou-se a técnica de concentração por membrana filtrante, de 42 mm de porosidade por 142 mm de diâmetro. A membrana contendo o concentrado foi submetida à pré-enriquecimento em Água Peptonada Tamponada (APT), que foi incubada a 37° C/24 horas, seguida pelo enriquecimento em Caldo Rappaport-Vassiliadis (37°C/ 24 e 48 horas) e em Caldo Selenito-novobiocina, (42°C/24, 48, 120 horas). O isolamento foi feito em meios seletivos: Agar Xilosa Lisina Descarboxilase (XLD) e Ágar Verde Brilhante (VB). As colônias com crescimento típico de *Salmonella* (no XLD escolheram-se as colônias vermelhas com centro preto, e no VB as colônias avermelhadas) foram submetidas à identificação bioquímica (TSI, SIM, Uréia Citrato, Vermelho de Metila e Voges Proskauer -MV/VP, descarboxilação da lisina, e fenilalanina).

5.3.2 Análise físico-química do solo e da água residuária

As amostras coletadas para avaliação do solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de malha com abertura 2mm e acondicionadas em potes plásticos até o procedimento de análises. As coletas ocorreram em dois momentos: período durante as chuvas e período após as chuvas. Para cada período, foi coletadas 79 amostras simples de solo em uma parcela de 150 m² sob irrigação por sulcos, sendo 24 no camalhão de cultivo (fileira de planta) e 50 nos sulcos de irrigação (entre linhas), próximas aos locais das amostras coletadas no camalhão. A partir dessas amostras simples, foram preparadas amostras compostas de duas profundidades (0-20 cm, 20-40 cm) no camalhão de cultivo com capim e no sulco de irrigação (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm e 60-80 cm) (Figura 7A e Figura 7B).

Figura 7. Coleta de amostra de solos, utilizando o trado holandês.



Fonte: Arquivo do pesquisador (2013).

Na mata nativa adotou-se o procedimento de coleta aleatória, totalizando 20 amostras simples (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm e 60-80 cm). Para todas as amostras compostas, foram avaliados indicadores de qualidade físico-químicas (Figura 8).

Figura 8. Área de vegetal nativa



Fonte: Arquivo do pesquisador (2013).

No Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta (LASAP) da UFERSA foi determinados o pH em água, potencio metricamente na suspensão cuja proporção solo-líquido foi de 1:2,5 com tempo de reação de 30 minutos e agitação da suspensão antes da leitura (EMBRAPA, 2009). A Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) foi medida no extrato da pasta de saturação preparada, segundo método descrito por Richards (1954) e expressa em ($\mu\text{S cm}^{-1}$). as concentração de nitrogênio total pelo método de Tedesco (1995); cálcio e magnésio pelo método titulométrico, expressos em $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$. Foram determinados os teores de fósforo (P), sódio (Na) e potássio (K), extraídos com Mehlich-1 e determinado por colorimetria em presença do ácido ascórbico como catalisador e expresso em mg dm^{-3} (EMBRAPA, 2009); e cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn) por espectrofotometria de absorção atômica, expressas em mg L^{-1} . A matéria orgânica do solo (MO) foi determinada por meio da oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio, segundo método Walkley-Black descrito por Mendonça & Mota (2005) e expressa em (%).

Os atributos físicos foram análise granulométrica, determinadas a partir de proporções de areia grossa, areia fina, silte e argila pelo método da pipeta e expressas em kg kg^{-1} , empregando o dispersante químico hexametáfosfato de sódio; densidade de partículas (Dp) determinada pelo método do balão volumétrico, seguindo método descrito pela EMBRAPA (2009).

Os atributos utilizados foram mensurados em unidades de medidas diferentes, sendo necessária a padronização dos dados, visto que, tanto a AF quanto a AA são influenciadas pelas unidades de medidas dos atributos em questão. Após a padronização dos dados, foi estabelecida a matriz de correlação com o intuito de verificar o percentual de correlações significativas entre as variáveis e qual a relevância dessas correlações com as análises posteriores.

A AF foi realizada utilizando-se o método de extração por componentes principais. Além disso, o número de fatores a ser extraído foi estabelecido de forma a explicar acima de 70% da variância total dos dados. Com o intuito, também, de maximizar a variância dentro de cada fator, adotou-se o método de rotação Varimax e estabeleceu-se o valor de 0,65 para cargas fatoriais significativas. A partir das cargas fatoriais dos atributos químicos estudados, a AF calcula os valores (escores) para os diferentes tratamentos, permitindo assim a correlação destes escores e as cargas fatoriais com os fatores, facilitando, assim, a disposição e a interpretação dos pontos no plano fatorial.

A análise de agrupamento foi realizada com base nos atributos com maior poder de discriminação, visando agrupar as áreas e/ou camadas que mais se assemelham no comportamento de determinados atributos. Para representar os agrupamentos, foram construídos dendogramas utilizando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade e o método de Ward como algoritmo de agrupamento.

5.3.3 Análise do capim elefante irrigado com efluente tratado

Para proceder as análises foram efetuados cortes, a 5 cm da superfície do solo, com intervalo médio de 60 dias e encaminhadas para serem realizadas no Laboratório de Nutrição Animal pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Na determinação dos parâmetros da matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), utilizou-se a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002). As determinações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) foram utilizadas as metodologias descritas por Van Soest et al. (1991), com adaptação, empregando-se sacos de TNT (tecido não-tecido), com porosidade de 100 g/m².

O teor de matéria orgânica (MO) foi calculado da seguinte forma: $MO = 100 - MM$ (%MS). Os teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e detergente ácido (PIDA) do capim elefante foram estimados nos resíduos encontrados após as amostras serem submetidas à lavagem com detergente neutro e ácido, respectivamente, de acordo com Licitra et al., (1996). Na Figura 9 está representada uma ilustração do capim elefante irrigado com efluente doméstico.

Figura 9. Ilustração do capim elefante irrigado com efluente doméstico.



Fonte: Arquivo do pesquisador (2013).

5.3.4 Análise Estatística

Para os valores médios dos atributos químicos, do solo das diferentes profundidades das áreas de referencia da caatinga (PL, SUL e NAT) foram interpretadas mediante a utilização de análises multivariadas, a análise fatorial (AF) e análise de agrupamentos (AA).

A necessidade de análise multivariada surge toda vez que o pesquisador dispõe de vários atributos a serem analisados e necessita estudar simultaneamente suas relações para então tirar conclusões amplas a respeito de um determinado sistema de manejo. Sua grande vantagem é que essas técnicas apresentam uma abordagem mais holística do estudo em questão e que através da avaliação simultânea podem-se fornecer informações mais precisas a respeito das variáveis estudadas (Almeida Júnior, 2012). Além do mais, permite que se faça uma síntese da dimensão de análises com múltiplas respostas com objetivo de simplificar o seu entendimento, sua visualização e interpretação e ainda reter informações suficientes para uma adequada representação dos resultados (Santos, 2010).

6. RESULTADOS E DISCURSÕES

6.1 AVALIAÇÕES MICROBIOLÓGICAS DO SOLO E DA ÁGUA NOS PERIODOS CHUVOSOS E SECOS.

Observou-se grande variação na população de coliformes totais e termotolerantes, sendo ambos analisados na mesma profundidade no solo, de acordo com os pontos de coleta pré-determinados. Na Tabela 3 são apresentados os resultados da análise microbiológica feita para coliformes no solo e nas águas residuária no experimento para irrigação.

Tabela 3. Análise de coliformes totais e termotolerantes presentes na água residuária e no solo, para camada 0-40cm, em período chuvoso.

Pontos de coleta no solo	Coliformes Totais	Coliformes Termotolerantes
1	1100 NMP/g	9,2 NMP/g
2	150 NMP/g	3,6 NMP/g
3	240 NMP/g	4,3 NMP/g
4	23 NMP/g	<3,0 NMP/g
5	>1100 NMP/g	150 NMP/g
6	9,2 NMP/g	3,0 NMP/g
Água residuária tratada	>1100 NMP/mL	>1100 NMP/mL

Esses fatos podem ser atribuídos a baixa uniformidade de infiltração do efluente aplicado, pois o acúmulo de água na superfície do solo e o sombreamento provocado pelo capim, contribuiriam para a sobrevivência das bactérias. Um solo com baixa infiltração, como acontece com o argissolo, há maior acúmulo de efluente nas camadas superficiais, resultando em um maior nível populacional de bactérias (Sukias & Nguyen, 2003).

De acordo com a metodologia utilizada, não foi observada a presença da bactéria *Escherichia coli*, quando considerado uma população menor que 3,0 NMP g⁻¹ (Número Mais Provável g⁻¹), tendo em vista que os demais valores apresentaram resultados contrários. A Instrução Normativa 62 (MAPA, 2003) considera população menor que 3,0 NMP g⁻¹ como equivalente à ausência de *Escherichia coli*.

Em comparação com a população de coliformes presentes na água, o solo se mostrou como filtro, pois a redução ocasionada é de quase 100%, principalmente para coliformes termotolerantes, em que a população foi menor do que os coliformes totais. Corroborando com Oliveira & Urbinati (2013) que utilizaram efluente de suinocultura no cultivo de milho, onde constataram decaimento da população de coliformes presentes

na água após o lançamento no solo. conformidade com os limites estabelecidos Portaria nº 154 do Estado do Ceará (CEARÁ, 2002), assim sendo, o efluente atende as recomendações para reuso da água em culturas não consumidas cruas, onde o nível populacional de coliforme termotolerantes deve ser inferior a 5000 NMP 100 mL-1

Trabalho desenvolvido por Plachá et al., (2001), sobre sobrevivência de *Salmonella typhimurium* no solo mostrou que esta bactéria é afetada pela temperatura. Os autores relatam a sobrevivência dessa bactéria por 85 dias nas estações mais frias (outono/inverno) e por 26 dias no verão. No presente estudo, a alta temperatura e a baixa umidade do solo, justificada pela temperatura do solo e a estação seca da região, provavelmente favoreceu à eliminação de *Salmonella typhimurium*.

A sobrevivência de bactérias patogênicas no solo depende de fatores, como: umidade, pH, radiação solar, temperatura, concentração de matéria orgânica e predação por outros microrganismos (Chernicharo, 1997). Segundo Leon Suematsu e Cavallini (1999), os microrganismos podem sobreviver por períodos mais longos no solo do que nas superfícies das culturas, pela maior exposição aos raios solares. Segundo Beard (1940), a umidade interfere na sobrevivência de *Salmonella typhosa* no solo. A persistência da bactéria nos solos arenosos com baixa capacidade de retenção de água foi de quatro a sete dias, durante o período seco, porém a sobrevivência da bactéria nos solos argilosos com alta capacidade de retenção de água foi superior a 42 dias. Em geral, a persistência da *Salmonella typhosa*, em todos os tipos de solos estudados, foi maior durante o período chuvoso. Como foi observada na Tabela 4.

Tabela 4. Análise de coliformes totais, termotolerantes e salmonellas spp, presentes na água tratada e no solo no período seco

Pontos de coleta	Coliformes Totais	Coliformes Termotolerantes	Salmonella sp.
1	75 NMP/g	>3,0 NMP/g	Ausência
2	460 NMP/g	3,6 NMP/g	Ausência
3	<3 NMP/g	4,2 NMP/g	Ausência
4	9,2 NMP/g	<3,0 NMP/g	Ausência
5	3,6 NMP/g	<3,0 NMP/g	Ausência
6	3,6 NMP/g	<3 NMP/g	Ausência
Água	>1100 NMP/mL	>1100 NMP/mL	Ausência

6.2 QUALIDADE DO EFLUENTE SECUNDÁRIO

Na Tabela 5 são informados os resultados da qualidade do efluente tratado durante o período experimental. Os valores médios de pH da água permaneceram na ordem de

7,2 o que para irrigação, segundo Ayers e Westcot (1999) é recomendado valores de pH que se encontrem entre 6,5 a 8,4. Esses valores encontram-se dentro da faixa especificada (pH entre 5 e 9) pela resolução CONAMA nº357 (BRASIL, 2005) que dispõe, entre outros, sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes

A relação entre os valores de DQO e DBO medem o nível de poluição do efluente e ambos variam de acordo com as características do esgoto à medida que passa pelas diversas etapas do tratamento. É importante salientar que o CONAMA aceita valores de DBO acima do limite estabelecido, desde que seja definido pelo órgão ambiental competente do município ou do estado.

Machado et al. (2005) investigando a qualidade das águas do Rio Paraibuna no trecho urbano de Juiz de Fora, MG, averiguaram concentração de 15,57 mg L⁻¹ para DBO no ponto mais crítico de seu estudo. As concentrações de DQO no efluente tratado foi de 14,49 mg L⁻¹, ambos atenderam ao limite máximo para lançamento direto de efluente em corpo hídrico receptor, conforme consta na Portaria nº 154/2002 do Estado do Ceará que estabelece no máximo 200 mg L⁻¹ (CEARÁ, 2002) e DBO abaixo de 120 mg L⁻¹ conforme o CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005a). Ressaltando que o DQO e DBO medem o nível de poluição do efluente.

A determinação da condutividade elétrica assume grande importância quando da utilização de águas residuária, podendo conter altas concentrações de sais. Para Ayers & Westcot (1999), a condutividade elétrica do efluente está, acima de 3,0 dS m⁻¹ é classificada como “severa restrição”, apresentando riscos para o solo e cultivo agrícola. No caso em questão, a água utilizada dispõe além dos sais nocivos ao desenvolvimento das plantas, como cloreto e sódio, elementos essenciais ao seu pleno desenvolvimento. Além disso, tem-se que considerar o nível de tolerância das culturas no momento de mensurar os riscos da irrigação, considerando a qualidade da água. Nesse contexto, destaca-se o capim elefante por ser considerada uma planta tolerante a salinidade.

Tabela 5. Valores médios das características físico-químicas e microbiológicas do efluente tratado, no período de Fevereiro a Setembro de 2012.

Características do efluente	Média
pH	7,20
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg L ⁻¹)	14,49
Demanda Química de Oxigênio (mg L ⁻¹)	84,19
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	3,27
Temperatura	31,30
Coliformes totais (NMP 100 mL ⁻¹)	>1100
Coliformes termotolerantes (NMP 100 mL ⁻¹)	>1100
<i>Salmonella spp</i>	0,00

Fósforo total (mg L ⁻¹)	1,02
Nitrogênio total (mg L ⁻¹)	35,0
Nitrato na forma de nitrogênio (mg L ⁻¹)	0,12
Potássio (mg L ⁻¹)	47,60
Ferro total (mg L ⁻¹)	0,42
Manganês total (mg L ⁻¹)	0,09
Zinco (mg L ⁻¹)	0,097
Cobre (mg L ⁻¹)	0,02
Sódio (mmolc L ⁻¹)	6,76
Cálcio (mmolc L ⁻¹)	0,96
Magnésio (mmolc L ⁻¹)	0,87
Cloreto (mmolc L ⁻¹)	2,10

A temperatura é uma característica importante no estudo da análise de viabilidade para o reuso de efluentes domésticos na irrigação. Sua elevação reduz a concentração de oxigênio dissolvido (OD) na água, interferindo nas reações bioquímicas e nas atividades dos microorganismos que promovem a degradação da matéria orgânica desses despejos.

A temperatura das águas residuária é frequentemente maior do que a temperatura em água de abastecimento pública, em virtude de águas lançadas com temperatura mais elevada utilizadas em atividades domésticas. Em geral, a temperatura em países de clima quente, variam entre 30 a 35 °C. Segundo Metcalf & Eddy (2003), a faixa de temperatura considerada ideal, para as atividades microbianas no tratamento de esgoto, varia de 25 a 35 °C. Temperaturas acima de 50 °C, para o processo de digestão aeróbica e nitrificação, e abaixo de 15°C comprometem as bactérias que produzem metano, impossibilitando o tratamento anaeróbico. No estudo em apreço, o maior valor de temperatura média foi de 31,3 °C, medida para a água residuária da ETE.

Observou-se, pelos resultados das amostras analisadas, que o número de coliformes fecais estava acima do limite máximo permitido pela legislação (Brasil, 2005). Assim como, os valores de coliformes totais (> 1100) obtidos, evidenciando-se grande presença desses grupos de bactérias. De acordo com os valores detectados para este parâmetro, a qualidade da água residuária analisada, não apresentava disponibilidade para fins de irrigação agrícola, sendo classificada como imprópria para utilização em irrigação de hortaliças que são consumidas cruas, o que diverge de Ceará (2002).

Segundo CETESB (2009), o fósforo aparece em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários, a matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala. De acordo com a legislação (CONAMA, 2005), o valor padrão estabelecido encontra-se entre 0,020 e 0,025 mg L⁻¹. A amostra analisada apresenta 1.02 mg L⁻¹ de fósforo, valor elevado e não recomendado. Desta maneira, o descarte desta água residuária diretamente em corpos hídricos, poderia

provocar eutrofização. No entanto, o aproveitamento desta água para fins de irrigação é plenamente viável, pois o fósforo é um importante macronutriente para as plantas.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005) o limite máximo de cloreto na água para irrigação é de 250,000 mmol/L, porém foi identificada uma quantidade de 2, 10 mmolc L⁻¹ na amostra coletada. Assim, por não ser retido ou adsorvido pelas partículas do solo, este elemento desloca-se facilmente com a água, sendo absorvido pelas raízes e transportado às folhas, onde se acumula pela transpiração. Se a concentração excede a tolerância da planta, produzem-se danos com sintomas característicos, como a necrose e queimaduras que têm início no ápice das folhas. Esse fato não foi detectado na pesquisa em apreço.

O Sódio representa toxicidade (Brites, 2008), com presença de teores acima de 3,0 mmolc L⁻¹ no solo. A amostragem apresentou teor médio de 6,76 mmolc L⁻¹, caracterizando riscos de toxicidade da planta por sódio quando do uso da água na irrigação, podendo ocorrer queimaduras nas plantas, ao longo das bordas das folhas. O que não foi verificado no presente estudo. Provavelmente por se tratar de uma espécie tolerante à salinidade.

O nitrogênio tem grande mobilidade no perfil do solo. Podendo lixiviar para as camadas inferiores e contaminar as águas subterrâneas, porém, boa parte dos nutrientes no solo adicionado pela irrigação é removido pelo capim elefante diminuindo a quantidade desse elemento no solo.

A concentração média no efluente foi de 0,12 mg L⁻¹ ressaltar-se que as concentrações de nitrato no efluente não ultrapassam o limite de 10 mg L⁻¹ apresentado por Feigin et al. (1991) para disposição de águas residuária no solo como fertirrigação.

As concentrações de potássio, ferro, manganês, zinco, cobre, cálcio e magnésio, apresentam contribuições consideráveis desses elementos que são importantes na fertirrigação de cultivos agrícolas.

O teor encontrado para o potássio no efluente foi de 47,60 mg L⁻¹. Entretanto, Santos et al. (2006) relatam uma concentração média de potássio de 12,2 mg L⁻¹ quando da utilização de esgoto doméstico terciário. O valor médio de 0,42 mg L⁻¹ do ferro total presente no efluente encontra-se dentro da faixa de 0,2 a 1,5 mg L⁻¹, no qual Brasil (2011), relata que esse valor médio atende aos padrões de lançamento de água residuária tratada em corpo hídrico, onde o limite máximo é de 15,0 mg L⁻¹.

A concentração média de manganês no efluente foi 0,09 mg L⁻¹, que foi inferior ao limite de 1,0 mg L⁻¹ estabelecido para o lançamento de águas residuária em corpo

hídrico receptor (CONAMA 375 ,BRASIL). Além disso, a concentração média de manganês no efluente foi menor que $0,20 \text{ mg L}^{-1}$, não representando riscos de toxicidade para cultivos agrícolas obtidos em solos ácidos, como estabelecido por Ayers & Westcot (1999).

Analisando o zinco, notou-se que a concentração no efluente foi de $0,097 \text{ mg L}^{-1}$, não representando toxicidade para as plantas em solos com pH superior a 6,0 e de textura fina como relatado por Ayers & Westcot (1999). De acordo com Brasil (2011), o valor médio de zinco é inferior ao limite de $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ estabelecido para lançamento de água residuária tratada.

O cobre presente no efluente apresentou concentração de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$, o valor médio do cobre no efluente foi inferior ao limite de $0,20 \text{ mg L}^{-1}$, não sendo tóxico para plantas em soluções nutritivas conforme estabelecida por Ayers & Westcot (1999). Segundo Brasil (2011), o valor médio de cobre é inferior ao limite de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ estabelecido para lançamento de água residuária tratada.

O valor médio do cálcio no efluente foi maior que $0,37 \text{ mmolc L}^{-1}$ obtido por Batista et al. (2006) em experimento com esgoto doméstico terciário e utilizada para irrigada para irrigação de canteiro.

6.3 AVALIAÇÕES DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

Os dados referentes à distribuição do tamanho das partículas minerais do solo, bem como a classificação textural nas diferentes profundidades para os diferentes tratamentos, podendo estar representados na Tabela 6. No Plantio, verificou-se que entre as profundidades não houve diferença na classificação textural, sendo ambas classificadas como Franco-argilo-arenosa, apesar de ter ocorrido diferença na distribuição das partículas, na qual se observou que os teores de areia e silte diminuíram em profundidade, em detrimento ao aumento no teor de argila.

Para o tratamento da área de referencia, as profundidades de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m, apresentaram classificação textural Franco-argilo-arenosa, apresentando a mesma tendência de diminuição das frações areia e silte e aumento da argila. De 0,20-0,40 m a 0,60-0,80 m, a classificação é Argilosa, na qual, em comparação às duas profundidades mais superficiais, notou-se aumento de quase o dobro na fração argila.

Para o Sulco do plantio, houve a mesma tendência do tratamento de referência, apresentando nas camadas superficiais (0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m) classificação textural Franco-argilo-arenosa e para as demais profundidades classificação Argilosa.

Para a densidade das partículas (Tabela 6), não houve grande amplitude entre as profundidades, bem como, entre os tratamentos, sendo justificada em função da elevada estabilidade que este atributo apresenta, isto é, não se modifica com o manejo adotado. Os valores variaram entre 2,28 a 2,44 kg dm⁻³.

Tabela 6. Distribuição do tamanho das partículas, classificação textural e densidade do solo.

Profundidade	Areia			Silte	Argila	Classificação textural (SBCS)	Densidade das partículas
	Grossa	Fina	Total				
M	g kg ⁻¹						— kg dm ⁻³ —
PLANTIO							
0,00-0,20	434	241	675	42	283	Franco-argilo-arenosa	2,30
0,20-0,40	363	203	566	28	406	Franco-argilo-arenosa	2,30
REFERÊNCIA							
0,00-0,10	412	263	675	64	261	Franco-argilo-arenosa	2,34
0,10-0,20	409	244	653	56	291	Franco-argilo-arenosa	2,32
0,20-0,40	287	150	437	38	525	Argilosa	2,40
0,40-0,60	283	138	421	42	537	Argilosa	2,43
0,60-0,80	283	149	432	54	514	Argilosa	2,44
SULCO DO PLANTIO							
0,00-0,10	405	203	608	58	334	Franco-argilo-arenosa	2,28
0,10-0,20	312	178	490	44	466	Franco-argilo-arenosa	2,31
0,20-0,40	283	151	434	37	529	Argilosa	2,30
0,40-0,60	275	148	423	40	537	Argilosa	2,38
0,60-0,80	292	159	451	36	513	Argilosa	2,33

6.4 AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NOS PERIODOS CHUVOSO E SECO.

6.4.1 Potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE)

Os dados referentes à caracterização química do solo constam na Tabela 8. O pH do solo é um dos fatores que mais influencia a disponibilidade de nutrientes às plantas; valores ótimos de pH variam entre 6,0 e 6,5, nesta faixa ocorre a disponibilidade máxima de macronutrientes, bem como limita-se a disponibilidade máxima dos

micronutrientes e se reduz a acidez do solo que é uma das principais limitações da produção agrícola (Malavolta, 2006).

Os valores de pH dos solos nas diferentes profundidades estudadas no período chuvoso encontram-se dentro das faixas de 6,00 a 6,77, o que não difere do período seco que foi de 6,00 a 6,81 proposta pela CFSEMG (1999), sendo classificados agronomicamente como bom e alto, respectivamente, nas (Tabela 7 e 8) . A Literatura apresenta relatos tanto de aumento quanto de redução dos valores de pH decorrente da aplicação de água residuárias de distintas naturezas no solo, tais alterações estão associadas a composição e a dose do efluente (Ferreira et al., 2003; Silva et al., 2004; Medeiros et al., 2005).

Os valores de condutividade elétrica do efluente nas profundidades avaliadas no período chuvoso não diferem do período seco, ambos variaram de $4,0 \text{ dSm}^{-1}$ a $5,0 \text{ dSm}^{-1}$ no plantio, de 2 dSm^{-1} a 4 dSm^{-1} , na mata nativa, e apresentaram valores de $1,0 \text{ dSm}^{-1}$ no sulco de irrigação, não havendo alteração para o período seco avaliado, conforme Tabela 7 e 8. Provavelmente, esses valores foram obtidos em decorrência da aplicação diária do efluente, com manutenção contínua de umidade no perfil do solo. Na ausência de lixiviação e drenagem, os sais se acumularam na superfície do solo, devido ao fluxo ascendente de umidade decorrente da evapotranspiração, criando os chamados solos salinos. Quanto ao aumento com relação à condutividade elétrica do extrato saturado do solo observou-se que os valores diminuíram ao longo do perfil, porém, nas profundidades do plantio ocorreram os maiores valores de condutividade elétrica, esse aumento de salinidade mais evidente na camada superficial do solo, observou em função dos seguintes fatores: evaporação na superfície do solo, levando ao acúmulo de sais; exposição do subsolo à contínua lixiviação e substituição dos sais na periferia da zona úmida, a qual normalmente tem apresentado aumento na concentração de sais (Ayers & Westcot, 1999). Esses resultados diferem dos obtidos por Fonseca (2001), que ao estudar as alterações nas características químicas do solo irrigado com esgoto doméstico tratado, constatou um incremento na condutividade elétrica do solo em razão da aplicação do efluente. Resultados diferentes também foram encontrados por Costa (2012), onde constatou-se maiores valores da condutividade elétrica nas camadas mais superficiais do solo.

6.4.2 Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Potássio (K)

A concentração de cálcio teve tendência de aumento em todas as profundidades, evidenciando, assim, a lixiviação desse elemento químico. Os teores de 2,08 a 3,41 e 2,75 a 3,90 mg dm⁻³ nas primeiras profundidades da área do Plantio e do Sulco, respectivamente, no período chuvoso, ambos permitem classificar o solo com boa fertilidade (2,41 a 4,0 cmolc dm⁻³), o mesmo ocorreu no período seco na área do Plantio e na área do Sulco, apresentando teores de 3,08mg dm⁻³ para 2,18 e 4,45 a 3,05mgdm⁻³, respectivamente que foram se diferenciando de >4,00 cmolc dm⁻³. Os resultados obtidos da área do Sulco que ficou > 4,00 cmolc dm⁻³ no período seco também foram semelhantes nas áreas Nativas nos dois períodos, o que classifica agronomicamente o solo das distintas profundidades como muito bom conforme as recomendações da CFSEMG (1999). Segundo Santos et al. (2006), ocorreram reduções nos teores de cálcio do solo irrigado com água residuária doméstica, ao longo do tempo, atribuindo o fato ao aumento da concentração de sódio no que deslocam o cálcio do complexo de troca. Enquanto, Ferreira et al. (2003) evidenciaram que a concentração de cálcio aumentou, devido á alta concentração deste nutriente no lodo de curtume e resíduo carbonífero. Mendonça e Rowell (1994) demonstraram que pequenas variações dos teores de cálcio no solo podem ocorrer em função da baixa concentração do cálcio na água residuária ou pela maior retenção de cálcio pela matéria orgânica. O acréscimo ou decréscimo deste elemento está diretamente relacionado à concentração na água residuária aplicada, à concentração absorvida pelas plantas e à lixiviação no perfil do solo (Medeiros et al., 2005) esses resultados, também, dar-se a origem da formação do solo da região classificado como um Cambissolo.

Verificou-se que os teores variando entre 2 a 3,57 mg dm⁻³ de magnésio nas profundidades analisadas, na área de plantio (Tabela 7 e 8). Estes teores encontram-se dentro da faixa recomendada para maioria dos cultivos agrícolas (superior a 1,50 cmolc dm⁻³), conforme as recomendações da CFSEMG (1999). Porém, observa-se uma redução dos teores em media de 50% em ambas as áreas no período seco.

Entre as áreas anteriores observa-se um aumento nos teores entre 4,2 a 7,1 e 3 a 5 cmolc dm⁻³, da área Nativa dos dois períodos, respectivamente, e uma redução desses teores para 5,88 a 3,30 Cmolc dm⁻³, entre si nas profundidades do solo de um período para o outro, (Tabela 7,8) esse aumento provavelmente seja originária da formação solo. De acordo com Ricci et al. (2010), os teores de magnésio foram influenciados

significativamente pela adição de lodo de esgoto no solo. No trabalho desenvolvido por Erthal (2010), as concentrações de magnésio no solo aumentaram com o tempo de aplicação quando da aplicação de água residuária da bovinocultura. Enquanto, Medeiros et al. (2005) evidenciaram incremento no teor de magnésio trocável, demonstrando que água residuária de origem doméstica pode ser uma alternativa de aporte de magnésio ao solo.

Com relação ao Potássio constatou-se a lixiviação em todas as profundidades e que a concentração de potássio na área do Sulco foi superior em relação as outras áreas, alegando ser uma área alagada com o efluente tratado. De acordo com CFSEMG (1999), os teores de potássio permitem classificar agronomicamente como um solo médio de 41 a 70 mg dm⁻³, exceto nas áreas do Plantio e da Nativa que apresentou teores entre 37,77 a 29,61 e 18 a 30,33 mg dm⁻³, respectivamente. O potássio é considerado um elemento relativamente móvel no solo, a lixiviação pode acarretar a contaminação das águas subterrâneas.

No entanto no período seco onde concentra maior demanda do efluente tratado, houve um aumento significativo nos teores de Potássio.

6.4.3 Sódio (Na)

Quanto ao sódio no solo, foram encontrados teores entre 16,52 e 54,42 mg dm⁻³ na área do Plantio, já na áreas do Sulco e da Nativa, houve valores menores, porém não ocorreu acúmulo progressivo, priorizando os problemas de sodificação ao longo do tempo com a disposição dos esgotos no solo. Pois tornou-se um solo franco arenoso nas primeiras profundidades e com isso sua alta permeabilidade e baixa capacidade de troca de cátions, permitindo lixiviação dos solos. Já no Período seco houve redução significativa nas profundidades da área do Sulco e da área da referencia dos teores de sódio.

6.4.4 Nitrogênio (N) e Matéria orgânica (MO)

Para o nitrogênio notou-se que este houve alterações significativas nas profundidades da área do plantio, provavelmente devido ao tempo de aplicação do efluente. Já para a profundidade do sulco, não evidenciou efeito significativo, exceto na profundidade 0 a

10cm, enquanto na área nativa teores constataram-se teores de nitrogênio semelhantes ao do plantio nas primeiras camadas superficiais do solo.

No período seco, houve redução do nitrogênio na área do plantio, em relação ao período chuvoso, contudo, houve um aumento de 50% dos teores desse elemento químico nas duas primeiras profundidades da área do Sulco, onde houve maior concentração do efluente.

Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Costa (2012), onde se constatou maiores valores de nitrogênio nas camadas de solo mais superficiais. Esse resultado difere do obtido por Medeiros et al., (2005), que constataram aumento na concentração do nitrogênio ao longo do perfil de um solo irrigado com esgoto doméstico, com exceção da profundidade 10cm, na qual houve redução desse nutriente, devido a extração pelo cafeeiro.

A matéria orgânica destacou-se mostrando que o cultivo com água residuária proporcionou aumento significativo nas primeiras camadas do perfil solo na área do plantio nas profundidades de 0 e 20cm e nas profundidades de 0 a 10 cm da área de referencia. As razões disso devem-se a diversos fatores, dentre eles ao manejo de plantio direto, o não revolvimento do solo, ao logo dos anos de cultivo, a umidade baixa, a temperatura alta, como também a elevada carga de matéria orgânica expressada pela DBO do esgoto lançado no solo por vários anos.

Paganini et al (2004) avaliando o sistema de tratamento de esgoto sanitário na disposição do solo e produção de gramíneas para alimentação animal, observou que, em 17 anos de operação do sistema, acumulou-se 13,1% de matéria orgânica na profundidade de 0 a 20cm do solo. Resultado muito acima do analisado neste estudo.

Os teores de matéria orgânica diminuíram em função do aumento da profundidade do solo em todos os sistemas adotados (plantio, sulco e nativa) em ambos os períodos, entretanto, em relação ao período seco e chuvoso, houve um aumento de 9,12 g kg⁻¹ para 11,91g kg⁻¹ nas duas primeiras profundidades da área do plantio, e de 8,59 g kg⁻¹ para 28,51 g kg⁻¹ da área do Sulco no período seco, onde houve mais lançamento do efluente. Possivelmente, esses resultados ocorram em função da camada mais superficial do solo ser a mais rica em matéria orgânica. Segundo Lima et al. (1994), a adição de resíduos orgânicos proporciona maior disponibilidade de matéria orgânica ao solo, promovendo aumento na mineralização da matéria orgânica e na capacidade de troca de cátions, contribuindo para a elevação da concentração de íons em solução e, conseqüentemente, aumento na condutividade elétrica do solo. No entanto, Baumgartner

et al. (2007) notaram elevação de 68% nos teores de matéria orgânica de um solo irrigado com água residuária de suinocultura tratado.

As águas residuária de origem doméstica atuam fornecendo acréscimos no teor de matéria orgânica e aplicações sucessivas destas águas tendem a aumentar cada vez mais o seu teor no solo o que proporciona excelentes resultados tanto nas características físicas como químicas dos solos.

Na área nativa houve perdas significativas no período chuvoso de 10,72 g kg⁻¹ a 9,79 g kg⁻¹ para 1,17 g kg⁻¹ a 0,48 g kg⁻¹ nas duas últimas profundidades em relação ao período seco; em matéria orgânica esse resultado seja possível a forte intensidade de chuvas causando a lixiviação da matéria orgânica.

6.4.5 Fósforo (P)

Os teores de fósforo nas profundidades reduziram com o aumento da profundidade do solo, devido a baixa mobilidade desse elemento químico tendo tendência de concentração na profundidade de 0 a 20 cm como ocorreu nas áreas do sulco e do plantio, devido ao acúmulo de água residuária, constatou-se, ainda, maiores teores de fósforo, devido ao maior aporte de fósforo fornecido pela água residuária. Nesse sentido, Pereira (2009) explica que os detergentes e produtos de limpeza incrementam fósforo na água residuária de origem doméstica. Segundo Raij (2004), estima-se que, para cada unidade de pH reduzida ocorre um aumento da concentração de fósforo, principalmente fosfatos de cálcio, na ordem de dez vezes na solução do solo. O que confirma os resultados da pesquisa, durante o período chuvoso e seco houve um aumento de 8,73 a 7,86 mg dm⁻³ para 18,04 a 17,62 mg dm⁻³ na área do plantio e de redução na área do sulco.

Tabela 7. Características químicas do solo com aplicação da água residuária no período chuvoso

Camada do perfil do solo (cm)	pH	CE dSm ⁻¹	N g/mL	MO gkg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K ⁺ mgdm ³	Na ⁺ mg dm ⁻³	Ca ²⁺ mg dm ⁻³	Mg ²⁺ mgdm ⁻³
Plantio									
0-20	6,55	5	1,39	9,12	8,73	37,77	54,42	2,08	3,33
20-40	6,34	4	1,22	7,79	7,86	29,61	16,52	3,41	2,93
Sulco									
0-10	6,77	1	1,12	8,69	56,21	67,03	12,98	2,75	3,75

10-20	6,61	1	0,91	5,08	37,86	63,56	4,64	3,90	2,95
20-40	6,28	1	0,28	4,83	5,65	63,03	3,68	3,70	2,05
40-60	6,34	1	0,11	3,56	3,82	51,16	2,49	3,05	2,45
60-80	6,14	1	0,07	2,08	2,52	46,69	1,54	2,55	1,85
Nativa									
0-10	6,36	3	1,68	1,17	3,72	30,33	12,98	4,00	7,10
10-20	6,36	2	1,47	0,89	3,34	27,35	11,55	4,50	5,50
20-40	6,26	3	0,42	0,62	1,32	26,36	9,64	4,20	5,20
40-60	6,31	4	0,19	0,46	1,06	20,41	4,40	4,00	5,00
60-80	6,17	3	0,14	0,48	0,81	18,42	0,35	2,70	4,20

Tabela 8. Características químicas do solo com aplicação da água residuária no período seco.

Camada do perfil do solo (cm)	pH	CE dSm ⁻¹	N g/mL	MO g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³				
					K ⁺ mg dm ⁻³	Na ⁺ mg dm ⁻³	Ca ²⁺ mg dm ⁻³	Mg ²⁺ mg dm ⁻³	
Plantio									
0-20	6,09	5	0,53	11,91	18,04	53,81	49,22	3,08	1,66
20-40	6,52	4	0,38	4,41	17,62	44,17	39,16	2,18	1,35
Sulco									
0-10	6,18	1	2,10	28,51	38,36	75,75	5,51	4,45	2,90
10-20	6,42	1	1,68	21,01	37,69	71,71	4,25	4,00	2,55
20-40	6,12	1	0,28	15,22	10,77	71,71	4,00	4,45	1,95
40-60	6,78	1	0,21	7,39	7,41	66,67	3,75	3,25	1,80
60-80	6,45	1	0,14	3,00	1,73	65,06	3,24	3,05	0,75
Nativa									
0-10	6,63	3	1,68	10,72	4,02	25,13	6,90	4,00	5,8
10-20	6,71	2	1,47	9,75	3,58	25,1	4,75	4,5	5,6
20-40	6,53	3	1,19	4,61	3,39	18,75	4,08	3,45	4,6
40-60	6,58	4	0,42	2,79	3,27	15,76	3,13	3,25	3,7
60-80	6,81	3	0,14	2,79	2,52	14,5	2,59	3,05	3,3

6.4.6 Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn) e Manganês (Mn)

Notou-se nas Tabelas 9 e 10, que os valores de Cobre nas profundidades do plantio foram de 0,98mg dm⁻³ para 0,96 mg dm⁻³; já no tratamento nativa, os valores passaram de 0,83 mg dm⁻³ para até 0,45 mg dm⁻³; Por outro lado, no tratamento da área do Sulco houve redução dos valores em função do aumento da profundidade, com valores passando de 0,58 mg dm⁻³ na profundidade superficial do solo de 0 a 10 cm para 10 a 20 cm, como também ocorreu na profundidade de 60 a 80 cm.

Constatou-se que houve diminuição do teor de cobre, quanto ao período seco houve uma redução insignificante em todas as áreas. Não se observou grandes variações no valor médio do cobre entre os tratamentos nas áreas avaliadas.

De acordo com a classificação elaborada pela CFSEMG (1999), os valores de cobre, permitem classificar agronomicamente o solo como: muito bom e médio (0,8 a 1,1 mg dm⁻³). Ressalta-se que esses valores foram inferiores o limite de 60 mg kg⁻¹ estabelecido pela Resolução CONAMA nº 420/2009 para prevenção da contaminação do quanto à presença de substâncias químicas. A água residuária de origem doméstica possui baixa concentração de cobre que é adsorvida pelo complexo de troca das argilas, minimizando o risco de lixiviação e contaminação de águas subterrâneas. Ricci et al. (2010) estudaram a alteração nos atributos químicos de um solo mediante aplicação de lodo de esgoto e verificaram que o teor de cobre na profundidade de 10cm aumentou significativamente, após dois anos de aplicação, não apresentando alterações na profundidade de 30 cm. Ainda fatores como o pH, pode ter influenciado no comportamento do cobre, pois dificulta sua elevação e pode ainda interagir com o potássio, zinco, nitrogênio e fósforo, interferindo na sua disponibilidade. Costa (2012) aplicando diferentes proporções de esgoto doméstico primário observou que não ocorreram mudanças significativas nos teores de cobre ao longo do perfil do solo.

Os teores de ferro apresenta valores máximos de 9,6 mg dm⁻³ na primeira profundidades do perfil na área do sulco, e uma redução significativa nas áreas do plantio e na nativa para o período chuvoso. No período seco, o valor máximo foi de 10,07 a 9,7 mg dm⁻³. Entretanto, no área do sulco reduziu para 0,8 a 0,5 mg dm⁻³. A aplicação da água residuária de origem doméstica não incrementou os teores de ferro nas distintas profundidades do solo. Estes resultados corroboram com os encontrados por Costa (2012) e diferem dos obtidos por Coelho (2013) aplicando diferentes doses de percolado de resíduos sólidos urbanos, onde neste verificou-se redução na concentração do ferro com o aumento da profundidade da camada de solo. Os teores de ferro são classificados agronomicamente como muito baixo (inferior a 8,0 mg dm⁻³) e baixo (9,0 a 18,0 mg dm⁻³), conforme apresentado na CFSEMG (1999).

Quanto aos teores de manganês para as profundidades estudadas (Plantio, Sulco e Nativa) houve diminuição dos valores as maiores profundidades do solo. Os teores de manganês decresceram com as profundidades, devido à baixa mobilidade deste elemento no solo. Sendo os maiores valores encontrados no período chuvoso. De acordo

com a CFSEMG (1999), os teores de manganês são classificados agronomicamente como altos, pois são superiores a 12 mg dm^{-3} .

Nas áreas do Plantio e do Sulco notaram-se valores entre 45 a $39,40 \text{ mg dm}^{-3}$ e $38,7 \text{ mg dm}^{-3}$ a $17,1 \text{ mg dm}^{-3}$ nas profundidades de 20 a 40cm respectivamente, Deve-se observar que os elevados teores de manganês no solo não foram acumulados pela aplicação da água residuária de origem doméstica, mas que existem naturalmente devido às condições geológicas locais.

Já para os teores de zinco no solo evidencio-se que nas áreas do Plantio foi obtido o mesmo valor independentemente da profundidade estudada no período chuvoso e aumento acima de 50% em relação ao seco. Para as profundidades da area do Sulco, o maior valor do nutriente foi obtido na profundidade de 40 a 60 cm, para o tratamento da área nativa o maior teor de zinco foi obtido na profundidade de 10 a 20 cm do solo.

Não foram encontradas diferenças entre os teores de zinco, devido à aplicação das proporções de água residuária de origem doméstica, em razão da baixa concentração desse elemento na composição do efluente. Segundo CFSEMG (1999), os teores de zinco são classificados agronomicamente como baixo ($0,5$ a $0,9 \text{ mg dm}^{-3}$). Secco (2007) estudando a mobilidade do zinco em solo que recebeu doses de lodo de esgoto urbano tratado verificou a baixa mobilidade deste elemento; concluíram a não necessidade de se analisar profundidades maiores que as superficiais. A redução na disponibilidade do cobre, zinco e manganês podem ser relacionados ao aumento no teor de matéria orgânica (Stevenson & Ardakani, 1972).

Tabela 9. Características químicas do solo com aplicação da água residuária no período chuvoso.

Camada do Perfil do Solo (cm)	Cu	Fe mg dm^{-3}	Mn	Zn
Plantio				
0-20	0,98	7,8	45,00	0,58
20-40	0,96	6,9	39,40	0,56
Sulco				
0-10	0,58	9,6	38,7	0,46
10-20	0,31	8,3	20,7	0,08
20-40	0,33	7,3	17,1	0,08
40-60	0,24	7,3	15,4	0,01
60-80	0,20	5,9	14,4	0,01
Nativa				
0-10	0,83	6,6	13,3	0,39
10-20	0,71	4,3	12,8	0,19

20-40	0,62	3,4	11,5	0,08
40-60	0,54	2,9	9,6	0,08
60-80	0,45	2,5	3,9	0,01

Tabela 10. Características químicas do solo com aplicação da água residuária no período Seco.

Camada do Perfil do Solo (cm)	Cu	Fe Mg dm ⁻³	Mn	Zn
Plantio				
0-20	0,93	10,7	11,4	1,49
20-40	0,71	9,7	9,10	1,32
Sulco				
0-10	0,66	0,8	4,9	0,09
10-20	0,64	0,5	3,6	0,06
20-40	0,64	0,4	1,7	0,05
40-60	0,62	0,3	1,3	0,05
60-80	0,61	0,1	1,2	0,04
Nativa				
0-10	0,79	5,7	13,8	2,58
10-20	0,56	5,1	10,8	1,39
20-40	0,3	2,8	9,8	1,31
40-60	0,25	2,5	3,4	0,98
60-80	0,22	1,5	0,21	0,14

6.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS AO LONGO DO PERFIL DO SOLO NO PERÍODO CHUVOSO

Na Tabela 11 observa-se o resumo da AF, destacando-se os fatores obtidos em cada área de manejo, as cargas fatoriais submetidas ao método de rotação varimax, os autovalores e a percentagem de explicação da variância de cada fator. Com base no critério citado anteriormente, optou-se por fixar o número de fatores baseado no percentual de explicação da variância acumulada, sendo este estabelecido a valores superiores a 80%.

Tabela 11. Fatores extraídos por componentes principais, destacando as variáveis químicas do solo com cargas superiores a 0,6 (módulo), para: Área de cultivo agrícola (PL), Área do sulco do plantio (SC), e Área de vegetação nativa (NAT), nas camadas estudadas ao longo do perfil.

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3
pH	0,86	0,37	-0,05
CE	-0,53	0,79	0,00
N	0,39	0,75	-0,41
Mo	0,65	0,49	0,54
P	0,91	0,02	0,00
K	0,85	-0,34	0,32
Na ⁺	0,09	0,87	0,27
Ca ²⁺	-0,07	-0,19	-0,85
Mg ²⁺	-0,24	0,34	-0,85
Cu	-0,08	0,96	-0,21
Fe	0,88	0,17	0,32
Mn	0,55	0,70	0,44
Zn	0,34	0,91	0,07
Autovalores	5,91	4,00	1,77
% Variância	45,44	30,76	13,59
A. Acumulado	5,91	9,91	11,67
% cumulativa	45,44	76,19	89,79

pH_{H2O} - em água; CE - condutividade elétrica do extrato de saturação; MO-Matéria orgânica; P- Fósforo; K⁺ - Potássio; Na⁺ - Sódio; Ca²⁺ - Cálcio; Mg²⁺ - Magnésio; Cu-Cobre; Fe- Ferro; Mn- Manganês; Zn- Zinco.

Os dois primeiros fatores foram responsáveis por autovalores que explicaram respectivamente 45,44% e 30,76% da variância total dos dados, ou seja, explicaram juntos 76,50% da variância total dos dados. No primeiro fator (F1), os atributos que apresentaram maior carga fatorial foram Potencial hidrogeniônico (pH) do solo, matéria orgânica, fósforo, potássio e ferro. Enquanto, no segundo fator (F2): condutividade elétrica, nitrogênio, sódio, cobre e manganês, foram os únicos atributos que contribuíram significativamente para a formação deste.

Na Figura 10 estão representados os grupos formados pelo comportamento semelhante dos atributos químicos nas diferentes profundidades estudadas. O dendograma de agrupamento mostra a formação de oito grupos com características semelhantes entre si. Considerando somente os atributos químicos relevantes nos três fatores, realizou-se a AA, levando-se em conta as diferentes áreas de manejo e as diferentes profundidades. O grupo (1) foi formado pela profundidade 60-80cm da área Nativa (NAT). O grupo (2) foi formado pelas profundidades 0 a 10cm; 20 a 40cm e de 40 a 60cm da área Nativa (NAT), O grupo (3) foi formado por duas áreas nas

profundidade, 0 a 10cm da área Nativa (NAT) e 60 a 80cm de profundidade da área do Sulco (Sul), O grupo (4) foi formado isoladamente pelas profundidades, 20 a 40cm da área Sulco (SUL), O grupo (5) foi formado isoladamente pela profundidade, 10 a 20cm; na área do Sulco (SUL), O grupo (6) foi formado isoladamente pela área do Sulco (SUL) na profundidade 0 a 10 cm. O grupo (7) foi formado isoladamente pela profundidade de 20 a 40cm; e na área Plantio (PL). O grupo (8) foi formado isoladamente na profundidade de 0 a 20cm da área do Plantio (PL).

Figura 10. Dendrograma de agrupamento entre as variáveis e profundidades estudadas ao longo do perfil do solo

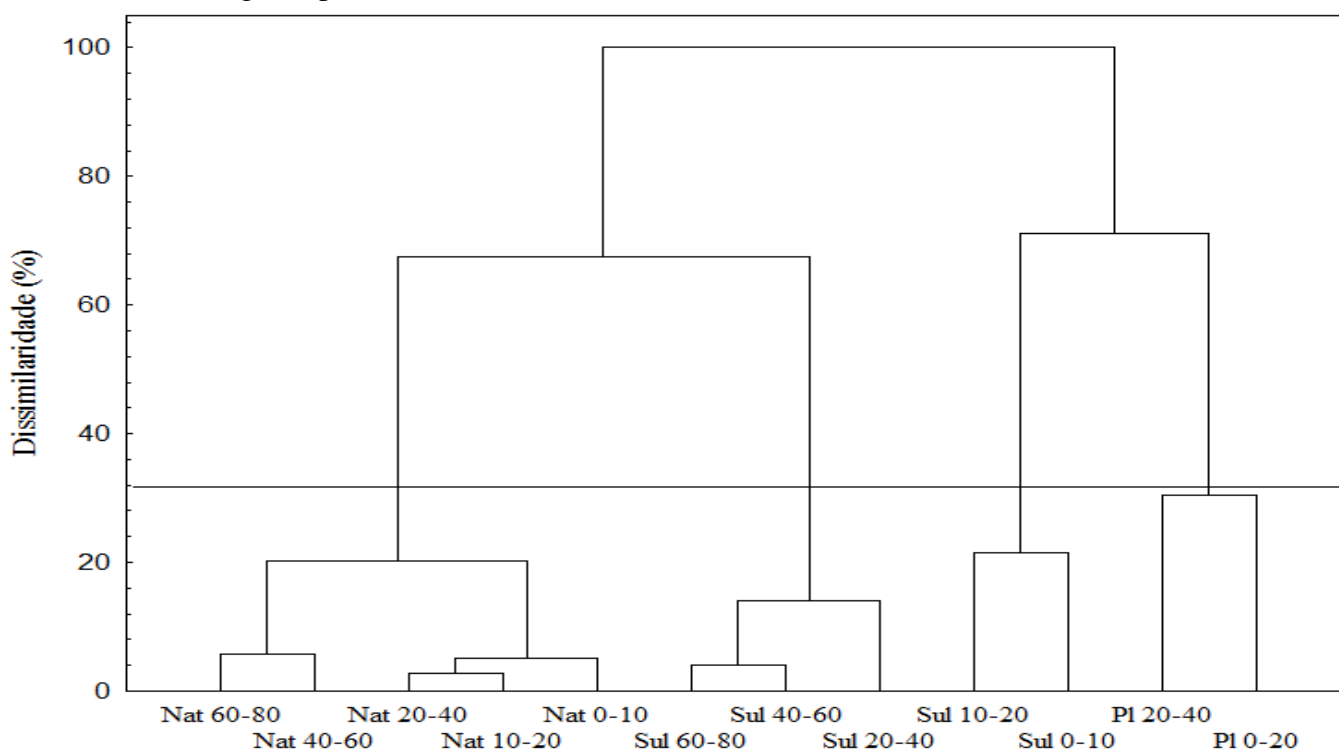
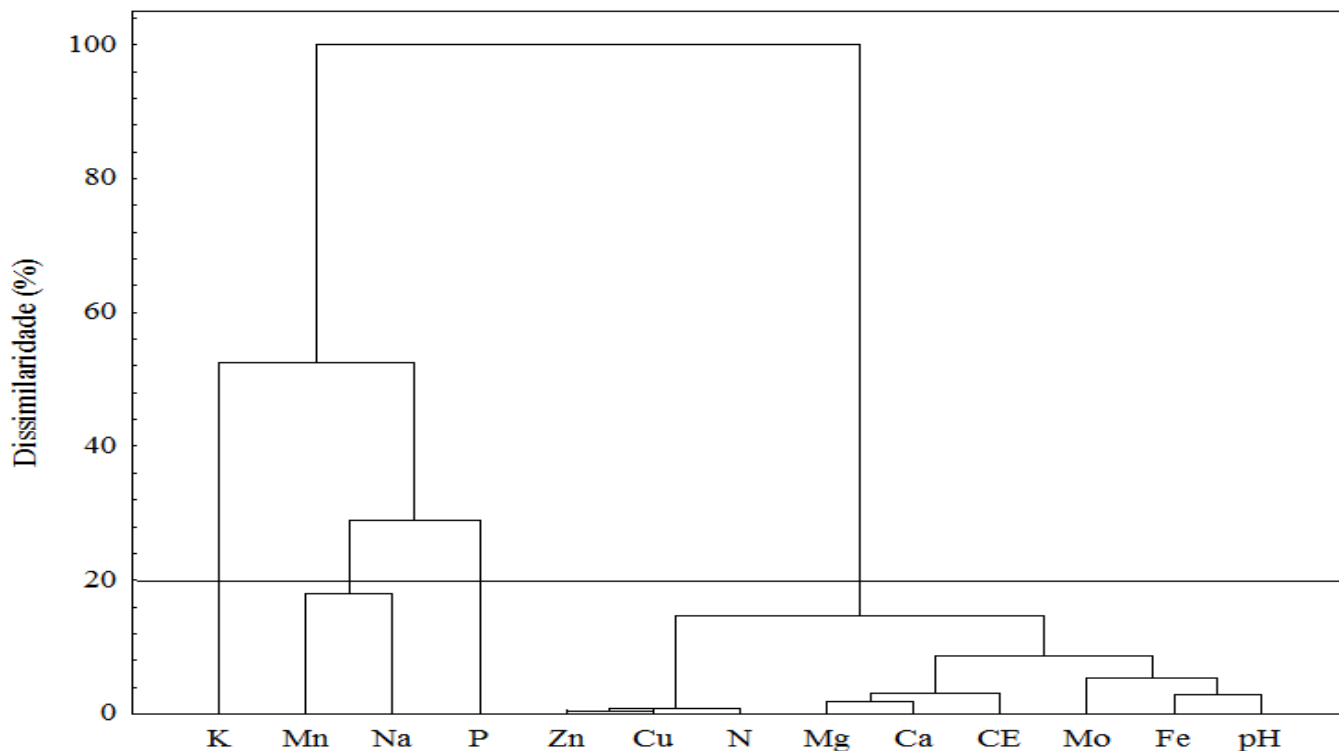


Figura 11. Dendrograma de agrupamento entre as variáveis estudadas ao longo do perfil do solo



6.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS AO LONGO DO PERFIL DO SOLO NO PERÍODO SECO

Na Tabela 12 observa-se o resumo da AF, destacando-se os fatores obtidos em cada área de manejo, as cargas fatoriais submetidas ao método de rotação varimax, os autovalores e a porcentagem de explicação da variância de cada fator. Com base no critério citado anteriormente, optou-se por fixar o número de fatores baseado no percentual de explicação da variância acumulada, sendo este estabelecido a valores superiores a 80%.

Tabela 12. Fatores extraídos por componentes principais, destacando as variáveis químicas do solo com cargas superiores a 0,6 (módulo), para: Área de cultivo agrícola (PL), Área do sulco do plantio (SUL), e Área de vegetação nativa (NAT), nas profundidades estudadas ao longo do perfil

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3
pH	-0,09	-0,81	0,01

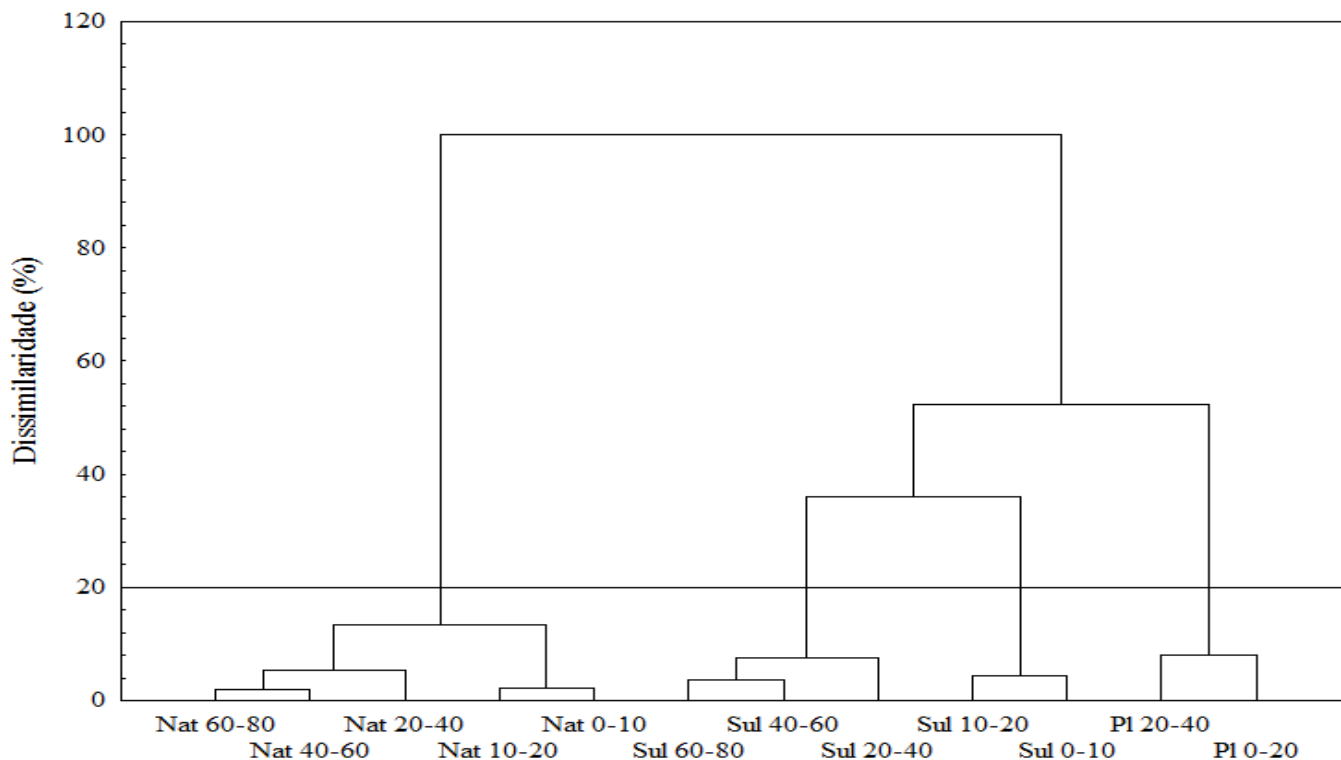
CE	0,83	-0,24	-0,31
N	0,13	0,25	0,91
MO	-0,19	0,76	0,58
P	-0,10	0,82	0,25
K	-0,42	0,86	-0,10
Na ⁺	0,76	0,44	-0,45
Ca ²⁺	-0,30	0,20	0,84
Mg ²⁺	0,28	-0,55	0,78
Cu	0,41	0,76	0,03
Fe	0,96	0,12	-0,18
Mn	0,89	0,01	0,40
Zn	0,89	-0,27	0,29
Autovalores	4,63	3,79	3,01
% Variância	35,65	29,16	23,14
A. Acumulado	4,63	8,43	11,43
% cumulativa	35,65	64,81	87,95

pH_{H2O} - em água; CE - condutividade elétrica do extrato de saturação; MO-Matéria orgânica; P-Fósforo; K⁺ - Potássio; Na⁺ - Sódio; Ca²⁺ - Cálcio; Mg²⁺ - Magnésio; Cu-Cobre; Fe- Ferro; Mn- Manganês; Zn-Zinco.

Os dois primeiros fatores foram responsáveis por autovalores que explicaram junto 35,65% e 29,16% da variância total dos dados, ou seja, explicaram juntos 64,81% da variância total dos dados. No primeiro fator (F1), os atributos que apresentaram maior carga fatorial foram condutividade elétrica, sódio, ferro, Manganês, Zinco, sendo estes considerados mais importantes dentro do fator. Enquanto no segundo fator (F2), pH, matéria orgânica, fósforo, potássio, e Cobre, foram os únicos atributo que contribuiu significativamente para a formação deste.

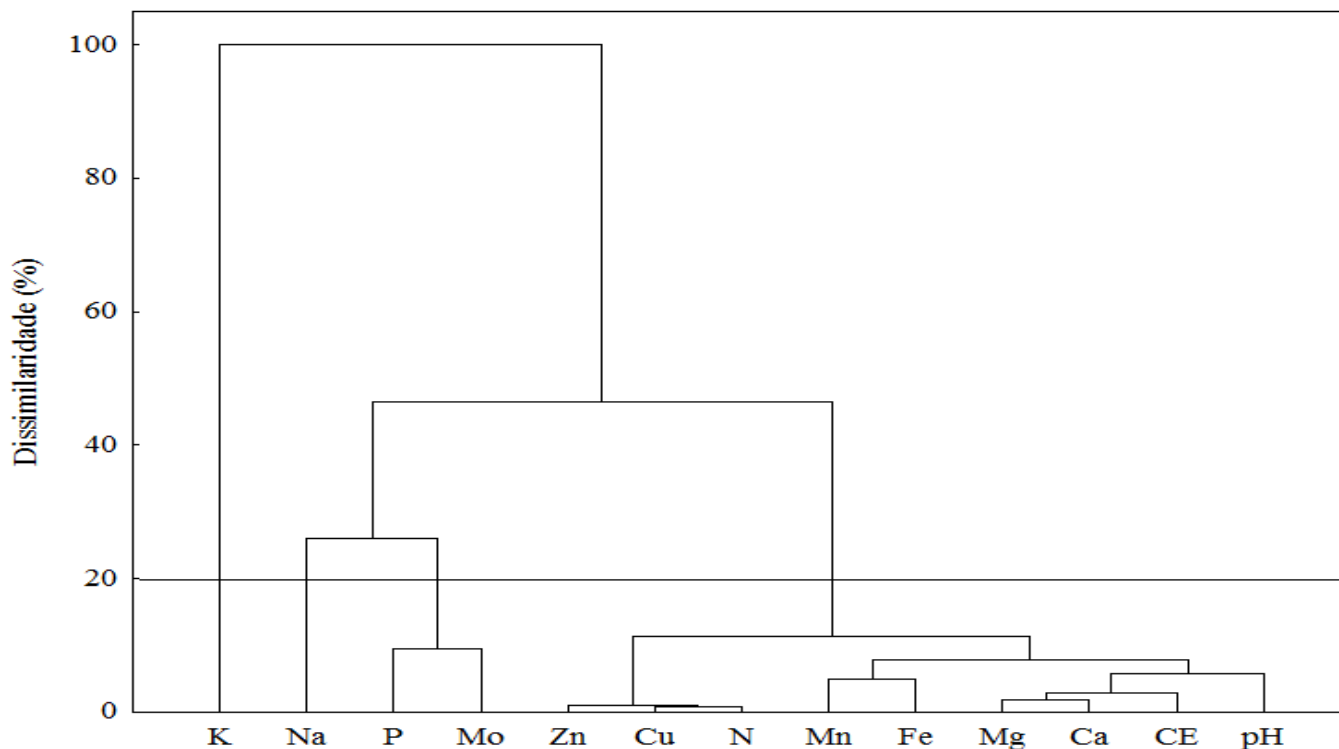
Na Figura 12 estão representados os grupos formados pelo comportamento semelhante dos atributos químicos nas diferentes profundidades estudadas. O dendograma de agrupamento mostra a formação de seis grupos com características semelhantes entre si. Considerando somente os atributos químicos relevantes nos cinco fatores, realizou-se a AA, levando-se em conta as diferentes áreas de manejo e as diferentes profundidades.

Figura 12. Dendrograma de agrupamento entre as variáveis e profundidades estudadas ao longo do perfil do solo



O grupo (1) foi formado pela área em profundidades de 40 a 60 cm; 60 a 80 cm na área Nativa (NAT). O grupo (2) foi formado pelas profundidades de 0 a 10 cm e de 20 a 40 cm na área Nativa (NAT). O grupo (3) foi formado por duas áreas distintas, na profundidade 0 a 10 cm na área Nativa (NAT) e nas profundidades de 40 a 60cm e de 60 a 80cm na área do Sulco. O grupo (4) foi formado pelas profundidades de 10 a 20 cm e de 20 a 40 cm da área do Sulco (SUL). O grupo (5) foi formado por duas áreas distintas, no Plantio (PL) na profundidade de 20 a 40 cm, e na área Sulco (SUL) na profundidade de 0 a 10 cm. O grupo (6) foi formado isoladamente pela área do Plantio na profundidade 0 a 20 cm.

Figura 13. Dendrograma de agrupamento entre as variáveis estudadas ao longo do perfil do solo.



6.7 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA FORRAGEM IRRIGADA COM ÁGUA TRATADA

Na Tabela 13 encontram-se os valores referentes à composição química do capim elefante. O teor de MS encontrado foi de 17,68%, corroborando com os resultados de Silva et al. (2008) que obtiveram 17,8% de MS aos 61 dias e Valadares Filho et al. (2014a) com 17,57% de MS variando de 46 a 60 dias de rebrota do capim elefante. Zanine et al. (2007) trabalhando com capim elefante aos 60 dias após o corte de uniformização, encontraram teor de 23,87% de MS, valor maior que o encontrado nesse trabalho. Entretanto, Rodrigues et al. (2007) verificaram teor de 16,44% de MS com capim elefante de igual idade.

Os teores de MO e MM encontrados foram 89,19 e 10,81%, respectivamente, esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Valadares Filho et al. (2014) que apresentaram 91,96 e 10,52%, respectivamente. Resultado menor de MM foi encontrado por Valadares Filho et al. (2014b) que obtiveram para o capim elefante cv. Napier, variando de 46 a 60 dias, valor de 6,07%.

Tabela 13. Composição química do capim elefante

Espécie	Parâmetros analisados (% da MS)								
	MS ¹	MO	MM	PB	EE	FDN	FDA	PIDN ²	PIDA ²
Capim Elefante	17,68	89,19	10,81	11,87	3,85	59,93	37,24	4,47	1,60

¹ % em relação à matéria natural. ² Em relação % PB.

O teor de PB encontrado na pesquisa foi de 11,87%, valor maior do que encontrado por Silva et al. (2008) e Soares et al. (2009) que apresentaram 7,2 e 9,1%, respectivamente, ambos com 60 dias de idade após o corte de uniformização do capim elefante. Destacando que Silva et al. (2008) realizaram adubação de manutenção com 100 kg de N ha⁻¹ após o corte de uniformização e Soares et al. (2009) trabalhando com latossolo vermelho-amarelo utilizaram 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 3 ton ha⁻¹ de calcário dolomítico por ocasião do plantio e após cada corte de uniformização, foi realizada adubação com 70 kg há⁻¹ de nitrogênio e 70 kg há⁻¹ de K₂O utilizando-se o sulfato de amônio e o cloreto de potássio, respectivamente.

Magalhães et al. (2009) trabalharam em uma área irrigada a cada cinco dias, com três cultivares de capim elefante (Napier, Pioneiro e Roxo), em solo de classe Areia Quartzosa, adubadas com três níveis de nitrogênio (150, 300 e 450 kg ha⁻¹) e cinco idades de cortes diferentes (28 a 84 dias), com intervalos de corte de sete dias. Os autores observaram maiores teores de PB com a aplicação de 450 e 300 kg de nitrogênio ha⁻¹, 9,50 e 9,12%, respectivamente, que foram superiores a utilização de 150 kg de nitrogênio ha⁻¹, cuja média foi de 8,37%. Os autores observaram teor médio de PB das cultivares e níveis de adubação aos 56 dias de 6,93%, valor menor que o encontrado na presente pesquisa (11,87% de PB), evidenciando a provável eficiência da utilização do nitrogênio contido na água residuária utilizada para irrigar a área experimental.

Os teores de PIDN e PIDA em relação a PB encontrados foram 4,47 e 1,60%, respectivamente, indicando, provavelmente, boa disponibilidade de PB do capim estudado. Os teores encontrados são menores do que os observados por Soares et al. (2009), que foram de 6,9 e 5,4% de PIDN e PIDA, respectivamente. A disponibilidade da PB do alimento esta associada à PIDA, que representa o teor de proteína indisponível para o trato gastrointestinal dos ruminantes. Porém, de acordo com Clipes et al. (2010), a PIDA não representa um conceito biológico, mas apenas uma aproximação química da definição de inacessibilidade microbiana.

O teor de EE observado foi de 3,85%, valor menor do que o encontrado por Valadares Filho et al. (2014b) para o capim elefante c.v. Napier, variando de 46 a 60 dias, que foi de 4,56%. Mas o teor de EE encontrado nesse trabalho foi maior que o observado por Valadares Filho et al. (2014a) para o capim elefante, variando de 46 a 60 dias, que foi de 2,87%. De acordo com Magalhaes (2007), dietas para bovinos de corte devem conter não mais do que 3 a 5% de EE, na base da MS. Logo, o capim estudado pode ser utilizado sem restrição, caso seja utilizado como alimento exclusivo em dietas para bovinos de corte.

O teor de FDN observado foi de 59,93%, valor menor que os encontrados por Silva et al. (2008) e Lopes et al. (2008), que foram de 76,8 e 72,0%, respectivamente, com o capim apresentando 60 dias após corte de uniformização. O teor de FDA encontrado foi de 37,24%, valor menor do que encontrado por Carvalho et al. (2007), que trabalharam com capim elefante com 45 dias de idade após rebrota, observaram teor de FDA de 48,2%. Zanine et al. (2007) trabalhando com capim elefante cv. Napier observaram teor de FDA menor do que o do presente trabalho, apresentando valor de 32,96%.

7 CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou os indicativos químicos inerentes à composição química do capim elefante irrigado com águas residuária, necessitando, posteriormente, de pesquisas relacionadas à aplicação prática de sua utilização com estudos voltados ao consumo e digestibilidade dos nutrientes.

Foi constatada redução acima de 60% de coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTe) nas duas primeiras amostras de solo nas profundidades de 0-20cm e 20-40cm, e não foram encontradas bactérias do gênero *Salmonellas*, não havendo risco de contaminação do irrigante ou do produto agrícola com o uso desta água em irrigação.

É importante salientar a importância do monitoramento constante da eficiência do efluente tratado ao manejo adequado do sistema solo-planta, quanto aos cuidados na colheita, transporte e manuseio. Deve-se atentar ao fato de que no Brasil os conhecimentos sobre o reuso de esgoto tratado na agricultura são recentes, o que torna pertinente a necessidade de pesquisas relacionadas ao assunto.

O capim elefante irrigado com água residuária apresenta características químicas equivalentes com os capins elefantes produzidas de modo convencional, sendo assim passível de utilização na alimentação de ruminantes.

REFERÊNCIAS

Amaral, L.A.; Rossi jr, O.D.; Nader Filho, A.; Souza, M.C.I.; ISA, H. Água utilizada em suinocultura como fator de risco à saúde humana e animal. *Ars Veterinária*, v.21, p.41-46, 2005.

Aljamal, W.; Mahmoud, N. Community onsite treatment of cold strong sewage in a UASB-septic tank. *Bioresource Technology* 100,1061-1068, 2009.

Almeida, O. A. Qualidade da água de irrigação. 1. ed. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2010. 234p.

Almeida Júnior, J. Aplicações da análise multivariada em solos que podem ser utilizadas em melhorias de processos produtivos agrícolas. In: SEPRONE, 7, 2012, Mossoró. Anais “A engenharia de Produção frente ao novo contexto de desenvolvimento sustentável do Nordeste: coadjuvante ou protagonista?” Mossoró-RN, UFERSA, 2012.

Ayers, R. S.; Westcot, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, p. 153, 1999.

Batista, R. O.; Soares, A. A.; Matos, A. T.; Mantovani, E. C.; Euclides, R. M. A Suscetibilidade ao entupimento e gotejadores mediante a aplicação de esgoto sanitário tratado. *Engenharia na Agricultura*. v.14, p.81-87, 2006.

Baumgartner, D.; Sampaio, S. C.; Silva, T. R. da; Teo, C. R. P. A.; Vilas Boas, M. A. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. *Engenharia Agrícola*, v.27, p.152-163, 2007.

Beard, P. J. Longevity of *Eberthella Typhosus* in Various soils. *American Journal of Public Health*, v. 30, p. 1077-1082, 1940.

Blum, J. R. C. Critérios e padrões de qualidade da água. In: Mancuso, P. C. S.; Santos, H. F. dos; Philippi Jr, A (coord.) Reúso de Água. Barueri: Manole, p.49,2003.

Bosco, T. C.; Lost, C.; Silva, L. N.; Carnellosi, C. F.; Ebert, D .C.; Schreiner; J. S.; Sampaio, S. C. Utilização de água residuária de suinocultura em propriedade agrícola - Estudo de caso. *Revista Irriga*, v.13, p.139-144, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Resolução nº 420/2009 Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto a presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento e diretrizes para o gerenciamento ambiental de área contaminadas por

substâncias em decorrência de atividades antropicas. Brasília.
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620> 12 de Jan 2014.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional de Recursos Hídricos Nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece critérios gerais para reuso de água potável. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. Diário Oficial, Brasília, 2005. Disponível em:<http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/cnrh/54_2005_criterios_gerais_uso_agua.pdf>. Acesso em: 02 de janeiro de 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. 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. Brasília, 2005. <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. 4 jun. 2013.

BRASIL. Lei 9.433 de 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei 8001 de 13 de Março de 1990 que modificou a Lei 7990 de 28 de Dezembro de 1990.

BRASIL. Ministério das Cidades. Transversal: Saneamento básico integrado às comunidades rurais e populações Tradicionais. Guia do profissional em treinamento. Nível 2. Secretaria nacional de saneamento ambiental. Brasília - DF, p. 88 2009.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Grupo de Trabalho Interministerial de Saneamento Ambiental. Diretrizes para os serviços públicos de saneamento básico e política de saneamento ambiental. Brasília (DF), 2004.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento-SNIS. Brasília, março de 2010.>
<http://www.snis.gov.br/> Jan 2014.

BRASIL (2011). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, 2011. Disponível em: http://antigo.semace.ce.gov.br/integracao/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=95>. Acesso em: 10 jun. 2013.

BRASIL. IBGE- PNAD-Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílio.1993-2009.

BRASIL Lei nº 8080 de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e das outras providências. Brasília (DF), 1990.

Braga, B.; Hespanhol, I.; Conejo, J.G.L; Mierzwa, J.C.; Barros, M.T.L de.; Spencer, M.; Porto, M.; Nucci, N.; Juliano, N.; Eiger, S. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2005.

Brito, B. N de Brito.; Fassoni, A. C. F; Machado, D. F M. Nova Abordagem de Sistema de Esgotamento Sanitário em Comunidades Isoladas e Tradicionais Contemplando a Segregação das Águas Servidas. UFV. 2012

Brites, C. R. C. Abordagem multiobjetivo na seleção de sistemas de reuso de água em irrigação paisagística no Distrito Federal. Brasília: UNB, 2008. 280 p. Dissertação Mestrado

Campelo, P.L.G. Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura nas características físico-hídricas e químicas de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo. Viçosa: UFV, 1999. 55 p. Dissertação Mestrado

Carvalho, G.G.P.; Garcia, R.; Pires, A.J.V.; Azevedo, J.A.G.; Fernandes, F. E. P.; Pereira, O. G. P. Valor nutritivo e características fermentativas de silagens de capim-elefante com adição de casca de café. Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, n.6, p.1875-1881, 2007

CEARÁ. SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO CEARÁ. Portaria n.º154/2002, Dispõe sobre os padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fonte poluidora. http://antigo.semace.ce.gov.br/integracao/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=95 4 Fev. 2014.

Coelho, D.C.L. Atributos químicos de um argissolo e produção de capim elefante decorrentes da aplicação de percolado de aterro sanitário. Mossoró: UFERSA, 102 f. 2013. (Dissertação de Mestrado).

Clipes, R. C.; Silva, J. F. C.; Detmann, E.; Vásquez, H. M.;Henriques, L. T.; Donatele, D. M.; Haddade, I. R. Proteína insolúvel em detergente ácido como estimulador da fração proteica não degradável no rúmen de forragens tropicais. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.11, p. 463-473, 2010.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. in Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: Série Relatórios, 2009, 43p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais 5ª aproximação. Viçosa-MG: 1999. 359p.

CONSELHO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CISAM). Manual de saneamento rural. Uberlândia-MG: AMVAP, 2006. 94p.

Cooke, C.M.; G, L.; N, F.A.; C, H.F.; B, A.J. Effect of drying and composting biosolids on movement of nitrate and phosphate through repacked soil columns under steady-state hydrological conditions. *Chemosphere*, v.44, p.757-804, 2001.

Coraucci Filho, B. Tratamento de esgoto doméstico no solo pelo método de escoamento superficial. São Paulo: USP, 1991. 400p. Tese Doutorado

Corrêa, R. S.; Melo Filho, B.; Bernardes, R. S. Deposição de esgoto doméstico para controle de poluição e revegetação induzida em área degradada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, p. 252-256. 2000.

Coser, A.C; Martins, C. E.; Deres Z. F. Capim-elefante: formas de uso na alimentação animal. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite. 2000. 27p. (Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica, 57).

Cóser, A.C.; Pereira, A.V. Forrageiras para corte e pastejo. Juiz de Fora: EMBRAPA gado de Leite, 2001, 37 p. (Circular Técnica, n.66).

Costa, Z. V. B. Uso de esgoto doméstico primário em um argissolo cultivado com Milho no assentamento Milagre, Apodi-RN. Mossoró: UFERSA, 2012. 50p. Dissertação Mestrado

Chernicharo, C. A. L. Princípios do tratamento biológico de água residuárias: tratamentos anaeróbios. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1997.

Chernicharo, C. A. L.; Florencio, L.; Bastos, R. K. X.; Piveli, R. P.; von Sperling, M; Monteggia, L. O. Tratamento de esgotos e produção de efluentes adequados a diversas modalidades de reúso da água. In: Florencio, L.; Bastos, R. K. X.; Aisse, M. M. (coord.). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABEAS, 2006, cap.3, p.63-110. Projeto PROSAB.

Dolnicar, S.; Schafer, A.I. Desalinated versus recycled water: public perceptions and profiles of the accepters. *Journal of Environmental Management*. v.90, p. 888-900, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 624 p.

Erthal, V.J.T. Fertirriga de Capim-Tifton 85 e aveia preta com águas residuárias de Bovinocultura: Efeito no Solo e na Planta. Viçosa: UFV, 2008. 84p. Tese Doutorado

Erthal, V.J.T.; Ferreira, P.A.; Matos, A.T.; Pereira, O.G. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.467-477, 2010.

Factor, T.L.; Araújo, J.A.C. de.; Vilella Junior, L.V.E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12,p.143-149, 2008.

Fatta, D.; Kythreotou, N. Wastewater as valuable water resource-concerns, constraints and requirements related to reclamation, recycling and reuse, IWA International Conference on Water Economics, Statistics and Finance, Rethymno, Crete, Greece, 2005.

Feigin, A.; Ravina, I.; Shalhevet, J. Sources, treatment, processes and uses of sewage effluent. In: *Irrigation with treated sewage effluent*. (Eds.) Berlin: Springer-Verlag, Cap.2, p.3-33, 1991.

Ferreira, A. S.; Camargo, F. A. O.; Tedesco, M. J.; Bissani, C. A. 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 Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, p. 755-763. 2003.

Fiori, M. G. S.; Smaniotto, A.; Malmann, L.; Dieter, J.; Sampaio, S. C.; Nobrega, L.H. Modificações na densidade do solo cultivado com milho frente ao uso de água residuária da suinocultura. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, 36, 2007, Bonito. Anais. Bonito: SBEA, 2007. CD-Rom.

Fonseca, A. F. Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado. Piracicaba: ESALQ, 2001. 110p. Dissertação Mestrado

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Aplicação controlada de água residuária e lodo de esgoto no solo, para melhorar e incrementar a agricultura do semi-árido nordestino. Brasília: FUNASA, 2007. 120 p.

Galdo, V.; Briceño, B. Evaluating the impact on child mortality of a water supply and sewerage expansion in Quito: Is Water Enough?. Inter-American Development Bank-Office of Evaluation and Oversight-Working Paper 01. May, 2005.

Gomide, J. A. Formação e utilização de capineira de capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE. Coronel Pacheco. Anais... Coronel Pacheco: Embrapa Gado de Leite, p.59-87, 1990.

Guimarães, A. J. A.; Carvalho D. F. de; Silva, L. D. B. da. Saneamento básico. 2007 <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf> 4 Out. 2013.

Hartley, T. W. Public perception and participation in water reuse in desalination. p.115-126, 2006.

Hartmann, C. M.; Andreoli, C. V.; Edwiges, T.; Lupatini, G.; Andrade Neto, C. O. de. In: Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

Hespanhol, I. Água e saneamento básico – Uma visão realista. In: Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundis, J.G. (Orgs). Águas Doces no Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2002

Hespanhol, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: Mancuso, P. C.S. & Santos, H. F. Reúso de água. Barueri-SP: Manole, p.37-95, 2003.

Hespanhol, I. Um novo paradigma na gestão de recursos hídricos. Estudos Avançados.v. 22, p. 131-158, 2008.

Hirata, R. Recursos Hídricos. In: Teixeira, W.; Toledo, M. C. M. de; Fairchild, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.) Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 568 p.

Hurlimann, A. Community Attitudes to Recycled Water Use: An Urban Australian Case Study e Part 2. Research Report No. 56. Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment, Adelaide, SA. 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/indicadoresmimos/sinteseindicsoais.10> de Set. 2013

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2011. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic.2> de Set. 2013.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Esgotamento Sanitário inadequado e impactos na saúde da população. Atualização do diagnóstico da situação nas 100 maiores cidades brasileiras. 2013.

Katukiza, A.Y.; Ronteltap, M.; Niwagaba, C.B.; Foppen, J.W.; Kansiime, F.; Lens, P.N. Research review paper: Sustainable sanitation technology options for urban slums. *Biotechnology Advances*. p.964-978, 2012.

Latif, M.A.; Ghufuran, R.; Wahid, Z.A.; Ahmad, A. Integrated application of upflow anaerobic sludge blanket reactor for the treatment of wastewaters. *Water Research*, p.4683-4699, 2011.

Leal, F. C. T. Sistemas de saneamento ambiental. Juiz de Fora: UFJF, 2008.

Leon, S. G.; Cavallini, J. M. Tratamento e uso de águas residuárias. Tradução de Gheyi, H. R.; König, A.; Ceballos, B. S. O.; Damasceno, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999.

Librarato, G.; Ghirardini, A. V.; Avezzù, F. To centralise or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management. *Journal of Environmental Management* 94, p.61-68, 2012.

Licitra, G.; Hernandez, T. M.; Van Soest, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.57, p. 347-358, 1996.

Lima, V. C.; Lima, J. M. J. C.; Eduardo, B. J. F. P.; Cerri, C. C. Conteúdo de carbono e biomassa microbiana em agroecossistemas: Comparação entre métodos de preparo do solo. *Revista do Setor de Ciências Agrárias, Curitiba*: v.1391, p.297-302, 1994.

Lopes, F. C. F.; Oliveira, J.S.; Paciullo, D.S.C.; Aroeira, L. J. M.; Deresz, F.; Morenz, M.J.F.; Duque, A.C.A.; Elyas, A.C.W. Modelagem comparativa da cinética da fase sólida do capim-elefante picado, suplementado ou não com concentrados, e fornecido a vacas Holandês x Zebu em lactação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.60, p.675-681, 2008.

Lopes, K. C. S. A.; Borges, J. R. P.; Lopes, P. R. Condições de vida e qualidade do saneamento ambiental rural como fator para o desenvolvimento de práticas agroecológicas. *Rev. Bras. de Agroecologia*. 7(1): 39-50. 2012 ISSN: 1980-9735

Lopes, T. E.R L; Peralta-Zamora, P. Contaminação por água BTEXS e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. *Química Nova*, vol. 27, p. 441-446, 2004.

Luostarinen, S.A., Rintala, J.A. Anaerobic on-site treatment of black water and dairy parlour wastewater in UASB-septic tanks at low temperatures *Water Research* 39, p.436–448, 2005.

Luiz, L. A.R. Reutilização da água: Mais uma chance para nós. Rio de Janeiro: Quality Mark, 2005.

Macêdo, J.A.B. de. Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas. 2.ed. Belo Horizonte: Conselho Regional de Química, p.450, 2003.

Machado, P. J. O.; Valle, G. M.; Rinco, L.; Carmo, L. F. Z.; Latuf, M. O. Qualidade das águas do Rio Paraibuna no trecho urbano de Juiz de Fora/MG. *Revista Virtú*, v.1, p.43-57, 2005

Magalhães, K. A. Tabela brasileira de composição de alimentos, determinação e estimativa do valor energético de alimentos para bovinos. Viçosa: UFV, p.263, 2007. Tese doutorado

Magalhães, J.A.; Rodrigues, B.H N.;Andrade, A.C.;Carneiro,M.S.S.; Costa, N.L.; Pinto, M.S.C.; Mochel Filho,W.de J.E. Influencia da adubação nitrogenada e idade de corte sobre os teores de proteína bruta e fibra em detergente neutro de três cultivares de capim-elefante (Influence of nitrogen fertilization and age of cutting on the crude protein and neutral detergent fiber contents of three elephant-grass varieties). *Revista electrónica de Veterinaria*. ISSN: 1695-7504, vol.10, 2009.

Malavolta, E. Manual de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: Ceres, p.631, 2006.

MAPA–Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº62, agosto de 2003. <http://www.agricultura.gov.br/consultasislegis> 01 Set. 2013.

Marques, B. C. D.; Hans, A. K.; Beatriz, R. G.; Ceballos, S. O. Aspectos nutritivos e sanitários do capim elefante irrigados com diferentes lâminas de água residuária doméstica, In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais, Nova Betânia, 2004.

Matos, A. T. Disposição de águas residuárias no solo. Viçosa, MG: AEAGRI, 2007. 140 p. (Caderno didático n. 38).

Matos, A. T.; Abrahão, S. S.; Borges, A. C.; Matos, M. P. Influência da taxa de carga orgânica no desempenho de sistemas alagados construídos cultivados com forrageiras. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.15, 2010.

Maurer, M.; Bufardi, A.; Tilley, E.; Zurbrügg, C.; Truffer, B. A compatibility-based procedure designed to generate potential sanitation system alternatives. *Journal of*

Environmental Management, v.104, p.51-61, 2012.

Medeiros, S. S.; Soares, A. A.; Ferreira, P. A.; Matos, A. T.; Souza, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.603-612, 2005.

Mendonça, M. J. C.; Seroa, M.R. Saúde e saneamento no Brasil. texto de discussão IPA 1081. Rio de Janeiro: p.14,2005.

Mendonça, E.S.; Matos, E.S. Matéria orgânica do solo: Métodos de análises. Viçosa: MG, UFV, 2005. 107p

Mendonça, E. S.; Rowell, D. L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um Latossolo argiloso sobre cerrado e soja. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.18, p.295-303, 1994.

Metcalf, L., Eddy, H. P. (1991). Wastewater Engineering: Treatment Disposal and Reuse. 4th ed. New York: McGraw-Hill, p.1819, 2003.

Metcalf, L.; Eddy, H. P. Wastewater e Engineering: Treatment disposal and reuse. 3. ed. New York: McGraw-Hill, p.1335, 1991.

Moelants, N., Smets, I.Y., Van Impe, J.F. The potential of an iron rich substrate for phosphorus removal in decentralized wastewater treatment systems. Separation and Purification Technology 77, p.40–45, 2011.

Mota, V. A. C.; Sales, E. C. J.; Saraiva, C. R. S.; Pereira, D. A.; Andrade, W. R.; Rigueira, J. P. S. Disponibilidade de forragem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. pioneiro em duas alturas de resíduo submetido a duas intercepções luminosa. In: 5º Fórum de Ensino, Pesquisa, Extensão e Gestão, p.1-4, 2011.

Mota, V.J.G. Lâminas de irrigação e dose de nitrogênio em pastagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) cv. pioneiro, no norte de Minas Gerais. Montes Claros, MG: UEMC. 2008. 69 f. Dissertação Mestrado

Moussavi, G.; Frarough, K.; Mehdi, F. Performance of a pilot scale up-flow septic tank for on-site decentralized treatment of residential wastewater. Process Safety and Environmental Protection 88, 47–52, 2010.

Neri, M. Trata Brasil: Saneamento e Saúde. Rio de Janeiro: FGV/IBRE, CPS, 2007. <http://www3.fgv.br/ibrecps/CPS_infra/texto.pdf> 08 Set 2013

Nunes, Elias. Geografia Física do Rio Grande do Norte. 1.ed. Natal:Imagem gráfica, 2006.

Nuvolari, A. Esgotos sanitários: coleta, transporte tratamento e reuso agrícola. São Paulo, Edgard Blucher, 2003.

Oliveira, R. A. de.; Ubinarti, E. “Coliformes totais e termotolerantes no solo fertirrigado com água residuárias de suinocultura em reatores aeróbio. In: III SYMPOSIUM ON AGRICULTURE AND AGROINDUSTRIAL WASTE MANAGEMENT. 5. 2013. Anais. SAO PEDRO, SP

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, v.1, Policy and regulatory aspects. 2006. http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241546824_eng.pdf. 28 Abril 2008.

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD – OMS. Guías para la calidad del agua potable. 2. ed. v.1, Genebra: OMS, p.195, 1995.

Paganini. W. S.; Souza. A.; Bocchiglieri. M. M. Avaliação do comportamento de metais pesados no Tratamento de esgotos por disposição no solo. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 9, p. 225-239, 2004.

Pereira, B. F. F. Alterações químicas no sistema solo-planta irrigadas com efluente de esgoto tratado no cultivo dos citros. Piracicaba: ESALQ, 2009.163p. Tese Doutorado

Plachá, I.; Venglovský, J.; Sasáková, N.; Svoboda, I.F. The effect of summer and winter seasons on the survival of *Salmonella typhimurium* and indicator microorganisms during the storage of solid fraction of pig slurry. Journal of Applied Microbiology; p.1036-1043, 2001.

Queiroz, F.M.; Mattos, A.F.; Pereira, O. G.; Oliveira, R. A. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. Ciência Rural, v.34, p.1487-1492, 2004.

Queiroz Filho, J.L.; Silva, D. S.; Nascimento, I. S. Produção de matéria seca e qualidade do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) cultivar Roxo em diferentes idades de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 29, p.69-74, 2000.

Quesada, D. M.; Boddey, R. M.; Reis, V. M.; Urquiaga, S. Parâmetros Qualitativos de Genótipos de Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) estudados para a produção de energia através da Biomassa. Seropédica, Embrapa,p.4, 2004.

Raij, B. van. Métodos de diagnose de fósforo no solo em uso no Brasil. In: Yamada, T.; Abdalla, S. R. S. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: p.563-588, 2004.

Ramos, J. M. O uso da água residuária na adubação: vantagens e limitações. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal. Ano VI, 2006.

Reichardt, K.; Timm, L.C.: Conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole, 1.ed, p.500, 2004.

Rezende, A. A.P. Fertirrigação do eucalipto com efluente tratado de fábrica de celulose kraft branqueada. Viçosa:ESALQ, 2003.152p. Tese Doutorado

Ribeiro, J. W.; Rooke, J. M. S. Saneamento básico e sua relação com o Meio ambiente e a saúde pública. Juiz de Fora: UFJF, 2010. 28p. TCC Especialização

Ricci, A. B.; Padovani, V. C. R.; Paula Júnior, D. R. Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado. I – Atributos físicos e revegetação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.34, p.535-542, 2010.

Rice, E. W.; Baird, R. B.; Clesceri, A. D. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012.

Richards, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture Handbook, United States Department of Agriculture, p.160, 1954.

Rodrigues, R. dos S. As Dimensões Legais e Institucionais de Reúso de Água no Brasil: Proposta de Regulamentação do Reúso no Brasil. São Paulo: USP, 2005. Dissertação Mestrado

Rodrigues, P. H. M.; Lobo, J. R.; Silva, E. J. A. da.; Borges, L. F. O.; Mayer, P. M.; Demarchi, J. J. A. de A. Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, p.1751-1760, 2007.

Roeleveld, K.K.; Zeeman, G. Anaerobic treatment in decentralised and source separation-based sanitation concepts. Reviews in Environmental Science and Bio-Technology, 5: p.115–139, 2006.

Santana, A. Turin.; Luvizotto, C.K.; Cuba, R.M.F. Saneamento básico e sua relação com a qualidade de vida nos assentamentos do Município de Teodoro Sampaio - Sp VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista, São Paulo: v. 8, 2012, p. 48-62

Santos S.S.; Soares A. A.; Matos A.T.; Mantovani E. C.; Batista R. O. Contaminação microbiológica do solo e dos frutos de cafeeiros fertirrigados com esgoto sanitário. Engenharia na Agricultura, Viçosa: v.14, P.16-22, 2006.

Santos, P. R. Atributos do solo em função dos diferentes usos em perímetro irrigado do sertão de Pernambuco. Recife: UFRPE, 2010, 112p. Tese Doutorado

Secco, R. C. Fitodisponibilidade de zinco, cobre, cromo e níquel de lodo de esgoto (N-viro soil) e de dejetos de suínos aplicados superficialmente a latossolos vermelho sob plantio direto. Curitiba: UFPR, 2007. 155p. Tese Doutorado

Serafim, G.B.; Guimarães Filho, L. P. Estudo sobre o reaproveitamento dos dejetos de suínos na bacia do Rio Sangão - Santa Catarina. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v.5, p. 151-174, out. 2012.

Silva, D.J.; Queiroz, A.C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

Silva, L. F. P.; Cassoli, L. D.; Junior, L. C. R.; Rodrigues, A. C. de Oliveira.; Machado, P.F. *In situ* degradability of corn stover and elephant-grass harvested at four stages of maturity. Science Agricola., v.65, p.595-603, 2008.

Silva, D. F. Efeito da aplicação de percolado de resíduo sólido urbano em solo cultivado com capim-tifton 85. Viçosa, UFV. 2008. 148p. Tese

Silva, N.; Junqueira, V. C. A.; Silveira, N. F. A.; Taniwaki, M. H.; Santos, R. F. S.; Gomes, R. A. R. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. 4. ed. São Paulo: Varela, 2010.

Silva, F. F.; Freitas, P. S. L.; Bertonha, A.; Rezende, R.; Gonçalves, A. C. A.; Dallacort, R. Impacto da aplicação de efluente maturado de fecularia de mandioca em solo e na cultura do sorgo. Acta Scientiarum Agronomy, Maringá, v.26, n.4, p.421-427, 2004.

Soares, J. P. G.; Dresz, F.; Arcury P.B.; Salman A. K .D.; Oliveira A.D.; Verneque, R.S.; Berchielli T.T. Degradabilidade ruminal e digestibilidade intestinal da proteína de capim-elefante com três idades de corte. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.61, p.438-444, 2009.

Souza, J.A.A.; Batista, R.O.; Ramos, M.M.; Soares, A.A. Alteração nas características físicas do solo decorrentes da aplicação de esgoto doméstico tratado. Acta Scientiarum Technology, Maringá, v. 32, p. 361-366, 2010.

Souza, J. A. A. de; Batista, R. O.; Ramos, M. M.; Oliveira, R. B.; Mota, M. R.; Soares, A. A. Contaminação microbiológica do perfil do solo com esgoto sanitário. *Acta Scientiarum. Technology*. v. 33, p.5-8, 2011.

Stevenson, F. J.; Ardakani, M. S. Organic matter reactions involving micronutrients in soils. In: Mortvedt, J. J.; Giordano, P. M.; Lindsay, W. L. (Eds) *Micronutrients in agriculture*. Madison, Soil Science of America, p.79-114, 1972.

Sukias, J. P. S.; Nguyen, M. LS. Inactivation of *E. coli* in riparian and non-riparian soils. In: *DIFFUSE POLLUTION CONFERENCE*, 7.Dublin. *Proceedings Dublin: IWA*, p.82-87, 2003.

Tedesco, M. J.; Gianello, C.; Bissani, C. A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S.J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, p.174, 1995.

Valadares Filho, S. C.; Machado, P. A. S.; Chizzotti, M. L.; Amaral, H. F.; Magalhães, K. A.; Rocha Junior, V.R.; Capelle, E. R. *CQBAL 3.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos*. Disponível em: www.ufv.br/cqbal. Acesso em 25/04/2014a.

Van Der Hoek, W.; Hassan, U.M.; Ensink, J.H.J.; Feenstra, S.; Raschid-Sally, L.; Munir, S.; Aslam, R.; Alim, N.; Hussain, R.; Matsuno, Y. *Urban wastewater: a valuable resource for agriculture. A case study from Horoonabad, Pakistan*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, p. 29, 2002.

Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. Methods for extraction fiber, neutral detergent fiber and mostarch polysaccharides in relation to animal nutrition cows. *Journal Dairy Science*, v.83, p.3583-3597, 1991.

Von SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2011. 452p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 1).

Von Sperling, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3 ed. Belo horizonte: UFMG, 452p, 2005.

Van Voorthuizen, E. M.; Zwijnenburg, A; Wessling, M. Nutrient removal by NF and RO membranes in a decentralized sanitation system. *Water Research*, v. 39, 3657–3667, 2005.

Uehara, M. Y.; Vidal, W.L; Kawai, H. F.; Joao, E.; Bezerra, J.F. M.; Além, P. *Operação e manutenção de lagoas anaeróbias e facultativas*. São Paulo: CETESB, 1989

WORLD HEALTH ORGANIZATION , Wastewater use in agriculture. In: Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Geneva: v.2, 2006.

Zanine, A.M.; Santos, E.M.; Ferreira, D.J.; Pinto, L. F. B.; Pereira, O. G. Características fermentativas e composição químico-bromatológica de silagens de capim-elefante com ou sem *Lactobacillus plantarum* e farelo de trigo isoladamente ou em combinação. *Ciência Animal Brasileira*, v.8, p.621-628, 2007.

APÊNDICE

Quadro 1. Matriz de correlação das variáveis pH, CE, M.Org. P, K, Na, Ca, Mg, Mn, Zn do período chuvoso.

	pH	CE	N	Mo	P	K	Na	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
pH	1.00												
CE	-0.09	1.00											
N	0.56	0.31	1.00										
Mo	0.70	0.06	0.38	1.00									
P	0.88	-0.40	0.29	0.60	1.00								
K	0.56	-0.73	-0.04	0.56	0.70	1.00							
Na	0.43	0.63	0.60	0.60	0.05	-0.08	1.00						
Ca	-0.13	-0.08	0.16	-0.53	-0.17	-0.22	-0.40	1.00					
Mg	0.00	0.40	0.48	-0.50	-0.17	-0.60	0.06	0.54	1.00				
Cu	0.25	0.79	0.78	0.32	-0.07	-0.47	0.74	0.04	0.50	1.00			
Fe	0.72	-0.36	0.39	0.82	0.69	0.84	0.32	-0.34	-0.43	0.02	1.00		
Mn	0.68	0.26	0.53	0.95	0.51	0.36	0.74	-0.47	-0.32	0.54	0.72	1.00	
Zn	0.56	0.51	0.80	0.71	0.31	0.00	0.77	-0.25	0.17	0.85	0.49	0.85	1.00

Quadro 1. Matriz de correlação das variáveis pH, CE, M.Org. P, K, Na, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn do período Seco.

	pH	CE	N	Mo	P	K	Na	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
pH	1.00												
CE	0.02	1.00											
N	-0.14	-0.22	1.00										
Mo	-0.59	-0.45	0.70	1.00									
P	-0.55	-0.25	0.54	0.85	1.00								
K	-0.60	-0.62	0.06	0.64	0.65	1.00							
Na	-0.40	0.68	-0.19	-0.05	0.21	0.08	1.00						
Ca	-0.25	-0.56	0.66	0.68	0.26	0.22	-0.52	1.00					
Mg	0.42	0.15	0.58	-0.01	-0.29	-0.68	-0.38	0.48	1.00				
Cu	-0.53	-0.01	0.21	0.45	0.42	0.59	0.59	0.10	-0.29	1.00			
Fe	-0.14	0.81	-0.01	-0.19	-0.02	-0.29	0.88	-0.41	0.07	0.47	1.00		
Mn	-0.07	0.54	0.49	0.03	-0.03	-0.36	0.48	0.07	0.54	0.43	0.77	1.00	
Zn	0.13	0.66	0.28	-0.24	-0.31	-0.59	0.39	-0.07	0.61	0.25	0.74	0.92	1.00