



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS - PPGSA

ELIANA PEREIRA DE SOUSA

**ESTUDO DA QUALIDADE DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA PÓS-TRATADA  
EM FLUXO DESCENDENTE INTERMITENTE**

POMBAL - PB  
2015

ELIANA PEREIRA DE SOUSA

**ESTUDO DA QUALIDADE DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA PÓS-TRATADA  
EM FLUXO DESCENDENTE INTERMITENTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Gestão e Tecnologia Ambiental em Sistemas Agroindustriais

Orientador: Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz

Co-orientadora: Prof. Dra. Alfredina dos Santos Araújo

ELIANA PEREIRA DE SOUSA

**ESTUDO DA QUALIDADE DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA PÓS-TRATADA  
EM FLUXO DESCENDENTE INTERMITENTE**

Aprovada em: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz  
CCTA/UAGRA/UFCG  
Orientador

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Alfredina dos Santos Araújo  
CCTA/UAGRA/UFCG  
Orientador

---

Prof. Dr. Patrício Borges Maracajá  
CCTA/UAGRA/UFCG  
Examinador

---

Prof. Dr. Ednaldo Barbosa Pereira Junior  
IFPB/ CAMPUS SOUSA  
Examinador

POMBAL – PB  
2015

*Dedico ao meu pai Edmilson de Sousa (In memoriam). Mesmo não tendo sua presença em nosso meio, louvo ao Senhor pela sua existência, por todos os ensinamentos transmitidos e principalmente por me incentivar a nunca desistir dos meus sonhos. Ainda continuo seguindo rumo à conquista dos sonhos que idealizamos juntos. E, até aqui Deus tem me ajudado! Seus ensinamentos estarão sempre comigo, independente do tempo, lugar ou circunstâncias!*

## AGRADECIMENTOS

Ao Senhor, nosso Deus, autor da vida! Não tenho palavras para agradecer Tua bondade e misericórdia derramada sobre minha vida diariamente, tua proteção e todas as oportunidades que têm me dado ao longo da vida. Obrigada por tudo que me tem feito, mas principalmente por quem Tu és! Sem ti eu nada sou e nada posso fazer!

Aos meus pais Edmilson de Sousa (*In memoriam*) e Genilda Pereira de Sousa por serem, para mim e meus irmãos, fontes de inspiração para lutarmos pela conquista dos nossos sonhos.

Aos meus irmãos José Carlos Pereira de Sousa e Oriel Pereira de Sousa que nunca mediram esforços para me ajudar no que preciso e estão sempre comigo.

Ao meu sobrinho Emanuel Carlos Martins de Sousa por ser um motivo a mais para eu querer ser um exemplo de determinação e incentivo.

Aos meus familiares: avô, tios, tias, primos, primas, irmãos e sobrinho. Louvo ao Senhor, pois vocês são minha base forte! Obrigada pelo apoio, amizade, incentivo e companheirismo.

A minha prima Ayanne Mayelle da Silva Ferreira por ter sido incentivadora para que eu prestasse a seleção para este conceituado mestrado e por contribuir com o aperfeiçoamento da escrita deste trabalho.

A todos os meus professores! Aqueles que me ensinaram as primeiras palavras e aos que me ajudaram a construir pontes entre o conhecimento e a ciência. Sem vocês, meus queridos, eu não teria condições de chegar até aqui! Espero, com toda sinceridade, que vocês amem a cada dia sua profissão, mesmo vivendo dias em que a educação tem perdido seu valor!

A Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA, Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais – PPGSA, por me proporcionar a oportunidade de aprimorar meus conhecimentos e realizar este curso.

Aos professores do PPGSA pelo conhecimento compartilhado, disponibilidade, apoio e amizade ao longo do curso.

Aos meus orientadores Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz e Dr<sup>a</sup>. Alfredina dos Santos Araújo, pelos ensinamentos, pela paciência, pelo incentivo, por toda orientação durante a condução da pesquisa e pela amizade construída.

A professora Dr<sup>a</sup>. Aline Costa Ferreira por apresentar-me as primeiras informações sobre reúso de água, por ser uma das componentes da banca examinadora na qualificação e pelo incentivo para que eu seguisse com a pesquisa.

Aos professores Dr. Patrício Borges Maracajá e Dr. Ednaldo Barbosa Pereira Junior por aceitarem fazer parte da banca examinadora na defesa final, vindo a enriquecer mais ainda a apresentação deste trabalho.

A todos que fazem parte do Centro Vocacional Tecnológico (CVT) da Universidade Federal de Campina Grande pelo incentivo e colaboração nas primeiras análises, bem como pelas amizades conquistadas.

A Luiz, técnico do Laboratório de Análises de Água, pela disponibilidade e ajuda na resolução de dúvidas apresentadas durante as análises, bem como pela amizade.

A Francisco, técnico de Laboratório de Análises de Solo, pela valiosa contribuição durante as análises.

As amigas Lígia de Sousa e Kadydja Mayara pela disponibilidade e ajuda constante.

A Joacema da Silva Figueiredo e Sanduel Oliveira de Andrade por colaborar com o aperfeiçoamento da escrita e formatação deste trabalho.

A amiga Paloma Mara de Lima Ferreira por me orientar nas primeiras análises e contribuir, de modo excelente, à continuidade das mesmas.

Ao amigo Aldair de Souza Medeiros pela parceria e amizade construída durante toda a pesquisa, bem como pelo apoio sempre constante.

A Danielle Leite e Fábio Itano por me ajudarem na condução da pesquisa quando estavam disponíveis.

As amizades que firmei no decorrer do curso, especialmente, Concita, Aline, Joana, Semirames, Aliane, Pierre, Yuri e Francisco Sales, pelo companheirismo e troca de experiências.

Aos membros da Igreja Evangélica Congregacional em Pombal, especialmente aos jovens e adolescentes por todo apoio, incentivo e orações a mim direcionadas para vencer esta etapa.

A todos envolvidos no projeto “O Bom Samaritano”, principalmente as crianças, por me fazerem enxergar ainda mais a importância de buscarmos a educação como meio de transformação para a sociedade.

A Lucy, Lucielma, Giovani, Janis, Valdemar e João por terem me ofertado saudações, sorrisos e companhia durante todos os dias da condução da pesquisa, bem como pelas amizades firmadas.

Aos vigilantes do CCTA-UFCG: Frankdan, José Filho, Regivan, Neto, Francisco das Chagas, Francisco Benigno, Vanildo e Josenildo, pela disponibilidade em ajudar no controle dos filtros, pela segurança e amizades construídas.

Aos demais que aqui não foram citados, mas que de alguma forma fazem parte desta caminhada. MUITO OBRIGADA!

*“Até aqui nos ajudou o Senhor.” (I Samuel 7:12b)*

## RESUMO

SOUSA, E. P. **Estudo da qualidade de água residuária doméstica pós-tratada em fluxo descendente intermitente**, 2015. p.92 Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB.

A presente pesquisa investigou o desempenho do pós-tratamento de efluente de tanque séptico em filtros de areia de fluxos intermitentes, visando obter um esgoto tratado com qualidade adequada para reuso na irrigação. O esgoto doméstico foi proveniente do bloco de aulas II do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). O controle de entrada do fluxo no sistema também foi quantificado. O sistema experimental foi constituído de um tanque séptico, três filtros de areia com fluxo intermitente e uma caixa de armazenamento. Os três filtros aeróbios de areia foram preenchidos com brita e areia na seguinte proporção: 10 cm de brita nº 1 na base, 50 cm de areia na porção mediana e 5 cm de brita nº 0 na porção superior. A areia utilizada nos três filtros foi a mesma, sendo peneirada numa peneira com diâmetro de 0,50 mm. O primeiro filtro recebeu 200 L/dia (50 L a cada 6hs) de efluente do tanque séptico, o segundo filtro recebeu 150 L/dia (50 L a cada 8hs) e o terceiro filtro recebeu 100 L/dia (50 L a cada 12hs). Realizaram-se campanhas de medição, no período de Novembro/2014 a Fevereiro/2015 para caracterizar os efluentes nos aspectos físico-químicos e microbiológicos como indicadores de transformação da qualidade da água. Os parâmetros analisados foram: OD, temperatura, turbidez, pH, CE, cor, dureza total, Ca, Mg, cloretos, N, Na, K, P, DQO, DBO<sub>5</sub>, CT, CTT e *E.coli*. A análise de variância (ANOVA) foi realizada para comparar as concentrações de todos os parâmetros entre os efluentes, com nível de significância de 5%. Temperatura, turbidez, CE, cor, dureza total, Ca, Mg, cloretos, Na, K, P, DQO, DBO<sub>5</sub>, CT, CTT e *E.coli* não apresentaram diferenças estatísticas significantes. O OD apresentou significância. O N, muita significância e o pH, extrema significância estatística. Os filtros reduziram as concentrações de nutrientes, matéria orgânica e microorganismos patógenos, porém, com os reduzidos tempos de intermitências adotados não foi possível encontrar diferenças estatísticas entre os tratamentos. Os valores encontrados não foram compatíveis com os recomendados para uso na agricultura, segundo a Resolução do CONAMA.

**Palavras-chave:** Reúso, esgoto doméstico, filtro intermitente de areia.

## ABSTRACT

SOUSA, E. P. **Quality study of post-treated domestic wastewater in flow down flashing**, 2015. p. 92 Thesis (MS in Agribusiness Systems) - Federal University of Campina Grande, Pombal - PB.

This research investigated the performance of the post-treatment of septic tank effluent sand filters intermittent flows, to obtain a treaty with sewage quality suitable for reuse in irrigation. The sewage was coming from the classes of block II of the Center for Science and Technology Agrifood (CCTA), the Federal University of Campina Grande (UFCG). The input flow control in the system was also quantified. The experimental system was composed of a septic tank of three sand filters with intermittent flow and a storage box. The three aerobic sand filters were filled with gravel and sand at the following ratio: 10 cm crushed base # 1, 50 cm in the middle portion sand and crushed stone No. 5 0 cm in the upper portion. The sand used in the three filters was the same, being sieved through a sieve with a diameter of 0.50 mm. The first filter received 200 L / day (50 L each 6am) of effluent from septic tank, the second filter received 150 L / day (50 L every 8h) filter and the third received 100 L / day (50 L each 12pm). There were measurement campaigns, from November / 2014 to February / 2015 to characterize the effluents in the physical, chemical and microbiological aspects as processing indicators of water quality. The parameters analyzed were: OD, temperature, turbidity, pH, EC, color, total hardness, Ca, Mg, chlorides, N, Na, K, P, COD, BOD 5, CT, CTT and *E. coli*. The analysis of variance (ANOVA) was performed to compare the concentrations of all the parameters in the effluent, at 5% significance level. Temperature, turbidity, EC, color, total hardness, Ca, Mg, chlorides, Na, K, P, COD, BOD 5, CT, CTT and *E. coli* showed no statistically significant differences. The OD showed significant. The N, much significance and the pH, extreme statistical significance. The filters reduced the concentrations of nutrients, organic matter and pathogenic microorganisms, but with reduced flickers adopted times could not find statistical differences between treatments. These values were not compatible with those recommended for agricultural use, according to CONAMA resolution.

**Keywords:** Reuse, domestic sewage, intermittent sand filter.

## **LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1</b> – Parâmetros físico-químicos indicadores da qualidade de água .....	28
<b>TABELA 2</b> – Detalhamento funcional dos filtros .....	33
<b>TABELA 3</b> –Variáveis de qualidade das águas monitoradas .....	35

## LISTA DE APÊNDICE

<b>TABELA 4</b> – Controle de filtração do sistema experimental.....	83
<b>TABELA 5</b> – Resultados de P1 e P5 na coleta inicial.....	85
<b>TABELA 6</b> – Resultados de P1 e P5 na coleta final.....	85
<b>TABELA 7</b> – Resultados das análises de oxigênio dissolvido (mg/L).....	86
<b>TABELA 8</b> – Resultados das análises de temperatura da água (°C) .....	86
<b>TABELA 9</b> – Resultados das análises de turbidez (uT) .....	86
<b>TABELA 10</b> – Resultados das análises de pH.....	87
<b>TABELA 11</b> – Resultados das análises de condutividade elétrica (µS/cm).....	87
<b>TABELA 12</b> – Resultados das análises de cor (mg/L).....	87
<b>TABELA 13</b> – Resultados das análises de dureza total (mg/L) .....	88
<b>TABELA 14</b> – Resultados das análises de cálcio (mg/L).....	88
<b>TABELA 15</b> – Resultados das análises de magnésio (mg/L).....	88
<b>TABELA 16</b> – Resultados das análises de cloretos (mg/L) .....	16
<b>TABELA 17</b> – Resultados das análises de nitrogênio (mg/L).....	17
<b>TABELA 18</b> – Resultados das análises de sódio (mg/L) .....	189
<b>TABELA 19</b> – Resultados das análises de potássio (mg/L) .....	90
<b>TABELA 20</b> – Resultados das análises de fósforo (mg/L).....	90
<b>TABELA 21</b> – Resultados das análises de DQO (mgO <sub>2</sub> /L) .....	90
<b>TABELA 22</b> – Resultados das análises de DBO (mgO <sub>2</sub> /L) .....	91
<b>TABELA 23</b> – Resultados das análises de coliformes totais (NMP/100mL).....	91
<b>TABELA 24</b> – Resultados das análises de coliformes termotolerantes (NMP/100mL) .....	91
<b>TABELA 25</b> – Resultados das análises de <i>E. coli</i> (% Presença).....	92
<b>TABELA 26</b> – Resultados das análises de <i>E. coli</i> (% Ausência).....	92

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> - Disponibilização de água no planeta e no Brasil.....	18
<b>FIGURA 2</b> - Localização do município de Pombal – PB e seus limites geopolíticos .....	30
<b>FIGURA 3</b> - Localização do Campus da UFCG em Pombal – PB .....	31
<b>FIGURA 4</b> - Disposição do sistema de tratamento de esgoto com filtros intermitentes.....	32
<b>FIGURA 5</b> - Descrição da instalação dos filtros de areia .....	32
<b>FIGURA 6</b> - Instrumentos de controle da intermitência dos filtros .....	33
<b>FIGURA 7</b> - Escala de controle do fluxo de saída do reservatório de distribuição .....	34
<b>FIGURA 8</b> - Medições do oxigênio dissolvido e temperatura .....	36
<b>FIGURA 9</b> - Análises dos parâmetros físico-químicos .....	36
<b>FIGURA 10</b> - Foto ilustrativa dos tubos de ensaio com os meios de cultura seguindo a técnica de tubos múltiplos.....	38
<b>FIGURA 11</b> - Foto ilustrativa de placa de Petri com Ágar EMB seguindo o método de estriamento em placa. ....	38
<b>FIGURA 12</b> - Monitoramento de água filtrada no sistema experimental .....	40
<b>FIGURA 13</b> - Variação temporal de OD .....	41
<b>FIGURA 14</b> - Ilustração da média de OD nas amostras coletadas (mg/L) .....	42
<b>FIGURA 15</b> - Variação temporal de temperatura.....	43
<b>FIGURA 16</b> - Ilustração da média de temperatura nas amostras coletadas (°C).....	43
<b>FIGURA 17</b> - Variação temporal de turbidez.....	44
<b>FIGURA 18</b> - Ilustração da média de turbidez nas amostras coletadas (uT) .....	45
<b>FIGURA 19</b> - Variação temporal de pH .....	46
<b>FIGURA 20</b> - Ilustração da média de pH nas amostras coletadas.....	47
<b>FIGURA 21</b> - Variação temporal de CE.....	48
<b>FIGURA 22</b> - Ilustração da média de CE nas amostras coletadas (µS/cm) .....	48
<b>FIGURA 23</b> - Variação temporal de cor .....	49
<b>FIGURA 24</b> - Ilustração da média de cor nas amostras coletadas (mg/L) .....	50
<b>FIGURA 25</b> - Variação temporal de dureza total .....	50
<b>FIGURA 26</b> - Ilustração da média de dureza total nas amostras coletadas (mg/L) .....	51
<b>FIGURA 27</b> - Variação temporal de Ca .....	52
<b>FIGURA 28</b> - Ilustração da média de cálcio nas amostras coletadas (mg/L).....	52
<b>FIGURA 29</b> - Variação temporal de Mg .....	53
<b>FIGURA 30</b> - Ilustração da média de magnésio nas amostras coletadas (mg/L).....	54

<b>FIGURA 31</b> - Variação temporal de cloretos .....	54
<b>FIGURA 32</b> - Ilustração da média de cloretos nas amostras coletadas (mg/L).....	55
<b>FIGURA 33</b> - Variação temporal de N.....	56
<b>FIGURA 34</b> - Ilustração da média de nitrogênio nas amostras coletadas (mg/L).....	57
<b>FIGURA 35</b> - Variação temporal de Na .....	58
<b>FIGURA 36</b> - Ilustração da média de sódio nas amostras coletadas (mg/L).....	58
<b>FIGURA 37</b> - Variação temporal de K.....	59
<b>FIGURA 38</b> - Ilustração da média de potássio nas amostras coletadas (mg/L) .....	60
<b>FIGURA 39</b> - Variação temporal de P .....	61
<b>FIGURA 40</b> - Ilustração da média de fósforo nas amostras coletadas (mg/L).....	61
<b>FIGURA 41</b> - Variação temporal de DQO .....	62
<b>FIGURA 42</b> - Ilustração da média de DQO nas amostras coletadas (mgO <sub>2</sub> /L) .....	63
<b>FIGURA 43</b> - Variação temporal de DBO .....	64
<b>FIGURA 44</b> - Ilustração da média de DBO nas amostras coletadas (mgO <sub>2</sub> /L).....	65
<b>FIGURA 45</b> - Variação temporal de Coliformes Totais.....	66
<b>FIGURA 46</b> - Variação temporal de Coliformes Termotolerantes .....	67
<b>FIGURA 47</b> - Variação temporal de presença de <i>E. coli</i> .....	67
<b>FIGURA 48</b> - Variação temporal de ausência de <i>E. coli</i> .....	68

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA: Agência Nacional de Águas

ANOVA: Análise de Variância

APHA: American Public Health Association

CCTA: Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar

CE: Condutividade elétrica

CETESB: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CNRH: Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CT – Coliformes Totais

CTT – Coliformes Termotolerates

CVT: Centro Vocacional Tecnológico

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO: Demanda Química de Oxigênio

*E. coli: Escherichia coli*

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FA 1: Filtro aeróbio 1

FA 2: Filtro aeróbio 2

FA 3: Filtro aeróbio 3

FAC: Filtro Anaeróbio com Chicanas

FILA: Filtros Intermitentes em Leito de Areia

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMSF: International Commission on Microbiological Specifications for Foods

LB: Leito de Brita

LP: Lagoa de Polimento

NBR: Norma Brasileira

NMP: Número Mais Provável

OD: Oxigênio dissolvido

OMS: Organização Mundial de Saúde

PB: Paraíba

pH: Potencial hidrogeniônico

PNRH: Política Nacional de Recursos Hídricos

PVC: Polivinilcloro

TUCV: Terra Úmida Construída Vegetada

UASB: Upflow Anaerobic Sludge Blanket

UFC: Unidade Formadora de Colônias

UFCG: Universidade Federal de Campina Grande

UNESP: Universidade Estadual de São Paulo

USEPA: Agency Protection Sanitary United Station

WHO: World Health Organization

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo geral.....	18
2.2 Objetivos específicos.....	19
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1 A escassez hídrica brasileira.....	18
3.2 Conceito e importância do reúso.....	19
3.3 Aspectos legais do reúso.....	21
3.4 Reúso na agricultura.....	21
3.5 Filtração como método de tratamento.....	22
3.6 Microrganismos indicadores de contaminação higiênico-sanitária.....	26
3.7 Características físico-químicas da água.....	27
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
4.1 Localização da área de estudo.....	30
4.2 Descrição do sistema experimental.....	31
4.3 Monitoramento quantitativo de água residuária.....	34
4.4 Análise físico-química.....	34
4.5 Análise microbiológica.....	37
4.6 Análise estatística.....	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
5.1 Volume de água filtrado.....	40
5.2 Parâmetros físico-químicos.....	41
5.2.1 Oxigênio dissolvido (OD).....	41
5.2.2 Temperatura da água.....	42
5.2.3 Turbidez.....	44
5.2.4 Potencial hidrogeniônico (pH).....	45
5.2.5 Condutividade elétrica (CE).....	47
5.2.6 Cor.....	50
5.2.7 Dureza total.....	50
5.2.8 Cálcio (Ca).....	53
5.2.9 Magnésio (Mg).....	54
5.2.10 Cloretos.....	55
5.2.11 Nitrogênio (N).....	57
5.2.12 Sódio (Na).....	57
5.2.13 Potássio (K).....	59
5.2.14 Fósforo (P).....	60
5.2.15 Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	62
5.2.16 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	64
5.3 Parâmetros microbiológicos.....	66
5.3.1 Coliformes totais (CT), coliformes termotolerantes (CTT) e <i>E. coli</i> .....	66
6. Conclusões.....	68
REFERÊNCIAS.....	72
ANEXO.....	80
APÊNDICES.....	82

## 1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, o homem possui uma relação dualista com o recurso água, sendo necessário universalizar o acesso à água e ao mesmo tempo promover a sustentabilidade dos recursos hídricos. É fato que uma parcela significativa da população mundial não tem acesso a água potável e, por outro lado, reconhece-se a realidade da exaustão dos recursos hídricos. (ROCHA et al., 2010)

No mundo, as águas ocupam 70% da superfície terrestre e apenas 0,63% é doce. Entretanto, parte desta é imprópria para o consumo, já que se encontra com algum tipo de poluição ou congelada (LIMA, 2010). A escassez dos recursos hídricos tem-se tornado cada dia mais agravante, tanto na quantidade quanto na qualidade do recurso água em todo o mundo.

Dentre as regiões que sofrem com o problema da escassez estão as regiões semiáridas, onde as chuvas são distribuídas de forma irregular, no tempo e o espaço, podendo ocorrer estiagens em determinados períodos e enchentes em outros (BRASIL, 2012).

Outra característica hidrológica dessas regiões é a evapotranspiração, que provoca déficit de água nos períodos sem chuva, ficando complicado gerir os recursos hídricos de forma racional, uma vez que a população sofre com a incerteza da disponibilidade de água para os diversos usos (BRASIL, 2012).

O setor que apresenta maiores dificuldades de gerenciamento de água nestas regiões é o setor agrícola, uma vez que demanda maior volume de água e necessita de água em quantidade e com qualidade para produzir alimentos (BRASIL, 2001; SOUTO, 2005).

Percebe-se a fundamental importância de um estudo relacionado à utilização de águas residuárias, priorizando a observação da qualidade microbiológica deste recurso, viabilizando uma ação eficiente.

O consumo de água e a presença de pontos de desperdício são bem consideráveis no CCTA/UFMG. Há duas centrais de aulas, compostas por 28 amplas salas; três centrais de laboratórios, com 38 salas ao todo; duas residências universitárias, com 14 quartos em cada prédio, que possuem também sala de estar, de estudo, cozinha e 14 banheiros; uma central dos professores com 44 salas e 4 banheiros, além de uma copa; um bloco de administração e os demais prédios que também são divididos em ambientes com várias salas, um auditório e um miniauditório, além de 62 banheiros distribuídos pelas edificações do campus, sendo importante propor o reuso de água como medida de controle e reaproveitamento deste recurso (SILVA, 2014).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

- ✓ Investigar o desempenho do pós-tratamento de efluente de tanque séptico em filtros de areia com fluxos intermitentes, sob os aspectos físico-químicos e microbiológicos.

### **2.2 Objetivos específicos**

- ✓ Avaliar características físicas, químicas e microbiológicas do efluente do tratamento anaeróbio (tanque séptico/filtro anaeróbio) e os efluentes dos três filtros intermitentes de areia, instalados no CCTA/UFCG;
- ✓ Investigar a eficiência da redução de coliformes totais e termotolerantes nos sistemas de tratamento;
- ✓ Buscar o enquadramento dos efluentes nos parâmetros de reuso agrícola com base na resolução 357/2005 do CONAMA, tendo em vistas seu uso potencial na agricultura;
- ✓ Contribuir para o uso sustentável dos recursos hídricos, sem prejudicar o meio ambiente e o rendimento das culturas.

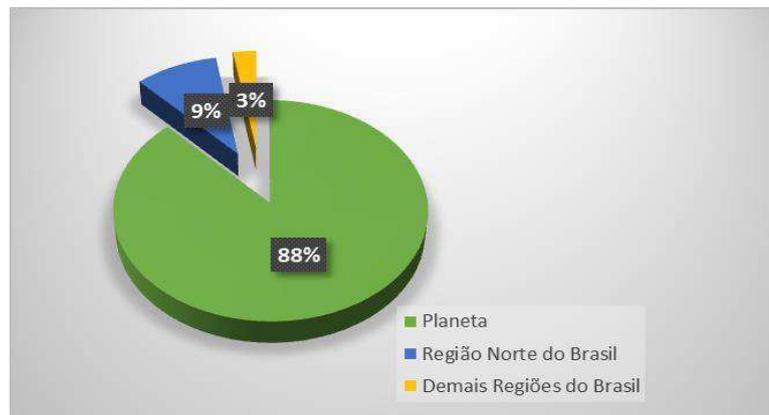
### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 A escassez hídrica brasileira

A ocupação urbana e o adensamento populacional desordenado têm resultado em graves crises de abastecimento de água (BERTONCINI, 2008). O Brasil, por exemplo, possui uma área territorial de 8.515.767,049 km<sup>2</sup> e cerca de mais de 201 milhões de habitantes (IBGE, 2014). Os contrastes existentes quanto ao clima, distribuição da população, desenvolvimento econômico, entre outros, são enormes (BRASIL, 2001).

Em relação aos recursos hídricos, os mesmos correspondem a uma vazão da ordem de 169.000 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, cerca de 12% do total mundial como pode ser observado na Figura 1. Deste total, aproximadamente 9,4% se encontra na região norte do país onde vive 5% da população brasileira e, os 2,6% restantes estão distribuídos nas demais regiões do país (ROCHA et al., 2010).

FIGURA 1. Disponibilização de água no planeta e no Brasil



Fonte: Adaptada de ROCHA et al. (2010)

A primeira vista, esse volume de água renovável é suficiente para atender as atividades humanas. Entretanto, a ANA (2007) indica que em níveis estatísticos 69% de água no Brasil vão para a agricultura, isso indica que os restantes que seriam o espaço urbano, industrial e animal ficam com uma pequena porção desta água.

De acordo com Tundisi (2003), fatores como a distribuição espacial desigual de água, a variabilidade natural das séries hidrométricas, as peculiaridades climáticas e a intervenção desordenada do homem no ciclo hidrológico alteram a disponibilidade da água, provocando escassez da mesma em diversas regiões.

Segundo Bertoncini (2008) a falta de tratamento de esgotos e de efluentes industriais e agroindustriais e o desperdício de água na irrigação agrícola contribuem para este cenário de escassez de água.

Cirilo et al. (2007) comenta que o semiárido brasileiro é um dos semiáridos com maior densidade populacional do mundo, o que torna necessário estudar as melhores formas de convivência com a escassez hídrica. É imprescindível que se haja investimentos em tecnologias que busquem soluções e alternativas para ampliação e oferta de água, assim como para reduzir índices de perdas e desperdícios (ANA et al, 2005).

Diversas medidas podem ser adotadas com objetivo de conservar água, tais medidas englobam ações que abrangem duas áreas distintas: a humana e a técnica. Na área técnica estão inseridas as ações de medições e aplicações de tecnologias e procedimentos para o uso da água. Já na humana, estão inseridas como o comportamento para a realização de atividades que utilizam água (LIMA, 2010).

São exemplos de medidas de conservação de água: o monitoramento do consumo, a manutenção do sistema, a correção de vazamentos, medição setorizada, campanhas de sensibilização e educativas, e instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo de água (ANA et al, 2005). O reuso também apresenta-se como uma das medidas inteligentes de racionalização dos recursos hídricos, porém, de acordo com Telles e Costa (2007), há ainda a necessidade de aceitação da sociedade e vontade política para a mesma se concretizar como tecnologia sistemática.

### **3.2 Conceito e importância do reuso**

Conforme a Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, o reuso de água se constitui em uma técnica de racionalização e de conservação de recursos hídricos.

Essa técnica proporciona a redução e a descarga de poluentes em corpos receptores, conservando dessa forma os recursos hídricos para o abastecimento público e outros usos mais exigentes quanto à qualidade. Há também a redução dos custos associados à poluição e contribuição para a proteção do meio ambiente e da saúde pública (CUNHA et al., 2011)

O reuso da água pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não planejadas (HESPANHOL, 2003; MANCUSO e SANTOS, 2003).

O reuso indireto não planejado da água ocorre quando a mesma é utilizada em alguma atividade humana e em seguida descarregada no meio ambiente, sendo utilizada novamente a

jusante na sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Assim, a água está sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico, podendo ocorrer por diluição ou autodepuração (CETESB, 2014).

O reuso indireto planejado ocorre quando os efluentes tratados são descarregados de forma planejada nos corpos de águas, para ser utilizadas a jusante de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico. Nesse tipo de reuso existe também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, para onde o efluente é depositado, garantindo assim que o efluente tratado misture-se apenas a outros efluentes que também atendam ao requisito de qualidade do reuso objetivado (CETESB, 2014).

O reuso direto planejado ocorre quando os efluentes, após tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso, não sendo descarregados no meio ambiente (CETESB, 2014).

Percebe-se a importância de medidas de conservação de água. ANA et al. (2005) define essas medidas como qualquer ação que venha a reduzir a quantidade de água extraída em fontes de suprimento, o consumo, o desperdício e que aumente a eficiência do seu uso, ou, ainda, que aumente a reciclagem e o reuso da água.

Segundo Bernardi (2003) a reutilização de águas residuárias, de uma maneira geral, e das domésticas, de forma particular, promove as seguintes vantagens: propicia o uso sustentável dos recursos hídricos; minimiza a poluição hídrica nos mananciais; estimula o uso racional de águas de boa qualidade; permite evitar a tendência de erosão do solo e controlar processos de desertificação, por meio da irrigação e fertilização de cinturões verdes; possibilita a economia de dispêndios com fertilizantes e matéria orgânica; provoca aumento da produtividade agrícola; gera aumento da produção de alimentos; e permite maximizar a infra-estrutura de abastecimento de água e tratamento de esgotos pela utilização múltipla da água aduzida.

Os sistemas de reuso quando adequadamente planejados e administrados proporcionam benefícios ambientais e melhorias na saúde, como redução do lançamento de efluentes industriais em cursos de água, o que possibilita melhoria na qualidade das águas interiores das regiões mais industrializadas; redução da captação de águas superficiais e subterrâneas, possibilitando uma situação ecológica mais equilibrada; aumento da disponibilidade de água para usos mais exigentes, como abastecimento público (HESPANHOL, 2002).

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

a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, a estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água (HESPANHOL, 2002).

Os benefícios ambientais são significativos na prática do reuso em um sistema, pois permite maior disponibilidade de volume de água para outros fins, minimizando os custos relativos à cobrança pelo recurso hídrico (HESPANHOL et al., 2007).

### **3.3 Aspectos legais do reuso**

Não somente no Brasil, mas em muitos países, a legislação sobre reuso é inexistente, muito branda ou muito restritiva (BERTONCINI, 2008).

A Constituição Federal Brasileira de 1988 garante a todos um meio ambiente sustentável, devendo não só ao Poder Público, mas a toda a coletividade, preservá-lo, e dentro deste meio ambiente está os recursos hídricos, indispensáveis a nossa sobrevivência.

Mesmo com uma legislação sobre o direito das águas vigorando desde 1934, o Código das Águas, não foi possível se encontrar meios de superar os desconfortos hídricos existentes no país, a contaminação da água e os conflitos sobre os usos, nem tão pouco a promoção de uma gestão descentralizada e participativa, que é o que se exige atualmente.

Com o objetivo de solucionar essas dificuldades e acenar para a necessidade de se racionalizar o uso de água como forma de garantir o abastecimento futuro da população foi promulgada em 1997 a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) por meio da Lei Federal nº 9.433/97.

Para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos criou-se a Agência Nacional de Águas (ANA) pela Lei Federal nº 9.984 de 17 de julho de 2000, a qual cabe à implementação e aplicação da Lei nº 9.433/97, segundo seus princípios, instrumentos e arranjo institucional (BRASIL, 2001). Entre seus fundamentos, está a necessidade da gestão descentralizada e participativa, envolvendo todos os setores da sociedade, como o poder público, os usuários e as comunidades (BRASIL, 2008).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos, a partir dessa necessidade, criou a Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005. A mesma diz que a prática do reuso deve ser utilizada como instrumento para regular a oferta e a demanda de recursos hídricos, como também que o reuso reduz os custos associados à poluição e contribui para a proteção do meio ambiente e da saúde pública. A Resolução preconiza, em seu Art. 10º, que deverão ser incentiva-

dos e promovidos programas de capacitação, mobilização social e informação quanto à sustentabilidade do reuso, em especial os aspectos sanitários e ambientais.

Em 2006, a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) do Estado de São Paulo lançou a Instrução Técnica Nº 31, que define procedimentos internos e critérios mínimos para disciplinar o reuso de água proveniente de Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário. São vários os parâmetros estipulados para caracterização do esgoto doméstico tratado. A Instrução estabelece concentrações máximas permitidas para várias substâncias e parâmetros microbiológicos (BERTONCINI, 2008). Os valores permitidos de coliformes fecais e ovos de helmintos foram compilados da OMS (2006), dependendo do tipo de cultura a ser irrigada (BERTONCINI, 2008).

Silva et. al. (2003) comentam que a natureza jurídica do reuso de água deverá ser bem explicitada, a fim de que não cause entraves jurídicos futuros, que venham inviabilizar uma das soluções encontradas para um problema que se tornou mundial: a escassez de água.

É importante que os órgãos outorgantes e gestores dos recursos hídricos procurem se informar sobre a prática de reuso e o consumo de água nas várias alternativas de processo, de forma a poder fundamentar decisões sobre o incentivo a essa prática.

### **3.4 Reuso na agricultura**

Há diversas modalidades de reuso da água: o urbano, o industrial, o paisagístico, o agrícola, o doméstico, o recreacional, a recarga de aquíferos e o reuso na aquíicultura e pesca (BERTONCINI, 2008). Neste texto será abordado apenas o reuso agrícola.

A agricultura depende, atualmente, de suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade de produção de alimentos não poderá ser mantida, sem o desenvolvimento de novas fontes de suprimento e a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais (HESPANHOL, 2002).

A reutilização de efluente doméstico quando tratado corretamente, surge como uma alternativa para suprir a falta de fontes de água utilizada na irrigação, porém, o uso desta água sem passar por um tratamento adequado, poderá comprometer o comportamento físico e químico do solo (VARALLO et al., 2010).

Os padrões de qualidade para as diversas finalidades da água devem ser embasados em suporte legal, através de legislações que estabeleçam e convençionem os requisitos, em função do uso previsto para a água (TELLES; COSTA, 2007). O controle sanitário da água utili-

zada nas práticas agrícolas é importante para a manutenção da saúde da população (MORETTI, 2003).

Diversos países já adotam o reuso na agricultura. Japão, Estados Unidos, Austrália e países da União Européia na região mediterrânea possuem mais de 3.300 instalações para tratamento e recuperação da água (BERTONCINI, 2008). Nas regiões mediterrâneas e América Latina há predomínio do reuso agrícola (BIXIO et al., 2008).

No México, 45.000 litros de esgoto produzidos na cidade do México são misturados diariamente, por segundo, com água de chuva, sendo a mistura encaminhada por meio de canais a uma distância de 60 km, para irrigação de 80.000 hectares cultivados com cereais e forragens (BASTOS, 2003). Israel adota o sistema de distribuição de água dual, uma rede de água potável (de cor branca ou azul) que leva água potável para o consumo das casas, escritórios e indústrias; e a outra de águas residuais (de cor roxa), que são utilizadas na irrigação de culturas agrícolas (ROCHA et. al., 2010).

Em Israel, a prática do reuso é planejada e controlada por meio de legislação, e no caso do México, não há tratamento, nem controle da disposição de efluentes sanitários no solo, caracterizando uma situação não recomendável (BERTONCINI, 2008).

Quando ocorre um planejamento adequado, o reuso de águas residuárias no sistema solo-planta, poderá proporcionar benefícios, destacando-se nutrientes e uma fonte alternativa de água para as plantas, reduzindo a utilização dos fertilizantes nas lavouras (ERTHAL et al., 2010).

Na Jordânia ao longo de quase 20 anos usando indiscriminadamente efluentes de lagoas de estabilização para fins agrícolas, além das suas elevadas taxas de evaporação, proporcionou problemas de salinidades dos solos e redução significativa na produção de lavouras em suas áreas agricultáveis (AMMARY, 2007).

A decisão quanto ao reuso de água na agricultura, especialmente na irrigação, deve ser tomada com base em múltiplos aspectos, incluindo os de natureza ambiental, sanitário, cultural, técnico e econômico, de forma que os benefícios decorrentes do reuso superem os custos e riscos envolvidos neste processo (AIROLDI, 2007)

Na irrigação de frutas e hortaliças deve-se haver cuidados específicos, pois esses produtos ao serem consumidos crus podem servir de via de transmissão, uma vez que parasitas, bactérias e vírus podem estar presentes, devido a contaminação do solo e águas de irrigação, por fezes, esgotos, entulhos, práticas de lavagem em água parada, armazenamento impróprio, recipientes e equipamentos contaminados (ARBOS, 2009).

Resultados de pesquisas com diversas culturas (algodão - FEIGIN et al., 1978; FERREIRA et al., 2005 e FIDELES FILHO et al., 2005; milho - AL-JALOUD et al., 1995; berinjela - AL-NAKSHABANDI et al., 1997; alface - SANDRI, 2003, café - MEDEIROS, 2005, e SOUZA, 2005; mamona - NASCIMENTO et al., 2004; plantas forrageiras - AZEVEDO et al., 2007; fruticulturas - REGO et al., 2005 e CRUZ et al., 2008; e na produção de mudas de espécies florestais - AUGUSTO et al., 2003) têm corroborado que a aplicação de água residuária tem grande potencial de suprir, parcial ou totalmente, as exigências nutricionais das culturas.

Paralelamente à pesquisa, Medeiros (2015) cultivou berinjela sob irrigação com a água residuária pós tratada e analisada, doses de nitrogênio e fósforo.

### **3.5 Filtração como método de tratamento de esgoto**

O propósito do tratamento de esgoto é ajustar suas características indesejáveis de tal maneira que o seu uso ou a sua disposição final possa ocorrer de acordo com as regras e critérios definidos pelas autoridades regulamentadoras (HENRIQUE, 2010).

Uma tecnologia bastante empregada é a anaeróbia, resultando em diversas vantagens, uma delas é a economia de áreas. Nesse sistema ocorre uma baixa remoção de matéria orgânica, nutrientes e patógenos, necessitando de um pós-tratamento para seu reuso (CHERNICARO, 2001).

O tanque séptico é um sistema de tratamento de nível primário (JORDÃO; PESSOA, 1995). É utilizado por comunidades que geram vazões relativamente pequenas e também é empregado em áreas urbanas desprovidas de rede coletora pública de esgoto sanitário. Nesse sistema os esgotos recebem um grau de tratamento compatível com sua simplicidade e baixo custo (ÁVILA, 2005).

Andrade Neto (1997) afirma que os tanques sépticos são encontrados em todo o Brasil, porém a maioria possui falhas de projeto, de execução e ou de operação. Existe uma vasta experiência, mas limitados recursos para avaliar o projeto, acompanhar a operação e a execução de forma a permitir o registro de informações e dados.

Os filtros intermitentes são unidades de tratamento secundário ou pós-tratamento de esgotos, sendo geralmente antecedidos por tanques sépticos. Podem estar abaixo ou acima do solo, serem enterrados ou cobertos, e seu meio filtrante pode ser areia ou outro material granular, empregando-se também mantas têxteis (DULTRA, 2007).

O funcionamento dos filtros de areia baseia-se na aplicação do efluente sobre leito de areia, no qual o líquido é tratado por meio de processos físicos, químicos e biológicos. O tratamento físico consiste na retenção de sólidos entre as partículas de areia, enquanto que o químico se dá pela retenção química entre as partículas do leito e aquelas presentes no efluente (BERTONCINI, 2008).

Os processos biológicos são os mais importantes e consistem na decomposição do material orgânico por microrganismos decompositores (BERTONCINI, 2008). Com a aplicação do efluente, as bactérias ficam aderidas à superfície dos grãos de areia, ocorrendo formação de uma camada superficial porosa, absorvendo assim, o material solúvel e os microrganismos presentes no efluente (METCALF & EDDY, 2003). Essa camada é considerada a parte biologicamente ativa dos filtros de areia, a maior parte da biodegradação da matéria orgânica ocorre nos 20 cm da superfície do leito (SABACH, 2008).

O desenvolvimento dos filtros intermitentes em leito de areia – FILA tem uma história de mais de 100 anos. Essas unidades proporcionam tratamento secundário avançado, ou terciário, para esgotos decantados ou efluentes de tanques sépticos (USEPA, 2000; ANDERSON et al. 1985).

A Norma Brasileira 13969/1997 (ABNT, 1997) regulamenta o tratamento de água em filtros de areia, recomendando que no pós-tratamento de efluente originado de tanque séptico, sua taxa de aplicação limita-se a  $100 \text{ L dia}^{-1}$ , e se o efluente for proveniente de um processo aeróbio, dobra-se esse valor.

Diversos experimentos, em escala de laboratório e de campo confirmam a eficiência da filtração intermitente na remoção de organismos patogênicos, sendo relatadas remoções de até 6 unidades logarítmicas. Em todos os casos relatados, o aumento da eficiência está relacionado com o tempo de permanência do efluente no leito, a uniformidade da aplicação sobre a superfície do leito e o fracionamento da carga hidráulica diária (MEIRELES et al., 2005).

Os intervalos entre as aplicações são necessários para ocorrer à falta do substrato proveniente da água residuária, forçando as bactérias a consumir o material retido para obter energia (CRITES & TCHOBANOGLOUS, 1998).

O uso de filtros intermitentes de areia em série apresenta melhores efluentes e carreiras maiores, mas tem o inconveniente de ser um sistema mais custoso e requerer desníveis entre as unidades, para o esgoto fluir por gravidade de um para o outro. Daí ser mais usado o sistema de um único filtro, ou filtros em paralelo, com uma única passagem do esgoto pelo leito (REED et.al., 1995; MIDDLEBROOKS, et.al., 1983).

### 3.6 Microrganismos indicadores de contaminação higiênico-sanitária

A composição dos esgotos depende dos usos das águas de abastecimento e varia com o clima, os hábitos e as condições socioeconômicas da população e da descarga de efluentes industriais, infiltração de águas pluviais, idade das águas residuárias, entre outros. Os esgotos apresentam uma fração sólida, basicamente matéria orgânica com grande diversidade de microrganismos (JORDÃO; PESSOA, 2005). Os microrganismos patogênicos incluem vírus, bactérias, protozoários e helmintos (BRASIL, 2013).

Geralmente, as bactérias são utilizadas como indicadoras da falta de medidas sanitárias, no intuito de revelar defeitos no tratamento e/ou na manipulação, que levam consigo um perigo potencial, mesmo não estando necessariamente na amostra particular examinada, mas que pode ser provavelmente encontrado em amostras paralelas (APHA, 1998).

Segundo a ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods) microrganismos indicadores podem ser agrupados em: (I) Microrganismos que não oferecem riscos direto a saúde: contagem padrão de mesófila, contagem de psicrótrófos e termófilos, contagem de bolores e leveduras. (II) Microrganismos que oferecem um risco baixo ou indireto à saúde: coliformes totais, coliformes fecais, *Enterococcus*, *Enterobacteriaceae* totais e *Escherichia coli* (SILVA, 2002). Os coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* representam o grupo observado durante a pesquisa.

O grupo de coliformes é dividido em coliformes totais e fecais ou termotolerantes. São microrganismos indicadores de contaminação de origem fecal, ou seja, do contato do alimento com fezes humanas ou de animais, o que caracteriza condições inadequadas durante a produção. Além da contaminação natural, esses microrganismos também são disseminados através da higiene deficiente no manuseio (OLIVEIRA et al., 2006).

Os coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a  $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$  em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima  $\beta$  – galactosidase (BRASIL, 2013).

Fazem partes desse grupo predominantemente bactérias pertencentes aos gêneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*, da família *Enterobacteriaceae*. Apenas a *Escherichia coli* tem como habitat primário o trato intestinal do homem e animais homeotérmicos. Os demais, além de serem encontrados nas fezes, também estão presentes em outros

ambientes como na vegetação e no solo, onde persistem por tempo superior ao de bactérias patogênicas de origem intestinal como *Salmonella* e *Shigella* (FRANCO; LANDGRAF, 2005).

Os coliformes termotolerantes, subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  em 24 horas; tem como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal. A razão da escolha desse grupo de bactérias como indicador de contaminação da água deve-se aos seguintes fatores:

- a. São encontradas nas fezes de animais de sangue quente, inclusive dos seres humanos.
- b. São facilmente detectáveis e quantificáveis por técnicas simples e economicamente viáveis, em qualquer tipo de água.
- c. Sua concentração na água contaminada possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal desta.
- d. Tem maior tempo de sobrevivência na água que as bactérias patogênicas intestinais, por serem menos exigentes em termos nutricionais, além de serem incapazes de se multiplicarem no ambiente aquático ou se multiplicarem menos que as bactérias entéricas.
- e. São mais resistentes aos agentes tensoativos e agentes desinfetantes do que bactérias patogênicas (BRASIL, 2013).

Podem ser transmitidos pela falta e ineficiência de tratamento de esgotos e com o reuso de águas residuárias sem tratamento na agricultura. Muitos dos patógenos encontrados nas águas residuárias são responsáveis pelas gastroenterites, febres tifoide e paratifoide, disenteria, diarreia e cólera (CUTOLO, 2009). Embora a maioria dessas bactérias não seja patogênica, pode representar riscos à saúde, como também deteriorar a qualidade da água, provocando odores e sabores desagradáveis (BRASIL, 2013).

### 3.7 Características físico-químicas da água

As características físicas são relativas aos sólidos presentes na água. Envolvem aspectos de ordem estética e subjetiva, como cor, sabor, turbidez, odor e temperatura. Por causar repugnância, levam preferência pela água de melhor aparência, que pode inclusive ser de pior qualidade (TELLES; COSTA, 2007).

As características químicas da água referem-se às substâncias dissolvidas que podem causar alterações nos valores dos parâmetros: pH, alcalinidade, acidez, dureza, ferro e manganês, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, matéria orgânica e inorgânica (TELLES; COSTA, 2007).

Na tabela 1 estão apresentados os parâmetros físico-químicos indicadores de qualidade da água, observados e analisados durante a pesquisa.

TABELA 1. Parâmetros físico-químicos indicadores da qualidade de água

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO	ALTERAÇÕES
<b>Temperatura</b>	Está relacionada com o aumento do consumo de água, com a fluoretação, com a solubilidade e ionização das substâncias coagulantes, com a mudança do pH, com a desinfecção, etc.	As mudanças ocorridas na temperatura podem ser causadas por transferência de calor por radiação, condução e convecção vindos da atmosfera e do solo ou águas de torres de resfriamento e despejo industriais.
<b>Cor</b>	É proveniente da matéria orgânica como, por exemplo, substâncias húmicas, taninos e também por metais como ferro e manganês e resíduos industriais fortemente coloridos.	Água de cor elevada provoca a sua rejeição por parte do consumidor e o leva a procurar outras fontes de suprimento muitas vezes inseguras.
<b>Turbidez</b>	Ocorre devido à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência. Pode ser provocada também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais.	A turbidez da água é incrementada pelo aporte das partículas que compõem os efluentes domésticos sem tratamento.
<b>Condutividade elétrica</b>	Indica a capacidade da água natural transmitir a corrente elétrica em função de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions, sendo, por consequência, diretamente proporcional à concentração iônica.	As descargas industriais, consumo de sal em residências e comércios e excreções de sais pelo homem e animais podem provocar alterações neste parâmetro.
<b>pH</b>	O pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução. Na água, esse fator é de excepcional importância, principalmente nos processos de tratamento. O valor do pH varia de 0 a 14.	O excesso de matéria orgânica dos esgotos contribui para reduzir o pH na água devido à liberação de gás carbônico e de compostos orgânicos ácidos.
<b>Dureza total</b>	É a soma da concentração dos íons cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), sendo expresso em $\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ . Pode ser obtida pela soma das durezas de carbonatos (dureza temporária) e de não carbonatos (dureza permanente).	A sua origem natural é da dissolução de rochas calcíneas ou outros minerais que contenham Cálcio e Magnésio ou se for antropogênica é devido aos despejos industriais.
<b>Oxigênio dissolvido</b>	É um gás essencial aos animais (incluindo peixes). Sua escassez favorece a liberação de compostos tóxicos na água por determinados processos biológicos. É reconhecidamente o parâmetro mais importante para expressar a qualidade de um ambiente aquático.	A excessiva carga orgânica dos esgotos aumenta a demanda bioquímica de oxigênio, de maneira a reduzir expressivamente as concentrações de oxigênio na coluna d'água.
<b>Nitrogênio</b>	Além da origem natural, apresenta significativa origem antrópica, decorrente do lançamento de despejos domésticos, industriais e de criatórios de animais, e de fertilizantes utilizados em solos agriculturáveis passíveis de serem carregados pelas chuvas.	Os efluentes domésticos sem tratamento causam um expressivo aumento nas concentrações de nitrogênio nos ecossistemas aquáticos. Quantidades elevadas podem causar crescimento desordenado das plantas e retardamento na maturação dos frutos, propiciando colheitas de baixa qualidade.
<b>Fósforo</b>	Apresenta-se nas formas de ortofosfatos, polifosfato e fósforo orgânico, originando-se da dissolução de compostos do solo e decomposição da matéria orgânica. Por atividade antrópica, o aporte de fósforo aos cor-	Tal como ocorre com o nitrogênio, o aporte de esgotos incrementa demasiadamente as concentrações de fósforo nos ecossistemas aquáticos.

	pos d'água pode ocorrer, semelhantemente ao nitrogênio, por lançamentos de despejos domésticos e industriais, fertilizantes e lixiviação de criatórios de animais.	
<b>Cloretos</b>	Pode advir da dissolução de sais, da intrusão de águas salinas e do lançamento de efluentes domésticos e industriais. Geralmente, os cloretos estão presentes em águas brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços até centenas de mg/L.	A concentração de cloreto é maior em águas residuárias domésticas, do que nas águas brutas, porém processos industriais também podem contribuir para a elevação de cloretos nas águas.
<b>Cálcio</b>	É um elemento indispensável a todas as plantas, pois atua na formação das células, promove a absorção de água, aumenta a elasticidade e permeabilidade da parede celular, conseqüentemente melhora a resistência das plantas e dos frutos contra o apodrecimento.	Sua origem natural é da dissolução de minerais que contenham Cálcio, e pela ação antrópica ocorre devido aos despejos industriais.
<b>Magnésio</b>	É um micronutriente fundamental para a fotossíntese e auxilia outros nutrientes dentro da planta, como o fósforo. Esse elemento quase sempre está em quantidades suficientes no solo.	Geralmente são alterados em águas brutas pela ação antrópica, principalmente, devido aos despejos industriais.
<b>Sódio</b>	As águas naturais contêm sódio devido à sua abundância e alta solubilidade de seus sais em água, encontrados na forma iônica ( $\text{Na}^+$ ).	O aumento dos níveis na superfície da água está associado, principalmente, em descargas de esgotos e efluentes industriais.
<b>Potássio</b>	É um elemento essencial tanto na nutrição das plantas quanto na dos humanos, e ocorre em águas subterrâneas como resultado da dissolução mineral de material vegetal em decomposição e escoamento agrícola.	Sais de potássio são usualmente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura, o despejo desses sais podem provocar alterações neste parâmetro.
<b>DBO<sub>5</sub></b>	A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é utilizada para identificar a presença de matéria orgânica na água. Indica o consumo ou a demanda de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica presente na água.	O principal efeito ecológico da poluição orgânica em um curso d'água é o decréscimo dos teores de oxigênio dissolvido
<b>DQO</b>	A Demanda Química de Oxigênio (DQO) representa a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica total presente na água.	As determinações da DQO são de grande importância na verificação do grau de poluição orgânica de cursos d'água, no estudo de cargas orgânicas poluidoras e na avaliação de sistemas de tratamentos biológicos.

Fonte: Adaptado de BRASIL (2013); PARRON, MUNIZ e PEREIRA (2011); ALVES (2009); MAROTTA, SANTOS e PRAST (2008); LIBÂNIO (2008); DUARTE (2006); MONTES et. al. (2006); VON SPERLING (2005); MPTLAESI (2004); MACÊDO (2002)

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização da área de estudo

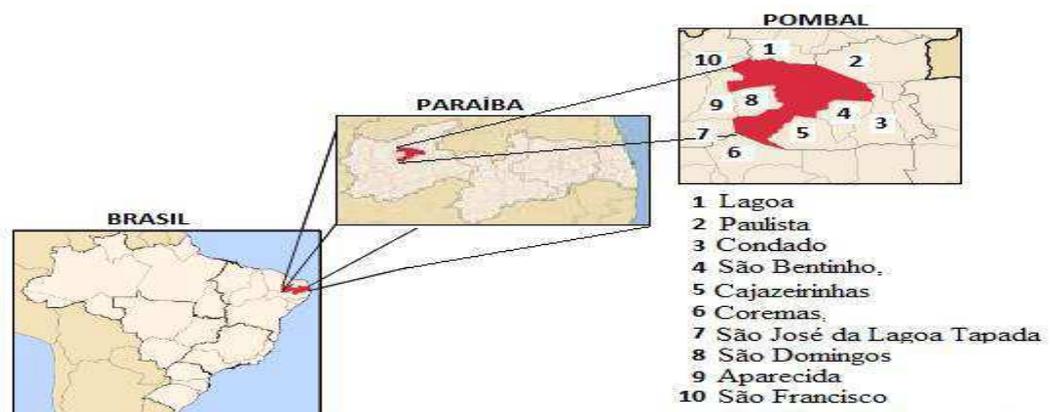
A pesquisa foi desenvolvida no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Pombal – PB.

O município de Pombal está situado sob as coordenadas geográficas 06°46'S, 37°48' O e altitude de 148 m, na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, que representa a imagem típica do semiárido nordestino, caracterizada por uma superfície de pediplanação bastante monótona, relevo predominantemente suave-ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas (BELTRÃO, 2005; IBGE, 2013).

É geograficamente bem localizado, e, ainda é banhado pelo rio Piancó/Piranhas, responsável pelo abastecimento de água da cidade, irrigação da agricultura e fonte de vida para a população da região.

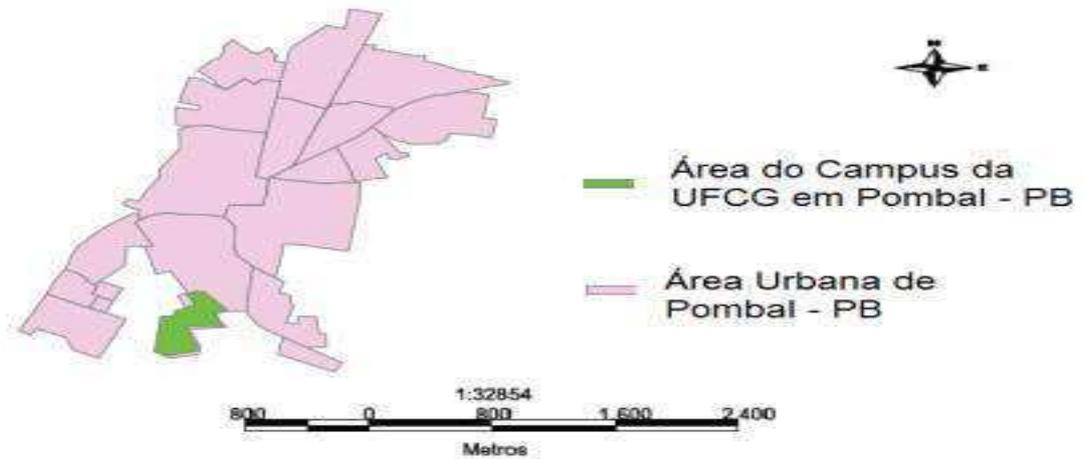
Nas Figuras 2 e 3 observam-se as localizações do município de Pombal e do campus da UFCG em Pombal.

FIGURA 2 - Localização do município de Pombal – PB e seus limites geopolíticos



Fonte: Adaptado de Carvalho (2013)

FIGURA 3 - Localização do Campus da UFCG em Pombal – PB



Fonte: Ismael (2014)

#### 4.2 Descrição do sistema experimental

Objetivando tratar esgoto doméstico, proveniente dos sanitários, chuveiros, mictórios e lavatórios do bloco de aulas II do CCTA-UFCG, foram instalados e monitorados durante seis meses, (setembro de 2014 a fevereiro de 2015) um tanque séptico, três filtros de areia com fluxo intermitente e uma caixa de armazenamento do efluente final gerado.

Entre setembro e outubro de 2014 o sistema experimental foi construído e nos meses subsequentes foi possível monitorar a qualidade de amostras de água residuária com o pós-tratamento do efluente do tanque séptico/filtro anaeróbio, seguido de filtros de areia com fluxo intermitente, bem como o controle de entrada do fluxo.

O esgoto foi coletado por tubulações e depositado em um tanque séptico, passando por um tratamento anaeróbio natural. Conectou-se um cano na saída do tanque ligado a um recipiente plástico com 500 L de capacidade (reservatório de distribuição do afluente). A distribuição foi feita por tubulações até os três filtros aeróbios com intermitências diferentes. O efluente produzido foi armazenado em recipiente plástico com capacidade de 500 L (Figura 4). Para a construção dos filtros de areia, adaptaram-se caixas de polietileno com capacidade de 250 L cada.

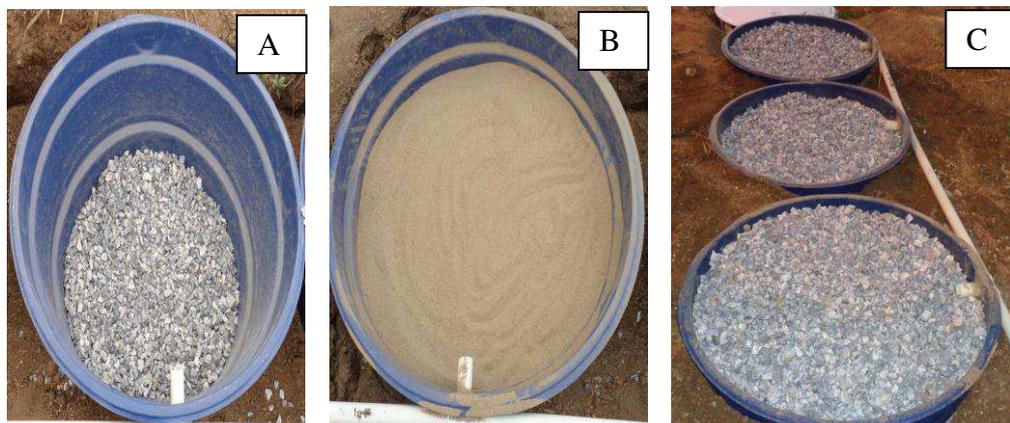
FIGURA 4 - Disposição do sistema de tratamento do esgoto com filtros intermitentes



Fonte: Autor (2015)

Os três filtros aeróbios de areia foram preenchidos com brita e areia na seguinte proporção: 10 cm de brita nº 1 na base (Figura 5A), 50 cm de areia na porção mediana (Figura 5B) e 5 cm de brita nº 0 na porção superior (Figura 5C). A areia utilizada nos três filtros foi a mesma, sendo peneirada numa peneira com diâmetro de 0,50 mm. O FA 1 recebeu 200 L/dia (50 L a cada 6hs) de efluente do tanque séptico, o FA 2 recebeu 150 L/dia (50 L a cada 8hs) e o FA 3 recebeu 100 L/dia (50 L a cada 12hs).

FIGURA 5 - Descrição da instalação dos filtros de areia. (A) Camada inferior, (B) Camada mediana e (C) Camada superior.



Fonte: Autor (2015)

Um agrupamento de canos PVC perfurados na parte inferior (Figura 6A) e um registro acoplado (Figura 6B) em cada filtro possibilitou a uniformidade na distribuição do

fluxo e o controle de entrada. O efluente pós – tratado foi drenado para uma caixa de 500 L para as coletas e análises.

FIGURA 6 - Instrumentos de controle da intermitência dos filtros. (A) Canos perfurados na parte inferior e (B) registros de controle de fluxo de água.



Fonte: Autor (2015)

As campanhas foram realizadas semanalmente. Entre os dias 18 de dezembro de 2014 a 12 de janeiro de 2015, as análises dos efluentes foram interrompidas devido ao recesso de fim de ano dos técnicos dos laboratórios. O monitoramento dos filtros e a irrigação na cultura da berinjela foram ininterruptos durante o período experimental.

Os pontos foram definidos da seguinte forma: P1 - efluente da fossa séptica, P2 – efluente do FA 1, P3 - efluente do FA 2, P4 – efluente do FA 3 e P5 – efluente da caixa de armazenamento, localizada após os filtros de areia. O detalhamento funcional dos filtros de areia encontra-se na tabela 2.

TABELA 2. Detalhamento funcional dos filtros

PONTO	FILTRO	INÍCIO DE ALIMENTAÇÃO DO FILTRO	TEMPO DE INTERMITÊNCIA
P2	1	7h	6/6h
P3	2	7h30min	8/8h
P4	3	8h	12/12h

Fonte: Autor (2015)

Medições de volume aplicado por vez, em cada filtro, foram realizadas para ajustar as taxas de aplicação, utilizando-se uma escala manual, pontuada a cada 10 L e localizada próximo ao reservatório de distribuição (Figura 7).

FIGURA 7 - Escala de controle do fluxo de saída do reservatório de distribuição



Fonte: Autor (2015)

#### 4.3 Monitoramento quantitativo de água residuária

O sistema foi ativado no dia 25 de outubro de 2014. Após vários ajustes, iniciou-se o monitoramento em 15 de dezembro de 2014. Os volumes considerados para cada filtro foram baseados no tempo de intermitência e quantidade de água residuária liberada.

A quantidade de água residuária da caixa de distribuição, excedida e desperdiçada antes do monitoramento e durante os maiores fluxos diários não foi contabilizada. O fluxo excedido foi desviado através de dois registros de controle, um de entrada e outro de saída, acoplados a um cano que ligava o tanque séptico à caixa de distribuição.

O monitoramento encontra-se em apêndice (Tabela 4). Houve a necessidade de reduzir na metade as taxas de aplicação de cada filtro por ocasião do período de férias e, consequentemente, redução do fluxo de pessoas na universidade, especialmente no bloco de aulas II. Definiu-se 0,2 m<sup>3</sup>/dia; 0,15 m<sup>3</sup>/dia; e 0,1 m<sup>3</sup>/dia, como as novas taxas de aplicação em FA 1, FA 2 e FA 3, respectivamente.

#### 4.4 Análise físico-química

Foram realizadas 8 campanhas, compreendendo o período de novembro de 2014 a fevereiro de 2015. As amostras foram coletadas e acondicionadas seguindo recomendações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011) e encaminhadas aos Laboratórios de Hidrologia, Solo e Análises de Água, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Pombal –

PB para as análises. Seguiram-se técnicas e metodologias diferentes para análise de cada parâmetro, representados na tabela 3.

TABELA 3. Variáveis de qualidade das águas monitoradas

VARIÁVEIS	UNIDADES	TÉCNICA/ INSTRUMENTO PARA DETERMI- NAÇÃO	METODOLOGIA
Temperatura (T)	°C	Oxímetro	APHA (1998)
Cor	mg/L	Fotocolorímetro	APHA (1998)
Turbidez	uT	Turbidímetro	APHA (1998)
Condutividade elétrica (CE)	μS/cm	Condutivímetro	APHA (1998)
pH	Adimensional	pHmetro	APHA (1998)
Dureza total	mg/L	Titulometria de Complexação	MPTLAESI (2004)
Oxigênio dissolvido (OD)	mg/L	Oxímetro	APHA (1998)
Nitrogênio (N)	mg/L	Espectrofotometria	APHA (1998)
Fósforo (P)	mg/L	Espectrofotometria	APHA (1998)
Cloretos	mg/L	Titulometria de Complexação	MPTLAESI (2004)
Cálcio (Ca)	mg/L	Titulometria de Complexação	MPTLAESI (2004)
Magnésio (Mg)	mg/L	Titulometria de Complexação	MPTLAESI (2004)
Sódio (Na)	mg/L	Fotometria de Chamas	APHA (1998)
Potássio (K)	mg/L	Fotometria de Chamas	APHA (1998)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	Método de incubação cinco dias, com diluição a 2%	SILVA e OLIVEIRA (2001)
DQO	mg/L	Método de refluxação fechada	SILVA e OLIVEIRA (2001)

Fonte: Autor (2015)

O oxigênio dissolvido e a temperatura da água foram verificados *in locu* (Figura 8), utilizando oxímetro.

FIGURA 8. Medições do oxigênio dissolvido e temperatura



Fonte: Autor (2015)

Turbidez (Figura 9A), pH (Figura 9B), dureza total, cálcio, magnésio e cloretos foram determinadas no Laboratório de Hidrologia. Condutividade elétrica, cor (Figura 9C), DBO e DQO (9D) foram medidos no Laboratório de Análises de Água. Sódio e potássio, nitrogênio e fósforo, respectivamente, foram determinados no fotômetro de chama (Figura 9E) e espectrofotômetro (Figura 9F), ambos no Laboratório de Solo.

FIGURA 9 - Análises de parâmetros físico-químicos. Medições de turbidez (A), pH (B), cor (C), Demanda Química de Oxigênio – DQO (D), Sódio e Potássio (E), Nitrogênio e Fósforo (F)



Fonte: Autor (2015)

Na primeira coleta, devido à indisponibilidade de alguns reagentes, foram realizadas apenas as coletas dos pontos P1 e P5 e, especificamente, as análises dos parâmetros físico-químicos. Os resultados encontram-se em apêndice (Tabela 5) e não foram representados nos gráficos.

Para a Demanda Química de Oxigênio foram efetuadas seis análises. A análise de DBO foi possível depois de se encontrar a faixa de diluição compatível com o efluente. Utilizou-se diluições de 15%, 5%, 4%, 3%, 2% e 1% nas primeiras análises. Somente na terceira campanha definiu-se como 2% a diluição compatível, somando-se cinco coletas com resultados satisfatórios.

Os valores dos parâmetros foram comparados com a Resolução 357/05 do CONAMA.

#### 4.5 Análise microbiológica

Foram realizadas 7 campanhas, compreendendo o período de dezembro de 2014 a fevereiro de 2015. As amostras foram coletadas e acondicionadas seguindo recomendações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011). E encaminhadas ao Laboratório de Análises de Água, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Pombal – PB para as análises.

O estudo bacteriológico das amostras consistiu na quantificação de NMP (Número Mais Provável) quanto à presença de bactérias dos grupos coliformes totais e coliformes termotolerantes.

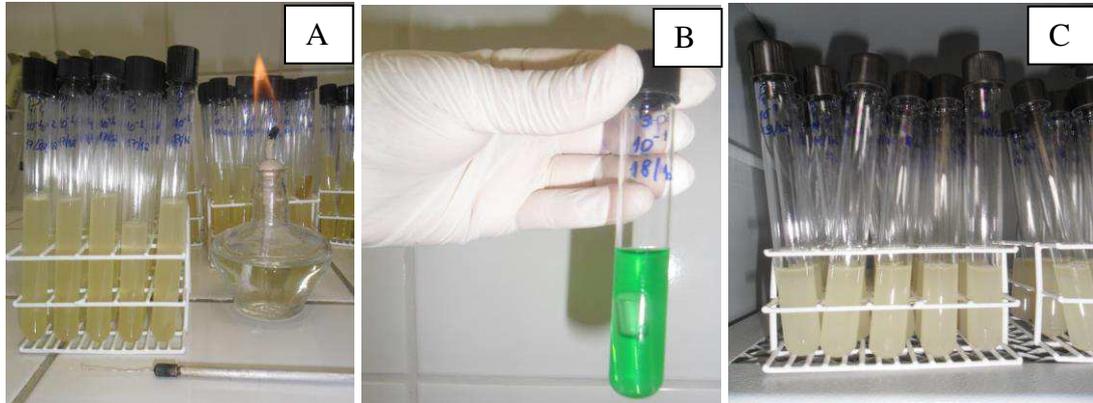
Foi utilizada uma série de diluições em água de diluição, na ordem de  $10^{-1}$  até  $10^{-8}$ , utilizou-se 15 tubos de ensaio distribuídos em 3 séries de 5 em 5 para cada diluição.

As amostras foram submetidas aos seguintes ensaios: **teste presuntivo** em meio de cultura com *Caldo Lauril Tryptose Broth* (Figura 10A) em concentração simples e dupla, com incubação em estufa, por  $24/48 \pm 2$  horas, em temperatura de  $35 \pm 0,5$  °C com a finalidade de confirmar a presença de coliformes.

Os que apresentaram resultado positivo foram submetidos ao **teste confirmativo** em meio de cultura com *Caldo Verde Bile Brilhante* (Figura 10B) com incubação em estufa, por  $24/48 \pm 2$  horas, em temperatura de  $35 \pm 0,5$  °C e, com *Caldo EC* (Figura 10C) em banho-maria com agitação contínua, por  $48 \pm 2$  horas, em temperatura de  $44,5 \pm 0,2$  °C.

A ocorrência de gases no tubo de Durham e crescimento microbiano indicou a presença de coliformes totais e coliformes termotolerantes (Figura 10).

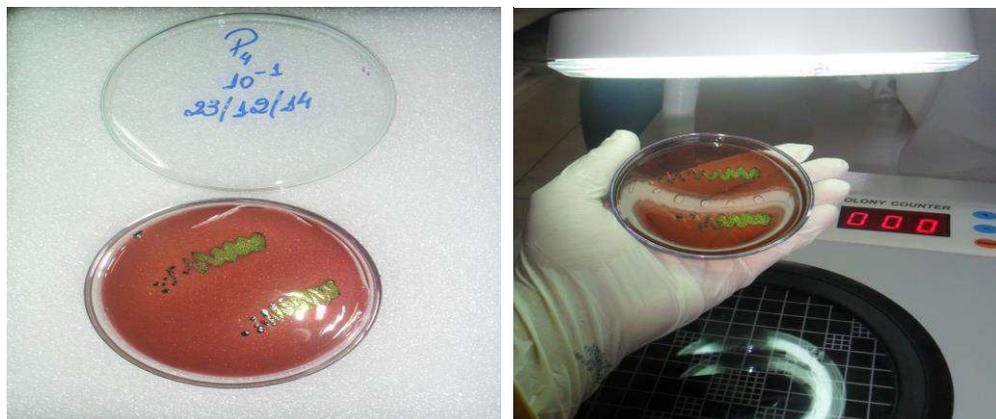
FIGURA 10 - Foto ilustrativa dos tubos de ensaios com os meios de cultura seguindo a técnica de tubos múltiplos. Meio de cultura em *Caldo Lauril* para teste presuntivo (A), teste confirmativo em meio de cultura com *Caldo Verde Bile Brillante* (B) e teste confirmativo em meio de cultura com *EC* (C)



Fonte: Autor (2015)

O procedimento para identificação de *E.coli* foi realizado pelo método de estriamento em placa (SILVA et al., 2010) que permite a obtenção de colônias bacterianas puras, ou seja, formadas a partir de uma unidade formadora de colônia. Os testes foram realizados utilizando Ágar EMB, incubação em estufa a  $44,5 \pm 0,2$  °C por 48 horas, com o auxílio de lupa para observação de possível existência de fluorescência azul/esverdeada na placa de Petri, a confirmação deste procedimento significa que há presença de *E.coli* na amostra examinada, conforme a Figura 11.

FIGURA 11. Foto ilustrativa de placa de Petri com Ágar EMB seguindo o método de estriamento em placa. Observação de presença de *E.coli* (A) e observação de existência de fluorescência azul/esverdeada com o auxílio de lupa (B)



Fonte: Autor (2015)

Os resultados de P5 (última coleta) não foram representados nos gráficos e encontram-se em apêndices (Tabela 6), juntamente com os resultados encontrados em P1, da mesma coleta.

#### **4.6 Análise estatística**

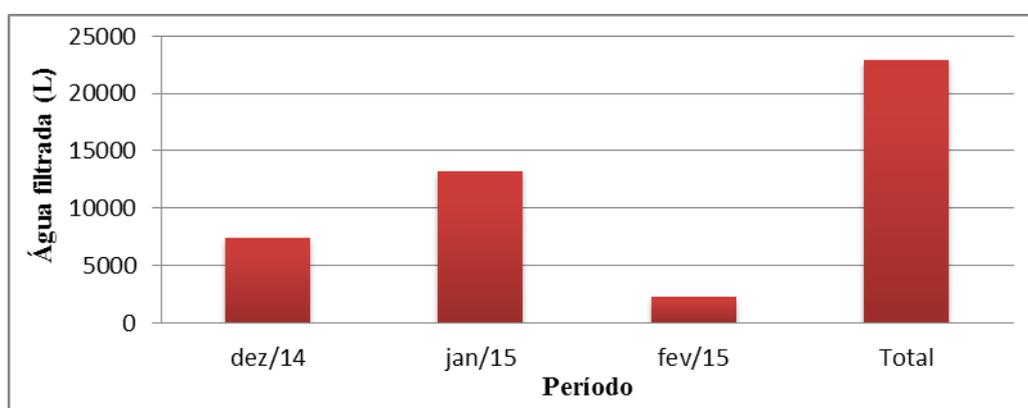
Os gráficos da pesquisa foram elaborados no programa Microsoft Excel 2010 a partir da tabulação dos dados coletados. Utilizou-se ainda o teste de Tukey, do programa estatístico Instat, para a análise de variância (ANOVA) e comparação de médias de cada parâmetro, comparando o efluente antes e depois da filtragem, nos três tempos de intermitência, com nível de significância de 5%, verificando a existência ou não de diferenças estatisticamente significativas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Volume de água filtrado

A Figura 12 representa o volume de efluente pós tratado durante o período de experimento, conforme apêndice (Tabela 4). Totalizou-se 22.870 L de água filtrada, aproximadamente 23 mil m<sup>3</sup>, sendo 7.450 L em dezembro, 13.170 L em janeiro e 2.250 em fevereiro. Se a quantidade de água excedida e desperdiçada tivesse sido contabilizada, a economia hídrica poderia ser dobrada ou triplicada.

FIGURA 12 - Monitoramento de água filtrada no sistema experimental



Fonte: Autor (2015)

A agricultura utiliza grande quantidade de água e as culturas podem tolerar águas de qualidade inferior. A prática do reuso surge como alternativa para minimizar o problema da escassez hídrica que desafia a humanidade dia após dia. Deve ser realizada de modo planejado, para obter o reaproveitamento correto dos efluentes residuais domésticos como fonte alternativa de água, e, ao mesmo tempo, preservar o meio ambiente, tornando o uso sustentável dessa água.

O grande desafio para os pesquisadores é conseguir produzir tecnologias que possibilitem o desenvolvimento de uma agricultura irrigada alternativa, na busca por economia de água de boa qualidade, e produção econômica elevada, com isso o uso de águas salinas e águas residuárias, estão sendo estudadas para que ocorra menor impacto ambiental e máximo retorno econômico (OLIVEIRA et al., 2011).

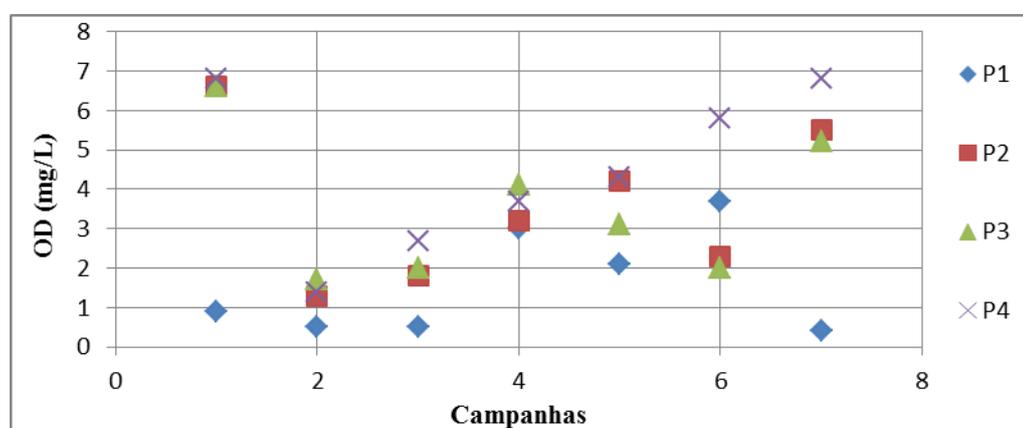
A irrigação com água residuária sem tratamento adequado é nocivo ao meio ambiente, ao solo, a saúde humana, aos aquíferos e também às plantas, devido à presença de alguns constituintes poluidores (DUARTE et al., 2008).

## 5.2 Parâmetros físico-químicos

### 5.2.1 Oxigênio dissolvido (OD)

Os valores de oxigênio dissolvido observados em P1, P2, P3 e P4 estão exibidos na Figura 13. As concentrações de oxigênio dissolvido em P1 tiveram variações entre 0,4 mg/L a 3,7 mg/L. Em P4 as variações foram 1,4 mg/L a 6,8 mg/L, conforme apêndice (Tabela 7).

FIGURA 13. Variação temporal de OD

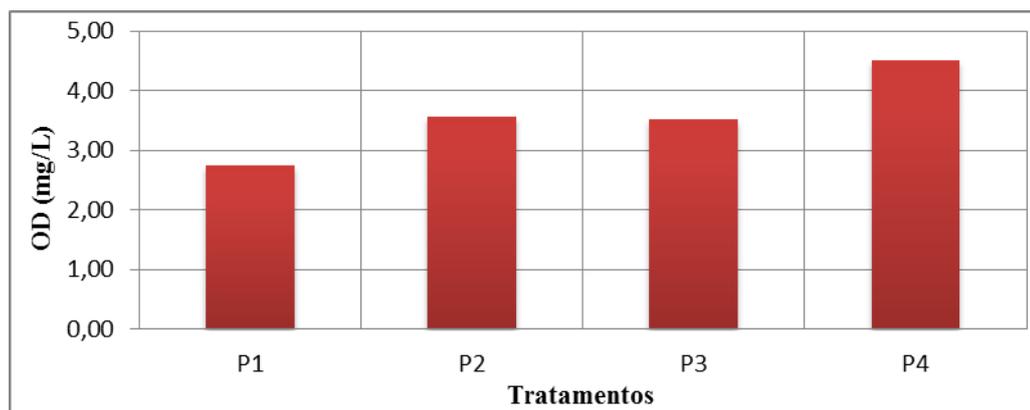


Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

Tamanho efetivo, taxa de aplicação hidráulica e concentração de sólidos suspensos no afluente, estão ligados à carreira de filtração, isto é, o tempo decorrido entre paradas da unidade, para limpeza ou regeneração do leito filtrante, a fim de evitar a colmatção, que é o entupimento dos vazios, que restringe ou impede a passagem do esgoto (USEPA, 1983). Assim, a supersaturação em P4 pode ser justificada devido à menor taxa de aplicação hidráulica no FA 3 ( $100 \text{ L/d}^{-1}$ ).

O maior intervalo de aplicação de água no filtro aumenta a possibilidade de existência de grande proliferação de microrganismos liberando maior quantidade de oxigênio na água. O OD geralmente diminui à medida que recebe carga de substâncias orgânicas presentes no esgoto (GARCIA e BARRETO, 2011), por isso os valores foram reduzidos em P1 (Figura 14).

FIGURA 14. Ilustração da média de OD das amostras coletadas (mg/L)



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

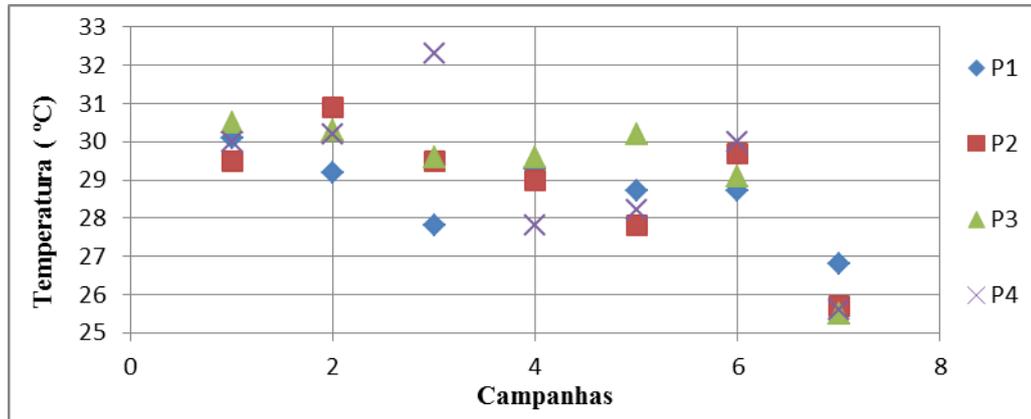
A maior média foi encontrada em P4 e o maior desvio padrão em P1. A Resolução 357/05 do CONAMA, determina que valores de OD devem ser superiores a 5 mg/L para águas de classe 2. Em P1, durante todas as campanhas, os valores apresentaram-se muito inferiores. Nos demais pontos (P2, P3 e P4), apenas nas campanhas 01 e 07 que os valores foram condizentes com os da resolução.

A análise de variância (ANOVA) foi realizada para comparar as concentrações de oxigênio dissolvido entre os efluentes e apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre o efluente de distribuição (P1) e o efluente do FA 3 (P4), sendo os valores de P1 ( $p=4.201 < \alpha$ ) e P4 ( $p= -2.914 < \alpha$ ).

### 5.2.2 Temperatura da água

As temperaturas da água observadas em P1, P2, P3 e P4 estão exibidas na Figura 15. Apresentou variações de 25,5 a 32,3°C. A segunda campanha destacou-se com temperatura pouco mais elevada devido ao aumento natural da temperatura da região. A última campanha foi a que apresentou os menores valores, pois antes da coleta houve chuva.

FIGURA 15 - Variação temporal de temperatura



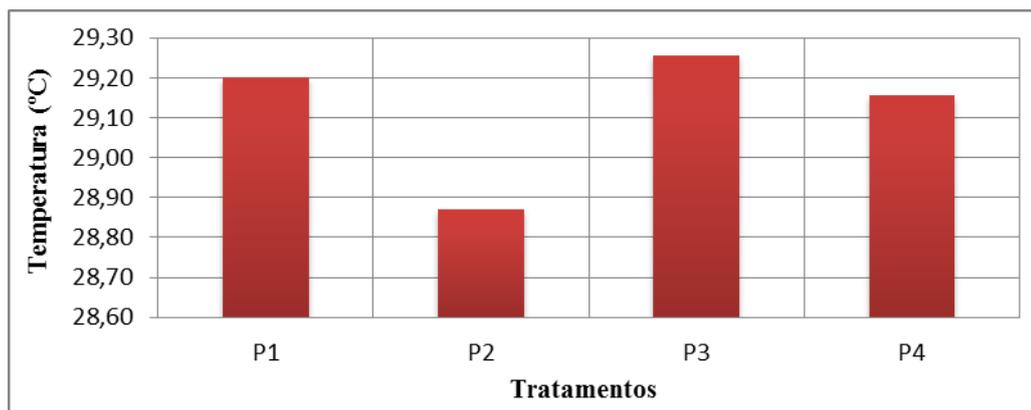
Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

A taxa de crescimento das bactérias nitrificantes é afetada pela temperatura a partir de 30°C. A temperatura ótima deve estar no intervalo de 25 a 30°C (BITTON, 2005).

A taxa de nitrificação aumenta com a temperatura de 30 a 35°C e diminui com a queda da temperatura de 20° C para 10°C em aproximadamente 30% (JEYANAYGAN, 2005).

As temperaturas da água não variaram significativamente entre as campanhas de medição (Figura 16). A maior média foi encontrada em P3 e o maior desvio padrão em P4, conforme apêndice (Tabela 8).

FIGURA 16 - Ilustração da média de temperatura nas amostras coletadas (°C)



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

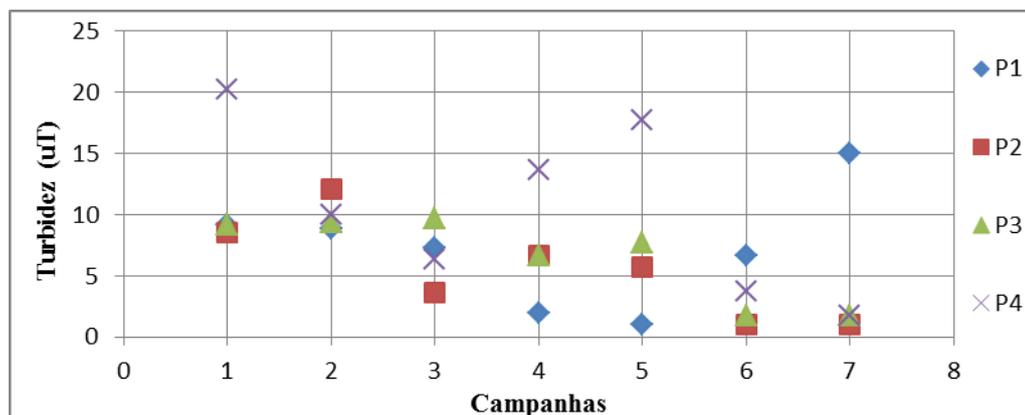
A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para comparar as temperaturas entre os efluentes, no entanto, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, pois os va-

lores de P1( $p= 0,2301$ ), P2 ( $p=0,2449$ ), P3 ( $p=0,3209$ ) e P4 ( $p= 0,2237$ ) foram maiores que  $\alpha(0,05)$ .

### 5.2.3 Turbidez

Os valores de turbidez observados em P1, P2, P3 e P4 estão exibidos na Figura 17. As variações estiveram entre 1,0 e 20,2 uT. O intervalo de aplicação do efluente foi maior em P4, ocasionando maior elevação da turbidez em 03 campanhas. Os menores valores apresentaram-se em P1 e P2, nas campanhas 05, 06 e 07, respectivamente, devido ao aumento da taxa hidráulica e, conseqüentemente, maior diluição dos sólidos suspensos.

FIGURA 17 - Variação temporal de turbidez

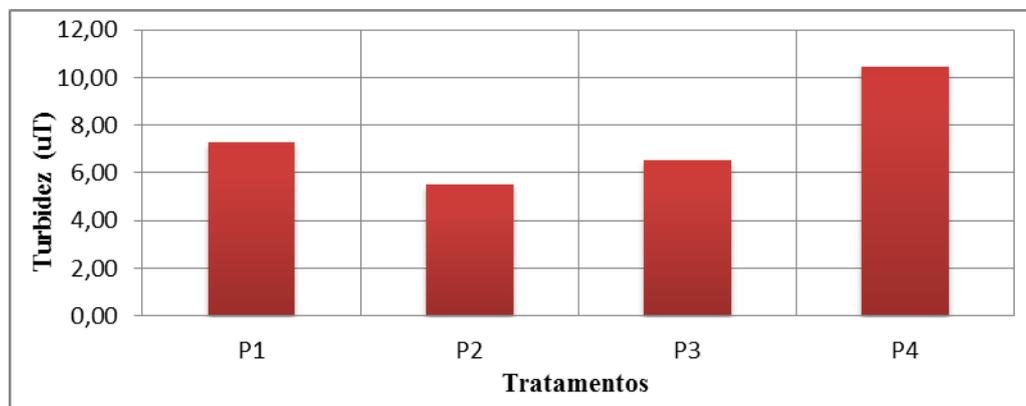


Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

A maior média foi observada em P4 (Figura 18). Os valores estiveram no limite estipulado pela Resolução do CONAMA 357/05, que fixa os valores máximo 100 uT para águas de classe 2.

A Organização Mundial de Saúde recomenda o valor de 30 mg/L para reúso agrícola e recarga de aquífero (COHIM, 2006). Os valores da pesquisa ficaram abaixo de 10 uT em 43% das amostras, conforme apêndice (Tabela 9), sendo considerado um resultado excelente.

FIGURA 18 - Ilustração da média de turbidez nas amostras coletadas (uT)



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

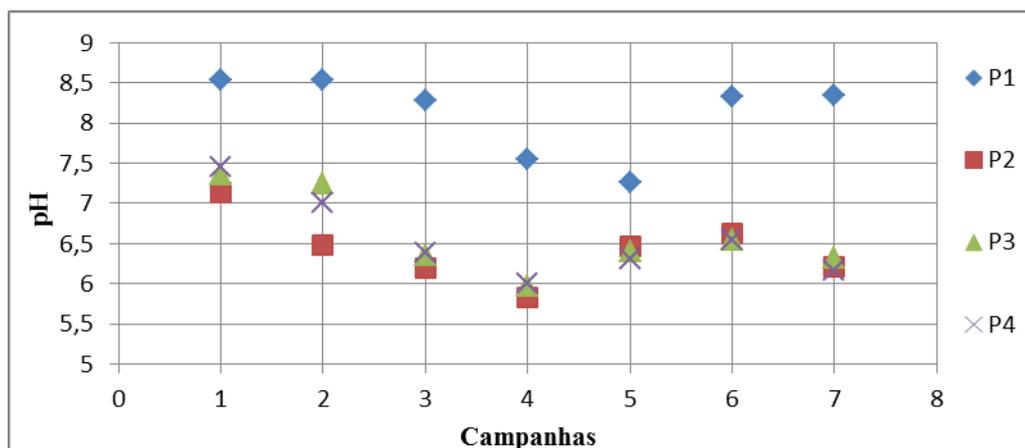
O fluxo reduzido de pessoas que utilizaram o bloco de aulas II produziu uma maior diluição do esgoto, deixando-o clarificado o suficiente para permitir uma eficaz desinfecção.

Aplicou-se a análise de variância (ANOVA) para comparar a turbidez entre os efluentes, no entanto, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, pois os valores de P1 ( $p=0,1915$ ), P2 ( $p=0,1539$ ), P3 ( $p=0,2272$ ) e P4 ( $p=0,1503$ ) foram maiores que  $\alpha(0,05)$ .

#### 5.2.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH observados em P1, P2, P3 e P4 são apresentados na Figura 19. Permaneceram superiores a 7 especificamente no ponto P1, em todas as campanhas. Em P2, P3 e P4, os valores ficaram abaixo de 7 em 80,9% das amostras. O potencial hidrogeniônico interfere direta e indiretamente no comportamento de vários outros parâmetros, dessa forma terá forte influência no pH do solo (BASTOS et al., 2003).

FIGURA 19 - Variação temporal de pH



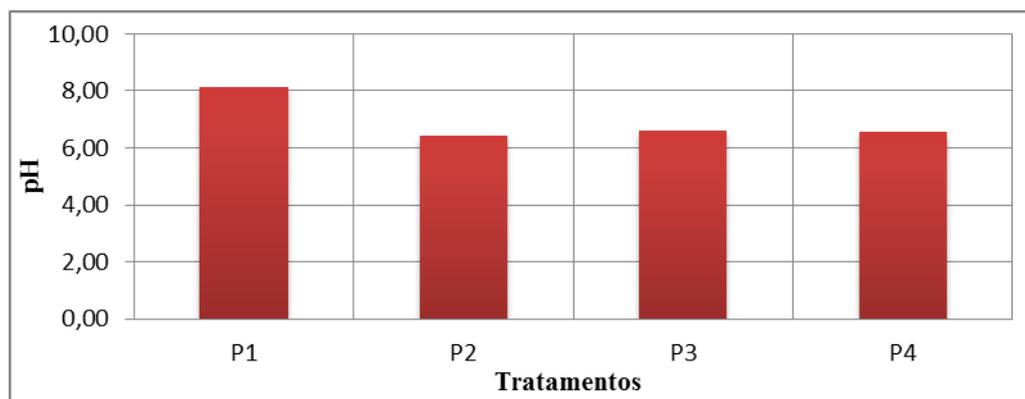
Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

Condições de acidez ou basicidade elevadas poderão ocasionar infertilidade do solo e interferir na solubilidade dos elementos minerais e em sua capacidade de troca catiônica. Micronutrientes, como Fe, Cu, Mn, Zn e Al tendem a diminuir suas disponibilidades no solo com o aumento do pH, por outro lado, elementos como N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mo e Cl tem suas disponibilidades aumentadas (MALAVOLTA et al. 2002).

Os valores estiveram no limite estipulado pela Resolução do CONAMA 357/05, que fixa valores de pH entre 6 e 9 para águas de classe 2, sendo considerados excelentes, principalmente em relação aos valores da água residuária dos filtros (Figura 20). Valores de pH próximos à neutralidade são condições ideais de disponibilidade de nutrientes para as plantas (MALAVOLTA et al. 2002).

O efluente de melhor qualidade para reuso agrícola é o do FA 2 (P3), em relação ao pH, pois apresentou média de 6,60. Já o reservatório de distribuição (P1) apresentou média de 8,15, conforme apêndice (Tabela 10).

FIGURA 20 - Ilustração da média de pH nas amostras coletadas



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

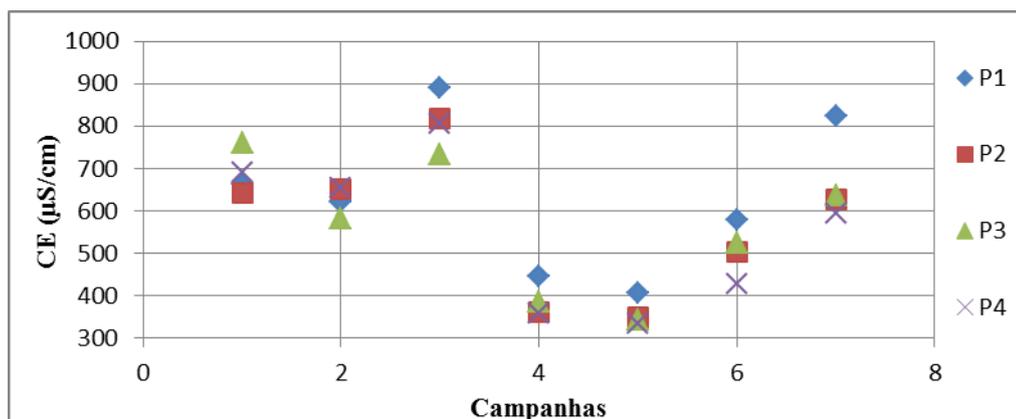
Aplicou-se a análise de variância (ANOVA) para comparar o pH dos efluentes, sendo apresentada extrema significância estatística entre o efluente do reservatório de distribuição (P1) e os efluentes dos filtros (P2, P3 e P4), ressaltando que  $p = 3,901 > \alpha(0,05)$ . Assim, P1( $p = 1,700 > \alpha$ ) e P2 ( $p = 9,274 > \alpha$ ); P1( $p = 1,519 > \alpha$ ) e P3 ( $p = 8,285 > \alpha$ ); e P1( $p = 1,567 > \alpha$ ) e P4( $p = 8,550 > \alpha$ ).

### 5.2.5 Condutividade elétrica (CE)

Um dos critérios mais importantes da qualidade da água para irrigação é a concentração total de sais. As águas se dividem em quatro classes, segundo a condutividade elétrica: salinidade baixa, salinidade média, salinidade alta e salinidade muito alta, sendo os pontos divisórios entre classes 250, 750 e 2.250  $\mu\text{mho}/\text{cm}$  (BRASIL, 2001).

Os valores de CE observados em P1, P2, P3 e P4 permaneceram entre 333,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 890,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 21). Com exceção das campanhas 01 e 02, a CE foi maior em P1. Os efluentes do FA 1 (P2) e do FA 3 (P4) apresentaram maiores condutividades elétricas na campanha 03, sendo 818,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 805,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente. O efluente do FA 2 (P3) apresentou maior valor na campanha 01, conforme apêndice (Tabela 11).

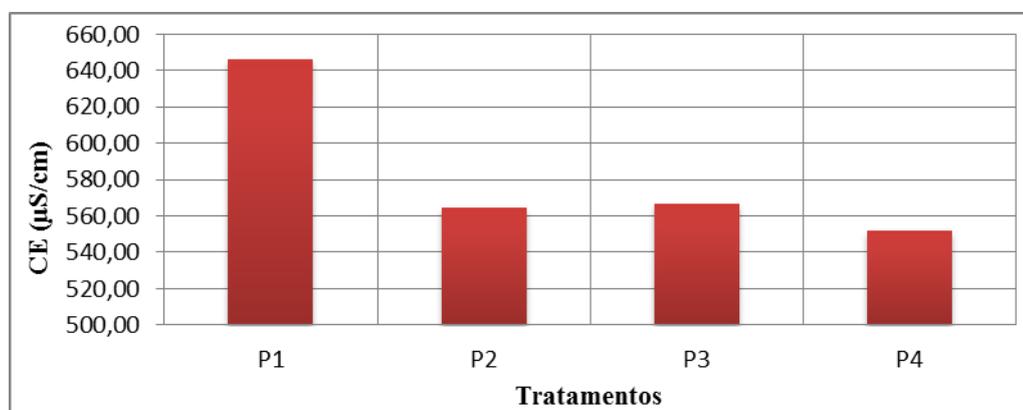
FIGURA 21 - Variação temporal de CE



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

A maior média foi encontrada em P1 e a menor em P4 (Figura 22). O resultado está diretamente ligado à quantidade de água existente em cada um destes pontos, ou seja, P1 tem volume de água praticamente constante e quantidade significativa de íons, enquanto o FA 3 (P4) recebe menor quantidade de água diariamente e sua carga de íons é reduzida.

FIGURA 22 - Ilustração da média de CE nas amostras coletadas (μS/cm)



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

Os valores de condutividade elétrica não são referenciáveis pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2.

Utilizando-se a classificação de Richards et al. (1954) da água para irrigação, em anexo, descrito no manual de Qualidade da Água de Irrigação (ALMEIDA, 2010), percebe-se que os efluentes classificam-se como água de salinidade média-alta (CE entre 250 e 2.250 μS/cm) e, para o seu uso, pode necessitar de práticas especiais de controle de salinidade, merecendo certa atenção com os usos desta água.

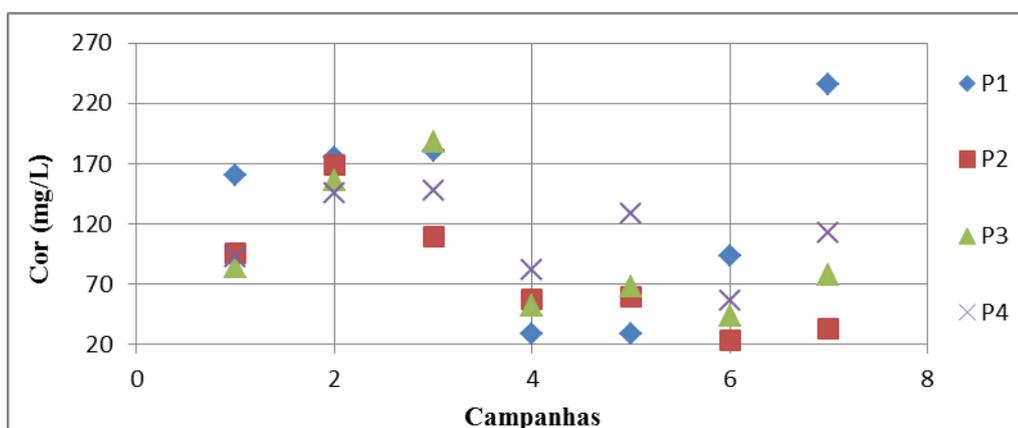
Realizou-se a análise de variância (ANOVA) para comparar a condutividade elétrica entre os efluentes, porém não apresentou significância estatística, uma vez que P1 ( $p= 1,1456$ ), P2 ( $p=0,2147$ ); P3( $p=0,1563$ ) e P4 ( $p=0,1809$ ), ambos maiores que  $\alpha(0,05)$ .

A utilização de uma água para fins de irrigação requer não somente que se conheça as características químicas quando é analisada, mas também requer que se conheça as características físico-químicas dos solos em que vão ser aplicadas, assim como a susceptibilidade e resistência/tolerância aos níveis de salinidade e toxicidade dos cultivos que vão ser irrigados (ALMEIDA, 2010).

### 5.2.6 Cor

Os valores de cor observados em P1, P2, P3 e P4 variaram entre 23 e 235,7 mg/L e são exibidos na Figura 23. Com exceção das campanhas 03, 04 e 05, de acordo com a Tabela 12, em apêndice, a cor apresentou maiores valores em P1.

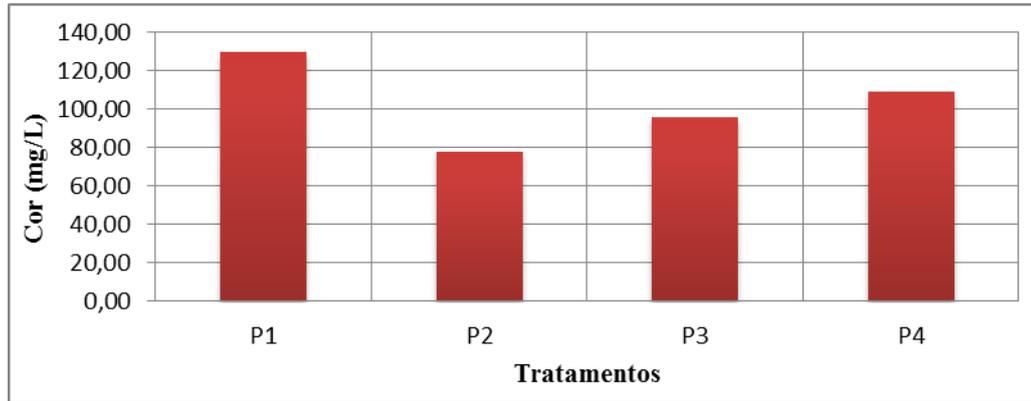
FIGURA 23 - Variação temporal de cor



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

Em 35,7% das amostras os valores de cor mantiveram-se inferiores ao limite máximo aceitável de 75 mg/L preconizado na Resolução CONAMA 357/05 para águas doce classe 2. Os resultados mantiveram-se dispersos em todo o estudo, evidenciando-se a presença de sólidos suspensos presentes nas amostras. Por apresentar quantidade significativa de sólidos suspensos e matéria orgânica, a maior média foi apresentada em P1, e a menor em P2. A Figura 24 demonstra as médias deste parâmetro.

FIGURA 24 - Ilustração da média de cor nas amostras coletadas (mg/L)



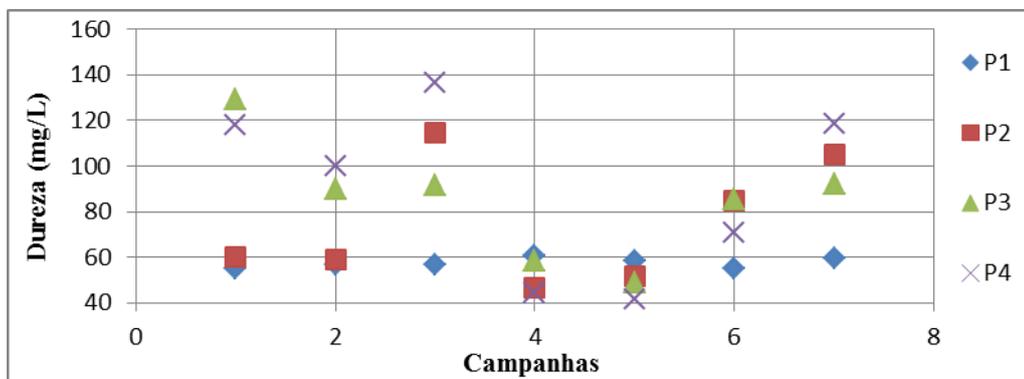
Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

Foi realizada análise de variância (ANOVA) para comparar a cor entre os efluentes, porém não apresentou significância estatística, uma vez que P1( $p=0,2256$ ), P2 ( $p=0,2101$ ); P3( $p=0,2968$ ) e P4 ( $p=0,1408$ ) apresentaram valores maiores que  $\alpha(0,05)$ .

### 5.2.7 Dureza total

Os valores de dureza total observados em P1, P2, P3 e P4 são exibidos na Figura 25. Apresentaram variações entre 41,25 e 136,5 mgCaCO<sub>3</sub>/L, com desvio padrão mínimo de 2,10 mgCaCO<sub>3</sub>/L e máximo de 38,04 mg CaCO<sub>3</sub>/L. As maiores concentrações apresentam-se nas campanhas 02, 03 e 07, em P4, conforme a Tabela 13, em apêndice.

FIGURA 25 - Variação temporal de dureza total

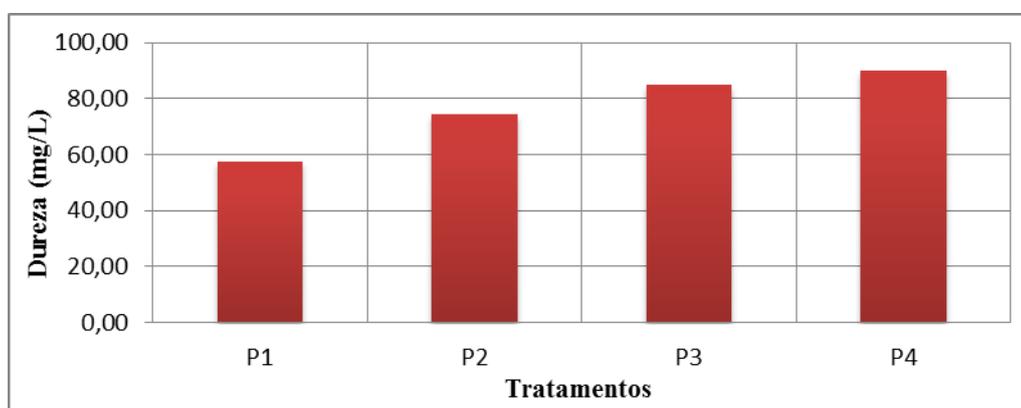


Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

A Resolução CONAMA 357/05 não faz referência a este parâmetro. Apenas 14,3% das amostras apresentaram teores inferiores a 50 mgCaCO<sub>3</sub>/L (água mole ou branda) e em 85,7% apresentaram teores superiores a 50 mgCaCO<sub>3</sub>/L (água com dureza moderada).

A maior média foi apresentada em P4 e a menor em P1. Segundo Almeida (2010) no equilíbrio pH-alcalinidade-dióxido de carbono, o carbonato de cálcio pode precipitar diminuindo os valores de cálcio e dureza total. Os valores da dureza podem diminuir se o pH for maior e vice-versa. Justifica-se o comportamento deste parâmetro através desta afirmação e pela comparação entre as Figuras 20 e 26.

FIGURA 26 - Ilustração da média de dureza total nas amostras coletadas (mg/L)



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

Foi efetuada análise de variância (ANOVA) para comparar a dureza total entre os efluentes, porém não apresentou significância estatística, pois P1(p=0,1923), P2 (p=0,2725); P3(p=0,2517) e P4 (p=0,1972) apresentaram valores maiores que  $\alpha(0,05)$ .

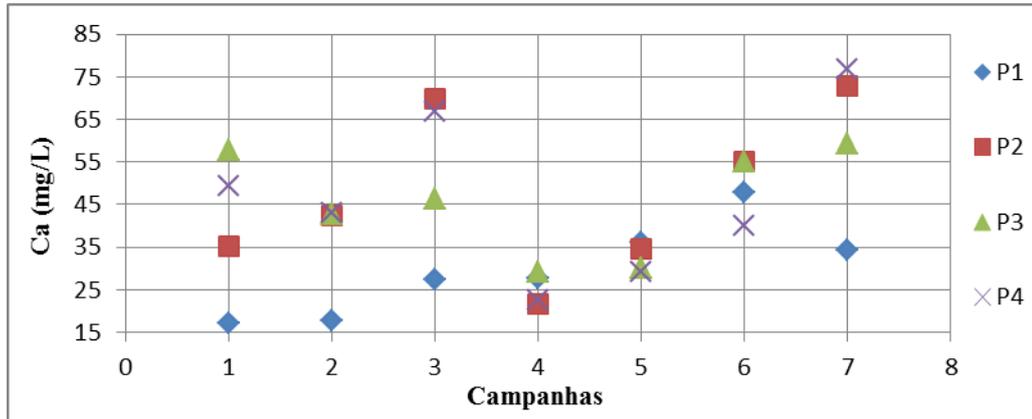
### 5.2.8 Cálcio (Ca)

A Figura 27 apresenta as concentrações de Cálcio observadas em P1, P2, P3 e P4 que variaram entre 17,25 mg/L e 76,8 mg/L, atingindo desvio padrão máximo de 19,43 mg/L e mínimo de 10,28 mg/L entre as campanhas analisadas, conforme a Tabela 14, em apêndice.

A Resolução CONAMA 357/05 não faz referência a este parâmetro.

Quantidades relativamente altas de sódio ou baixas de cálcio no solo e água reduzem a velocidade com que a água de irrigação se infiltra na superfície do solo. A redução pode alcançar tal magnitude, que as raízes das plantas não recebam suficiente água entre as irrigações (ALMEIDA, 2010).

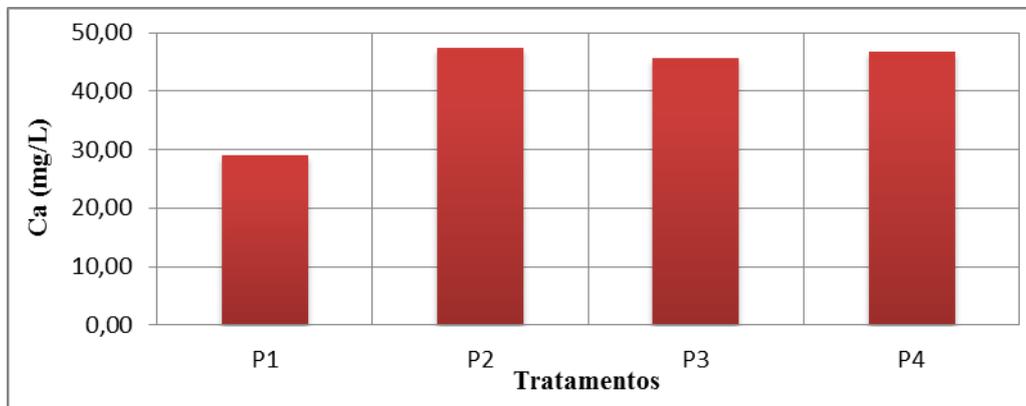
FIGURA 27 - Variação temporal de Ca



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

A maior média (47,40 mg/L) foi apresentada em P2 e a menor (28,99 mg/L) em P1 (Figura 28). Os resultados estão associados à dureza total de P1 e P2. Águas residuárias com concentrações de 50 – 200 mgCaCO<sub>3</sub>/L não causam efeitos ao solo nem as plantas, uma vez que evitam a precipitação do cálcio (WHO, 2006).

FIGURA 28 - Ilustração da média de cálcio nas amostras coletadas (mg/L)



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

Realizou-se análise de variância (ANOVA) para comparar as concentrações de cálcio entre os efluentes, porém não apresentou significância estatística, uma vez que P1(p=0,1528), P2 (p=0,1719); P3(p=0,2024) e P4 (0,1595), sendo todos os valores maiores que  $\alpha(0,05)$ .

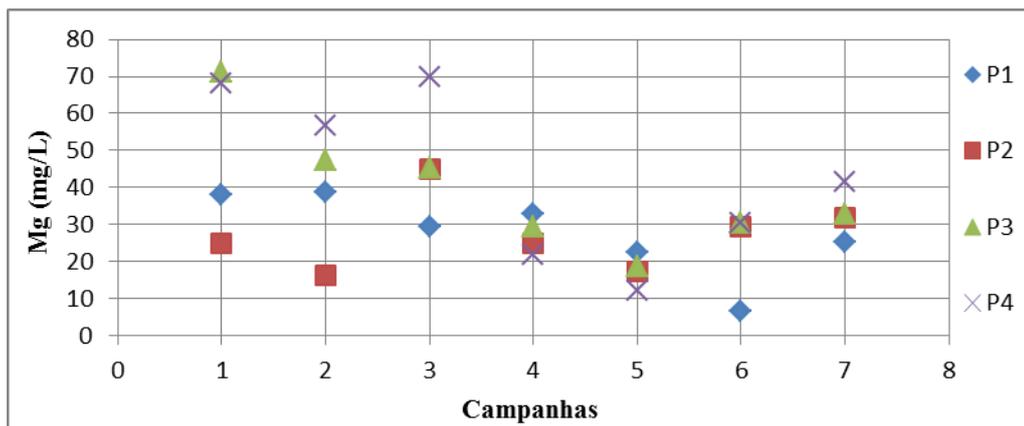
### 5.2.9 Magnésio (Mg)

O magnésio é um micronutriente fundamental para a fotossíntese e auxilia outros nutrientes dentro da planta, como o fósforo. Esse elemento quase sempre está em quantidades suficientes no solo (ALVES, 2009).

Os teores de magnésio encontrados na pesquisa variaram entre 6,75 mg/L e 71,25 mg/L (Figura 29). O maior desvio padrão (22,77 mg/L) foi encontrado em P4 e o menor (9,79 mg/L) em P2, conforme a Tabela 15, em apêndice.

Alves (2009) comparando diferentes sistemas de tratamento biológico de águas residuárias doméstica na produção de efluentes para reuso agrícola encontrou menor concentração de magnésio nos efluentes (19 a 23 mg/L).

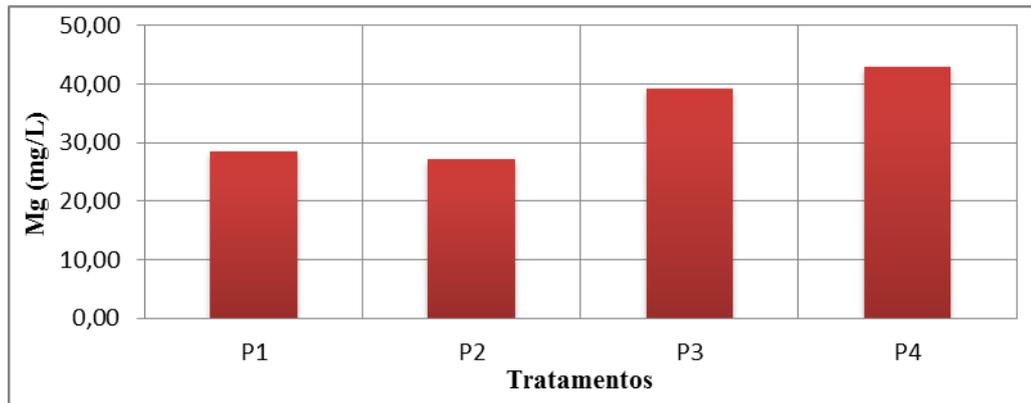
FIGURA 29 - Variação temporal de Mg



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

A Resolução CONAMA 357/05 não faz referência a este parâmetro. A maior média (42,94 mg/L) foi apresentada em P4 e a menor (27,10 mg/L) em P2 (Figura 30). Os resultados de P2 estão associados a não precipitação do cálcio, bem como de uma menor dureza encontrada neste efluente.

FIGURA 30 - Ilustração da média de magnésio nas amostras coletadas (mg/L)



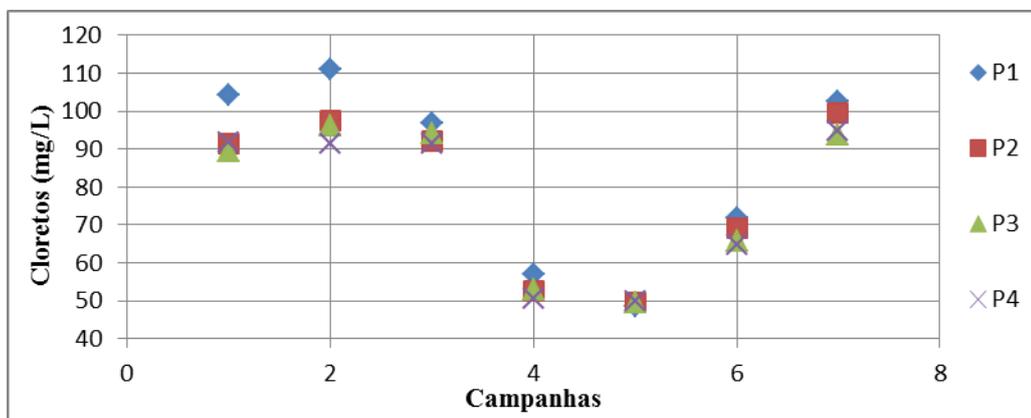
Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

A análise de variância (ANOVA) foi determinada para comparar as concentrações de magnésio entre os efluentes, porém não apresentou significância estatística, uma vez que P1( $p=0,1772$ ), P2 ( $p=0,1653$ ); P3( $p=0,2182$ ) e P4 ( $p=0,1569$ ) apresentaram valores maiores que  $\alpha(0,05)$ .

### 5.2.10 Cloretos

Os teores de cloretos observados em P1, P2, P3 e P4 mantiveram-se entre 48,55 e 111,1 mg/L, apresentando maiores valores em P1 durante 06 campanhas, conforme a Figura 31. As menores concentrações foram observadas em P4, nas campanhas 02, 03, 04 e 06. O maior desvio padrão (23,30 mg/L) foi encontrado em P1 e o menor (20,50 mg/L) em P4, segundo a Tabela 16, em apêndice.

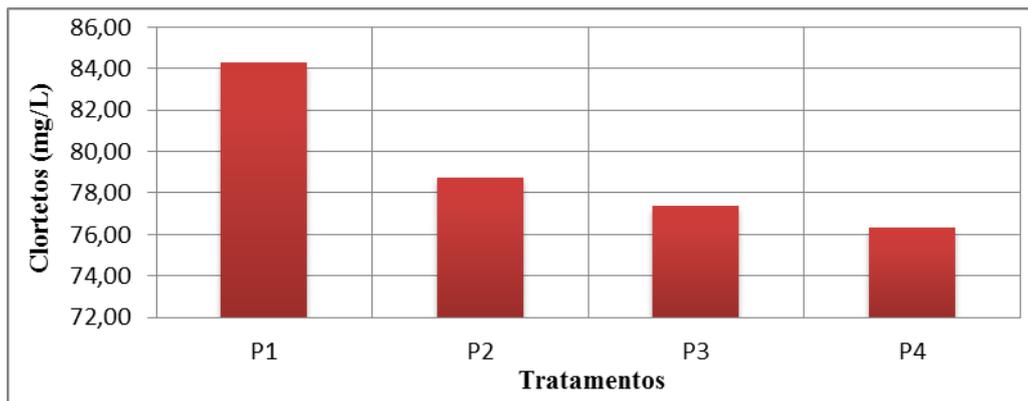
FIGURA 31- Variação temporal de cloretos



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

À medida que ocorre o aumento considerado da CE e do pH, há o favorecimento direto da presença do íon cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), um dos principais ânions inorgânicos em águas naturais e residuárias. Confirma-se esta informação ao observarem-se as Figuras 19, 21 e 31. As campanhas 04 e 05 mostram a informação contrária, ocorrendo a redução dos parâmetros. A maior média de cloretos foi apresentada em P1 e a menor em P4 (Figura 32).

FIGURA 32 - Ilustração da média de cloretos nas amostras coletadas (mg/L)



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

A Resolução CONAMA 357/05 não faz referência a este parâmetro, porém valores superiores a 1000 mg/L são considerados níveis preocupantes, pois altos níveis de cloretos podem afetar o crescimento das plantas, além de causar doenças na população.

A análise de variância (ANOVA) foi efetuada para comparar as concentrações de cloretos entre os efluentes, porém este parâmetro foi considerado não significativo estatisticamente, uma vez que P1 ( $p=0,2605$ ), P2 ( $p=0,2926$ ); P3 ( $p=0,2893$ ) e P4 ( $p=0,3388$ ) são valores maiores que  $\alpha(0,05)$ .

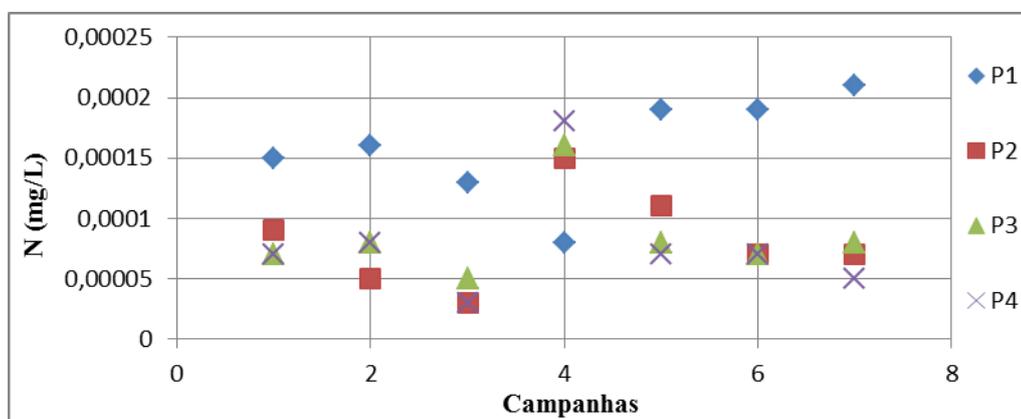
### 5.2.11 Nitrogênio (N)

O nitrogênio contido na água de irrigação tem o mesmo efeito para as plantas que o nitrogênio aplicado com os fertilizantes, sendo, portanto, um elemento útil que deve ser aproveitado ao máximo (ALMEIDA, 2010).

A Tabela 17, em apêndice, mostra que os teores de nitrogênio variaram entre 0,00003 mg/L a 0,00021 mg/L nas campanhas de medição. Os maiores valores foram observados em P1 durante 06 campanhas. As menores concentrações foram observadas em P4, nas campa-

nhas 01, 03, 05 e 06 e 07, conforme a Figura 33. Os maiores desvios padrão foram encontrados em P1 e P4, e os menores em P2 e P3.

FIGURA 33 - Variação temporal de N



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

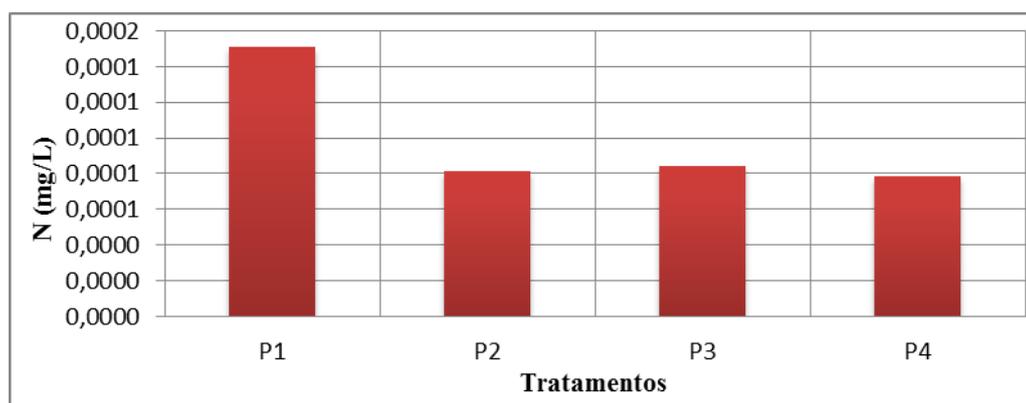
A variação dos resultados para o nitrogênio amoniacal decorre das variações de vazões (MENDONÇA, 2004). Assim, P1 apresenta os maiores valores deste parâmetro. Já P2, P3 e P4 apresentaram valores menores em relação à P1, e entre si, estes valores não são muito diferentes, pois suas vazões diárias variam apenas em  $50 \text{ L/dia}^{-1}$ . Os efluentes atenderam ao padrão de lançamento de  $20 \text{ mg/L}$  para nitrogênio amoniacal estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA.

Alves (2009) comparando diferentes sistemas de tratamento biológico de águas residuárias domésticas (UASB, FAC, LB, TUCV e LP) na produção de efluentes para reuso agrícola encontrou concentrações superiores. A concentração média no efluente do UASB foi de  $47 \text{ mg/L}$ . O efluente do FAC manteve-se na média de  $30 \text{ mg/L}$ . No efluente do LB manteve-se a concentração média de  $23 \text{ mg/L}$ . O efluente da TUCV permaneceu com concentração média de  $16 \text{ mg/L}$  e o efluente da LP permaneceu com concentração média de  $20 \text{ mg/L}$ .

Deve-se considerar que a contribuição maior do esgoto restringe-se ao efluente produzido pela limpeza do bloco de aulas II, possibilitando o aumento das concentrações de amônia por diluição.

As médias deste parâmetro encontram-se na Figura 34, sendo a maior ( $0,0002 \text{ mg/L}$ ) apresentada em P1. As médias dos efluentes dos filtros apresentaram-se de modo constante ( $0,0001 \text{ mg/L}$ ).

FIGURA 34 - Ilustração da média de nitrogênio nas amostras coletadas (mg/L)



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

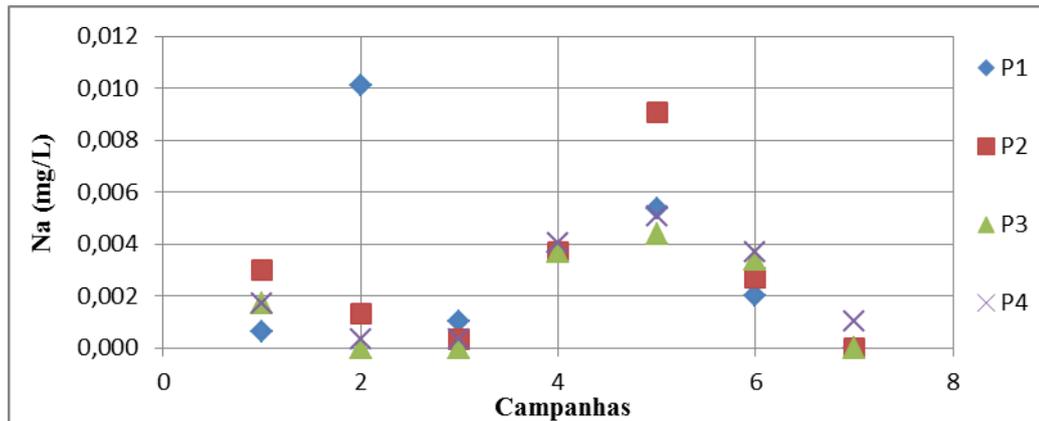
Algumas espécies sensíveis, como verduras consumidas cruas, só toleram até  $5\text{mgN-NH}_4\cdot\text{L}^{-1}$ . No entanto, a maioria das culturas não são afetadas com concentrações até  $30\text{mgN-NH}_4\cdot\text{L}^{-1}$  (WHO, 2006). A amônia estimula o desenvolvimento das plantas, daí sua importância em efluentes para reúso agrícola. No entanto, em excesso esse elemento pode inibir ou anular o desenvolvimento vegetal (ALVES, 2009).

Aplicou-se a análise de variância (ANOVA) para comparar as concentrações de nitrogênio entre os efluentes, sendo apresentada muita significância estatística entre o efluente de distribuição (P1) e os efluentes dos filtros (P2, P3 e P4), ressaltando que se o valor de  $q > 3,930$ , então o valor de  $p < \alpha$  (0,05). Assim, P1( $p=7,857 < \alpha$ ) e P2 ( $p= 4,576 < \alpha$ ); P1( $p=7,190 < \alpha$ ) e P3 ( $p=4,188 < \alpha$ ); e P1( $p=8,000 < \alpha$ ) e P4( $p=4,850 < \alpha$ ).

### 5.2.12 Sódio (Na)

Os teores de sódio observados em P1, P2, P3 e P4 mantiveram-se entre 0 e 0,010 mg/L e são exibidos na Figura 35. Os efluentes do reservatório de distribuição (P1) e do FA 1 (P2) apresentaram os mesmos valores para desvios padrão, assim como os efluentes do FA 2 e FA 3 (P3 e P4), conforme Tabela 18, em apêndice.

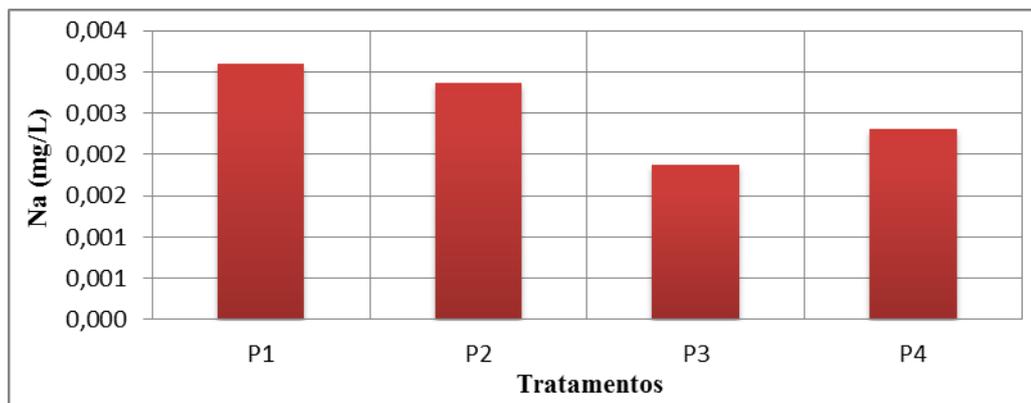
FIGURA 35 - Variação temporal de Na



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

Na pesquisa de Alves (2009) a concentração de sódio total nos sistemas teve variação bem maior (125 – 148 mg/L). Na campanha 04 os níveis de Na permaneceram estáveis em todos os efluentes. Em 28,6% das amostras houve ausência de sódio. Os efluentes do reservatório de distribuição (P1) e do FA 1 (P2) apresentaram os mesmos valores para médias (0,003 mg/L), bem como os efluentes de FA 2 e FA 3 (P3 e P4), com médias iguais a 0,002 mg/L (Figura 36).

FIGURA 36 - Ilustração da média de sódio nas amostras coletadas (mg/L)



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

A Resolução 357/05 do CONAMA não faz referência a este parâmetro. Mesmo assim, faz-se necessário saber que quando a qualidade da água para fins de irrigação verifica teores de sódio superiores a este estudo, evidencia-se a necessidade de um manejo adequado da irrigação, com vistas a mitigar problemas de toxicidade.

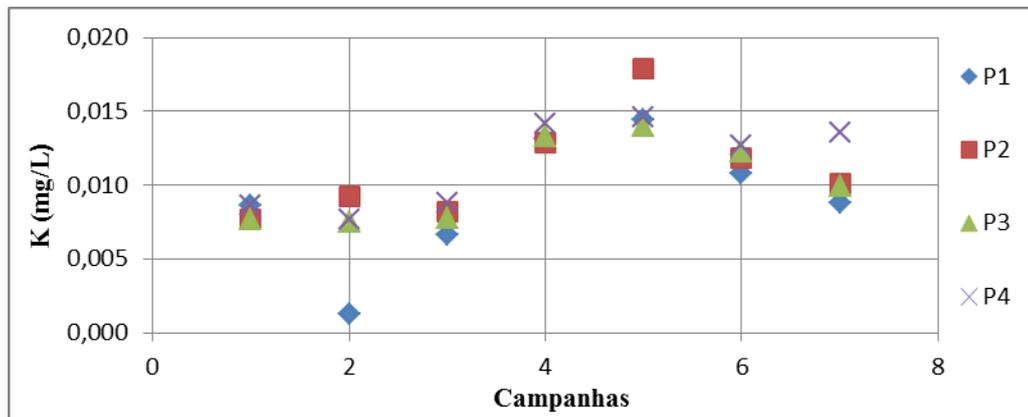
Brito et al. (2014), por exemplo, realizou um trabalho objetivando avaliar o efeito de diferentes proporções de água residuária (100%; 75%; 50%; 25%) e 100% de água de abastecimento, proveniente de um poço artesiano sobre os teores de sódio em plantas de arroz vermelho na chapada do Apodi. Sua pesquisa mostrou que o menor teor de sódio na planta foi encontrado no tratamento que recebeu apenas água de abastecimento e o maior teor no tratamento que recebeu apenas água residuária.

Realizou-se análise de variância (ANOVA) no intuito de comparar as concentrações de sódio entre os efluentes, porém este parâmetro foi considerado não significativo estatisticamente, uma vez que P1(p=0,2077), P2 (p=0,2511); P3(p=0,2630) e P4 (p=0,1944) possuem valores maiores que  $\alpha(0,05)$ .

### 5.2.13 Potássio (K)

As concentrações de potássio observadas em P1, P2, P3 e P4 mantiveram-se variando entre 0,001 e 0,018 mg/L e são exibidos na Figura 37. Os menores valores foram encontrados em P1, nas campanhas 02, 03, 06 e 07. Os desvios padrão foram coincidentes em P1 e P2, bem como em P3 e P4, segundo a Tabela 19, em apêndice.

FIGURA 37 - Variação temporal de K

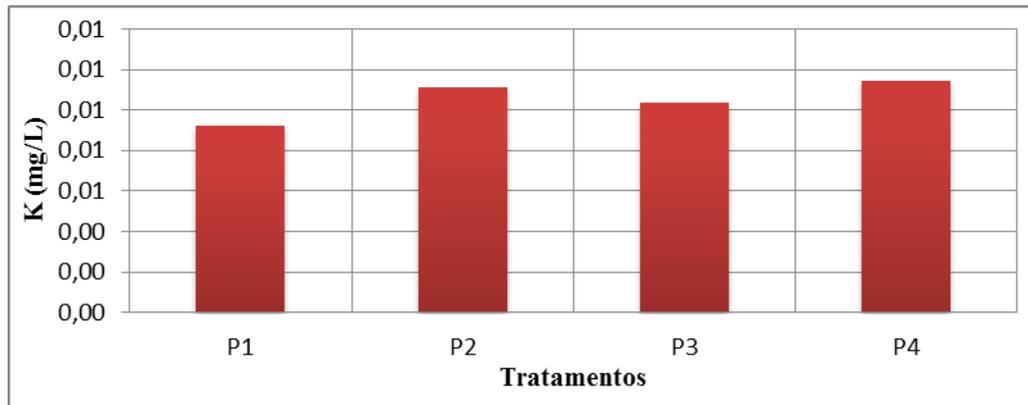


Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

O potássio é um macronutriente presente em altas concentrações no solo e em baixas concentrações em águas residuárias, portanto a concentração típica desse nutriente em esgotos não apresenta inconvenientes ao lançamento (ALVES, 2009).

A Figura 38 mostra que as médias das amostras apresentaram valores equivalentes (0,01mg/L), não sendo observada remoção em nenhum dos filtros.

FIGURA 38 - Ilustração da média de potássio nas amostras coletadas (mg/L)



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

A análise de variância (ANOVA) também foi efetuada para comparar as concentrações de potássio entre os efluentes. De acordo com o p-valor = 0,5989 encontrado, não houve diferença significativa de remoção de potássio entre os sistemas, uma vez que P1(p=0,1692), P2 (p=0,1833); P3(p=0,2501) e P4 (p=0,2416), sendo todos os valores maiores que  $\alpha(0,05)$ .

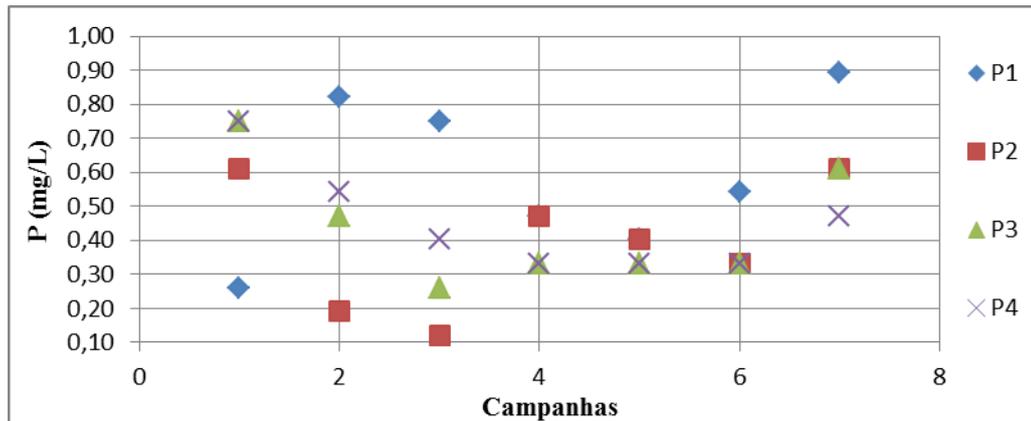
Alves (2009) encontrou p-valor = 0,09973, com concentrações médias de potássio nos sistemas variando de 23,6 a 24,2 mg/L, não observando diferença significativa de remoção de potássio entre os sistemas.

#### 5.2.14 Fósforo (P)

A matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte de fósforo (FERREIRA, 2015).

Os teores de fósforos observados em P1, P2, P3 e P4 mantiveram-se entre 0,12 e 0,89 mg/L, apresentando maiores valores em P1 durante 06 campanhas, conforme a Figura 39. As menores concentrações foram observadas em P4, nas campanhas 01, 04, 05, 06 e 07. O maior desvio padrão (0,22 mg/L) foi encontrado em P1 e o menor (0,16 mg/L) em P4, segundo a Tabela 20, em apêndice.

FIGURA 39 - Variação temporal de P

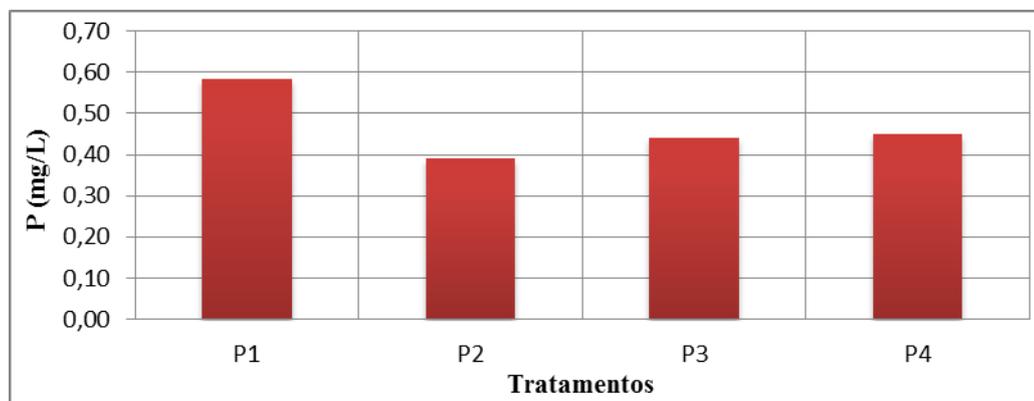


Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

A remoção de fósforo diminui à medida que a maturação do filtro ocorre, inicialmente a capacidade de retenção de fósforo tende a atingir valores percentuais em até 50% em filtros novos, dependendo da composição do material suporte. Geralmente essa remoção ocorre por precipitação e adsorção de fósforo (ANDERSON et al., 1985). Isso foi observado em P2, por possuir maior taxa de aplicação e frequência de dosagem, sendo o mais utilizado no sistema experimental.

A Resolução 357/05 do CONAMA faz referência a este parâmetro, permitindo o valor de até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico, para água doce classe 2. Todos os valores encontrados nas amostras são superiores ao limite estipulado, refletindo uma grande concentração associada aos despejos humanos, excretas e detergentes sintéticos. A Figura 40 exibe as médias deste parâmetro.

FIGURA 40 - Ilustração da média de fósforo nas amostras coletadas (mg/L)



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

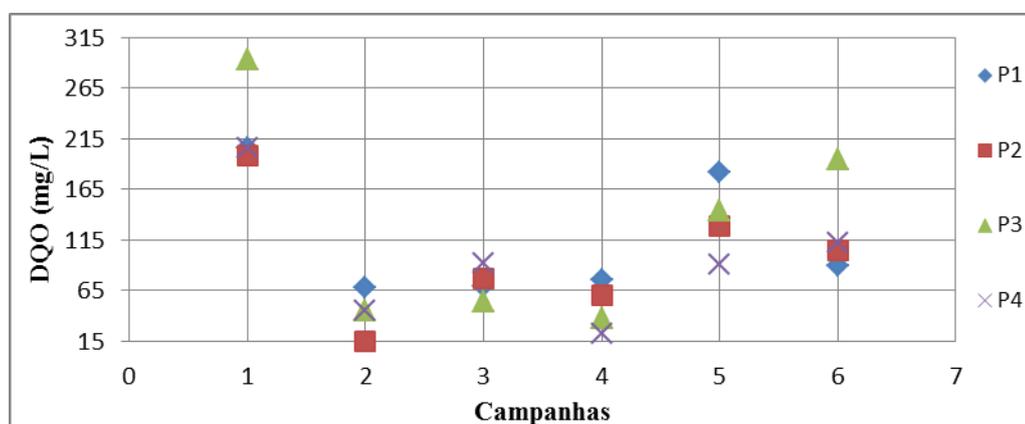
As concentrações de fósforo em todos os efluentes atenderam aos padrões de lançamento de efluentes da WHO (2006), a qual determina que concentrações entre 6-20 mg P.L<sup>-1</sup> não são suficientes para causar problemas no solo e apresentam a vantagem de aumentar a produtividade agrícola. Alves (2009) também encontrou em seu estudo valores compatíveis com esta recomendação.

Realizou-se análise de variância (ANOVA) no intuito de comparar as concentrações de fósforo entre os efluentes, porém este parâmetro foi considerado não significativo estatisticamente, uma vez que P1(p=0,1809), P2 (p=0,1605); P3(p=0,3007) e P4 (p=0,2091) apresentaram valores maiores que  $\alpha(0,05)$ .

### 5.2.15 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Os valores da Demanda Química de Oxigênio observados em P1, P2, P3 e P4 são exibidos na Figura 41. O reservatório de distribuição (P1) manteve-se com DQO entre 68,18 e 206,3 mgO<sub>2</sub>/L. A Demanda Química de Oxigênio dos filtros (P2, P3, P4) teve variações de 15,15 e 293,6 mgO<sub>2</sub>/L, conforme Tabela 21, em apêndice.

FIGURA 41 - Variação temporal de DQO



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

A concentração média de DQO no reservatório de distribuição foi de 115,3 mgO<sub>2</sub>/L, após tratamento no FA 1, o efluente manteve-se com concentração média de 97,5 mgO<sub>2</sub>/L, com limites inferior e superior de 15,15 e 198,4 mgO<sub>2</sub>/L. Esse resultado conferiu ao sistema uma eficiência de remoção de DQO de 52,8% de remoção. O efluente do FA 2 manteve-se com concentração média de 128,3 mgO<sub>2</sub>/L, com limites inferior e superior de 37,88 e 293,6

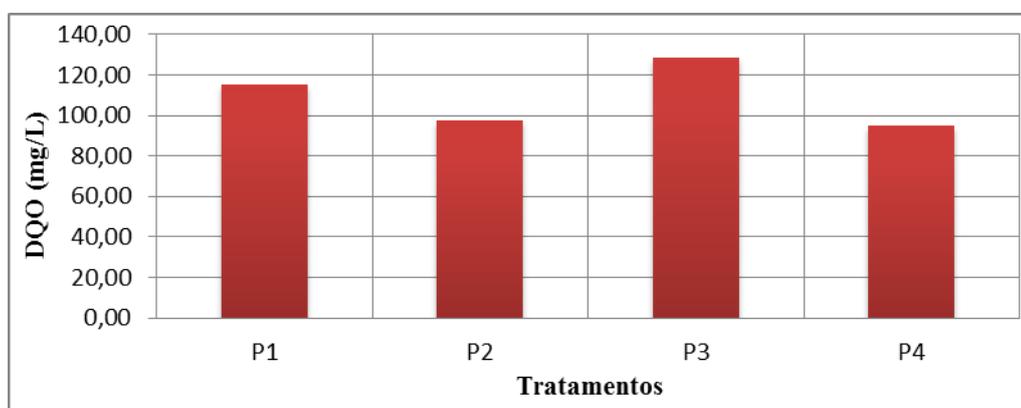
mgO<sub>2</sub>/L, conferindo-lhe eficiência de remoção de 66,3%. O efluente do FA 3 manteve-se com concentração média de 95,1mgO<sub>2</sub>/L, com limites inferior e superior de 22,73 e 206,3 mgO<sub>2</sub>/L, conferindo-lhe percentual de remoção de 54,4%. Porcentagem menor aos FA 2 e FA 3 foi registrada no estudo de Altvater (2008), que avaliou o desempenho de um tanque séptico e observou uma eficiência média de remoção de DQO de 53,6%.

Segundo a NBR 13969/97 a faixa provável de remoção dos poluentes, nos filtros de areia, considerado em conjunto com o tanque séptico é de 40 a 75%. A remoção de matéria orgânica foi satisfatória quanto à norma, sendo o efluente do FA 2 o que apresentou maior remoção (66,3%).

O tratamento ocorrido contribui para a diminuição do impacto ambiental ao minimizar o lançamento de esgotos brutos em cursos de águas, prevenindo ou diminuindo a poluição, a contaminação e a eutrofização e favorecendo a conservação do solo.

Observando-se as Figuras 14 e 42, verifica-se uma relação inversamente proporcional da DQO com o OD. À medida que se aumenta a concentração de OD ocorre uma redução nas concentrações de DQO. O inverso não ocorreu, ou seja, nas menores concentrações de OD os valores de DQO não foram os mais altos.

FIGURA 42 - Ilustração da média de DQO nas amostras coletadas (mgO<sub>2</sub>/L)



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

Resultados semelhantes aos desta pesquisa foram encontrados por Scandolera et al. (2001) ao realizar avaliação de parâmetros químicos, microbiológicos e parasitológicos de águas de abastecimento da UNESP e residuária, no município de Jaboticabal, Estado de São Paulo.

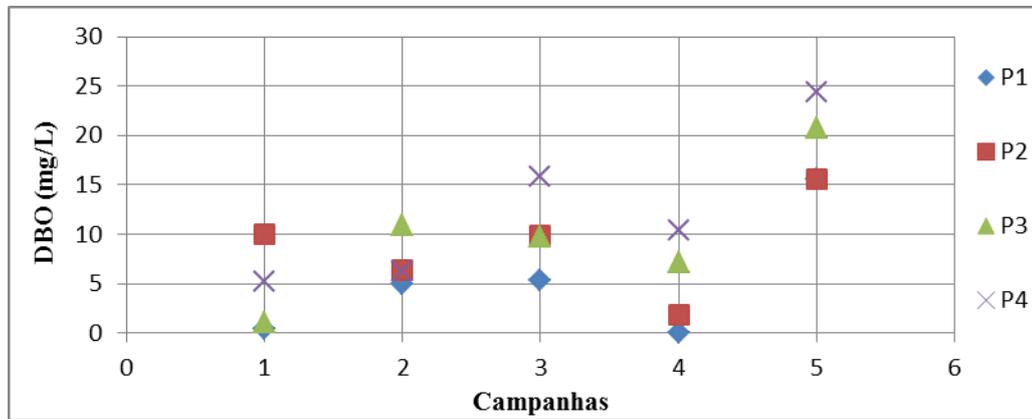
A análise de variância (ANOVA) foi executada para comparar as concentrações de Demanda Química de Oxigênio entre os efluentes, porém este parâmetro foi considerado não

significativo estatisticamente, uma vez que  $P1(p=0,3253)$ ,  $P2(p=0,1402)$ ;  $P3(p=0,2662)$  e  $P4(p=0,2296)$  foram maiores que  $\alpha(0,05)$ .

### 5.2.16 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

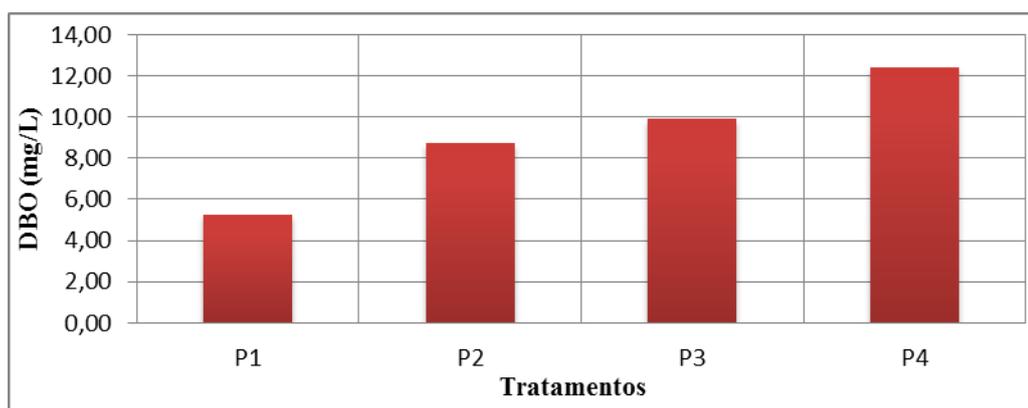
Os valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio observados em P1, P2, P3 e P4 variaram entre 0 e 24,4 mgO<sub>2</sub>/L e são exibidos na Figura 43. As maiores concentrações foram encontradas em P4 durante as campanhas 03, 04 e 05 e as menores em P1, nas campanhas 02, 03 e 04. O maior desvio padrão foi encontrado em P4 e o menor em P2, segundo a Tabela 22, em apêndice.

FIGURA 43 - Variação temporal de DBO



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

Há uma estreita relação da Demanda Bioquímica de Oxigênio com o Oxigênio Dissolvido e Demanda Química de Oxigênio entre P1 e P4. Em P1, à medida que a DBO e o OD diminuem, aumenta-se a DQO. Em P4, à medida que a DBO e o OD aumentam, a DQO diminui, conforme as Figuras 14, 42 e 44.

FIGURA 44 - Ilustração da média de DBO nas amostras coletadas ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )

Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

Scandolera et al. (2001) também encontraram esta estreita relação da DBO com o OD e DQO, porém diretamente proporcional, ou seja, as maiores concentrações desses parâmetros resultaram nos maiores valores de DBO e no período final das colheitas, quando o OD e DQO tiveram suas concentrações reduzidas, o mesmo aconteceu com a DBO.

Nas campanhas amostrais, apenas 25% dos valores estiveram coerentes com o limite estipulado pela Resolução do CONAMA 357/05, que fixa os valores de  $\text{DBO}_5$  inferiores a  $5 \text{ mgO}_2/\text{L}$  para águas doces classe 2.

A USEPA (2004) recomenda em suas diretrizes para reuso de efluentes domésticos que culturas alimentícias não processadas comercialmente; irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura (incluindo culturas consumidas cruas) toleram  $\text{DBO} \leq 10 \text{ mg O}_2/\text{L}^1$ . Assim, 60% das amostras analisadas satisfazem esta recomendação.

Dutra (2007) efetuando aplicação da filtração intermitente em leito de areia e de escória da metalurgia do cobre no tratamento de esgotos com ênfase em reuso encontrou valores de  $\text{DBO}_5$  em torno ou abaixo de  $10 \text{ mg/L}$ , independentemente da taxa de aplicação hidráulica ou tipo de leito.

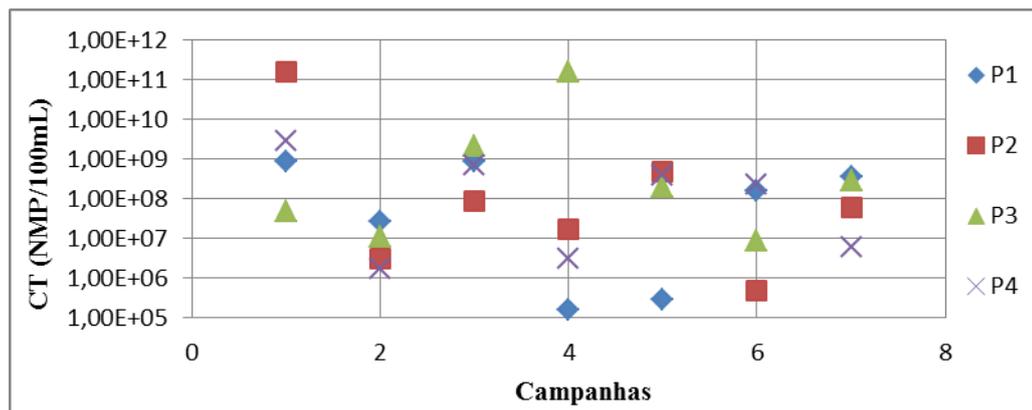
Realizou-se análise de variância (ANOVA) no intuito de comparar as concentrações de DBO entre os efluentes, sendo considerado não significativo estatisticamente, uma vez que P1( $p=0,2957$ ), P2 ( $p=0,2000$ ); P3( $p=0,2462$ ) e P4 ( $p=0,1998$ ) apresentaram valores maiores que  $\alpha(0,05)$ .

### 5.3 Parâmetros microbiológicos

#### 5.3.1 Coliformes totais (CT), Coliformes Termotolerantes (CTT) e *E.coli*

Os valores de Coliformes Totais encontram-se na Tabela 23, em apêndice. A concentração média desses microrganismos no efluente do reservatório de distribuição manteve-se entre  $1600 \times 10^2$  NMP/100mL e  $900 \times 10^6$  NMP/100mL, no efluente do FA 1 entre  $50 \times 10^4$  NMP/100mL e  $1600 \times 10^8$  NMP/100mL, no efluente do FA 2 entre  $900 \times 10^4$  NMP/100mL e  $1600 \times 10^8$  NMP/100mL e no efluente do FA 3 manteve-se entre  $170 \times 10^4$  NMP/100mL e  $70 \times 10^7$  NMP/100mL (Figura 45).

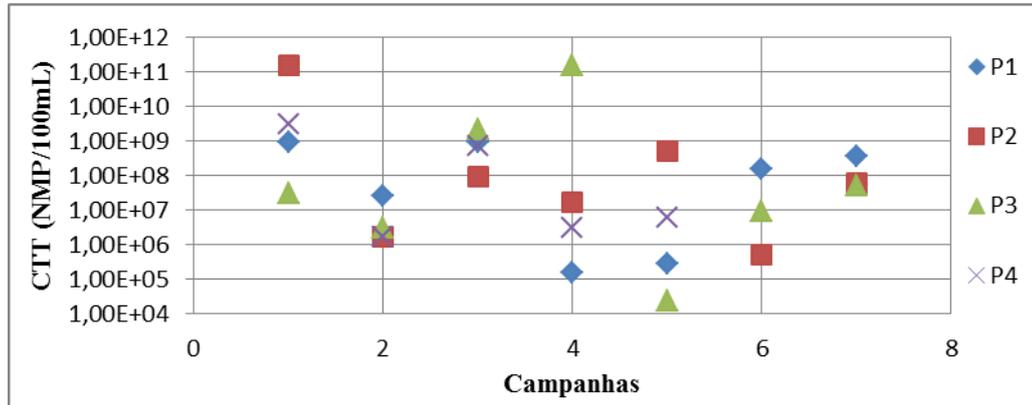
FIGURA 45 - Variação temporal de Coliformes Totais



Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

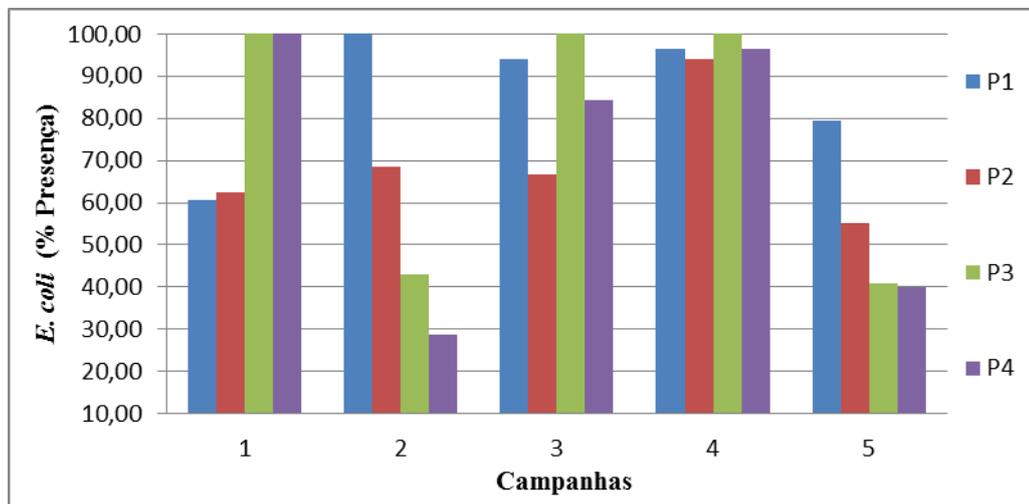
A variação temporal de Coliformes Termotolerantes (Figura 46) não apresentou diferença em relação aos coliformes totais. A concentração no efluente do reservatório de distribuição manteve-se entre  $1600 \times 10^2$  NMP/100mL e  $900 \times 10^6$  NMP/100mL, no efluente do FA 1 entre  $500 \times 10^3$  NMP/100mL e  $1600 \times 10^8$  NMP/100mL, no efluente do FA 2 entre  $240 \times 10^2$  NMP/100mL e  $1600 \times 10^8$  NMP/100mL, e no efluente do FA 3 entre valor  $<2 \times 10^6$  NMP/100mL e  $300 \times 10^7$  NMP/100mL. Os dados encontram-se detalhados na Tabela 24, em apêndice.

FIGURA 46 - Variação temporal de Coliformes Termotolerantes

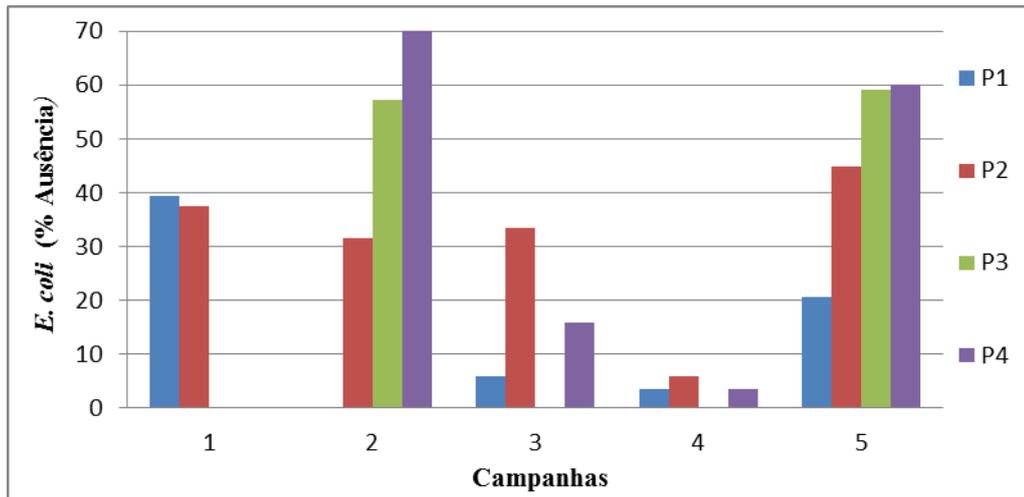


Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

Nas Tabelas 25 e 26, em apêndice, são demonstradas a presença e ausência da bactéria *E.coli* nos efluentes do sistema experimental. O FA 1 (P2) apresentou a menor média de presença. Nas campanhas 01, 03 e 04 encontrou-se 100% de presença de *E.coli* no FA 2 (P3), conforme a Figura 47. Nas amostras do FA 1 (P2) não houve nenhuma ausência deste microrganismo (Figura 48).

FIGURA 47 - Variação temporal de presença de *E.coli*

Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

FIGURA 48 - Variação temporal de ausência de *E.coli*

Legenda: P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4: efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

Das amostras coletadas, 14,3% apresentaram concentração de coliformes termotolerantes dentro dos padrões de efluentes da categoria A – irrigação irrestrita ( $\leq 10^3$  UFC/100mL), ou seja, para a prática de irrigação superficial ou por aspersão de quaisquer culturas, inclusive culturas alimentícias consumidas cruas e uso na hidroponia e, 25% obtiveram concentração de termotolerantes condizentes com a categoria de irrigação restrita ( $\leq 10^4$  UFC/100mL) de quaisquer culturas não consumidas cruas, culturas não-alimentícias, forrageiras, pastagens, árvores e hidroponia, conforme a WHO (2006).

A redução de organismos patogênicos não foi significativa e a utilização desta água na irrigação aumenta os riscos de contaminação microbiológica dos alimentos. A maioria dos valores encontrados não estão dentro dos padrões de requisitos ambientais do CONAMA 430/2011 que estabelece o limite de  $10^3$  UFC/100mL.

Segundo Hespanhol (2003) o não atendimento aos parâmetros de qualidade sanitária poderão comprometer a prática do reuso agrícola, refletindo negativamente no desenvolvimento da planta, do solo e causando problemas de saúde pública. Antes de serem utilizados na irrigação, os efluentes devem ser sujeitos a tratamentos maiores de desinfecção.

As taxas utilizadas nessa pesquisa foram condizentes com as que Dutra (2007) encontrou na literatura (normalmente abaixo de  $0,2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ , e raramente chegaram a  $0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ ). Ele descobriu também que se aumentar a taxa de aplicação hidráulica em leitos filtrantes iguais e mesma frequência de dosagem, haverá uma proporcional redução na eficiência de remoção de contaminantes.

Vários estudos mostram a importância da frequência de aplicação. Quanto mais fracionados os volumes de esgotos aplicados por vez, melhor a qualidade do efluente tratado, porém a necessidade de um tempo para reaeração e repouso para respiração endógena, também é considerado. Adotavam-se frequências de quatro a vinte e quatro vezes por dia (BOLLER, 1993; SOLOMON, 1998; METCALF, 1991).

Estudos realizados por Darby et al. (1996), Emerick et al.(1997), Venhuizen (2014) e Cohim (2006) mostram a vantagem e possibilidade de usar frequências de 48 a 96 vezes por dia, com ganhos na qualidade dos efluentes.

A frequência de dosagem (praticamente constante) no sistema experimental ficou entre duas a quatro vezes por dia. A frequência máxima deste estudo foi a mínima inicial utilizada por Dutra (2007). Após a maturação dos leitos filtrantes, ele mudou para 24 vezes por dia e por fim para a frequência de funcionamento de 48 vezes por dia. O autor baseou-se no estudo de Cohim (2006) que utilizou frequências de 24, 48 e 96, sendo a de 48 vezes por dia a que resultou em maior tempo médio de passagem, e que obteve as menores concentrações de sólidos suspensos no efluente, para os leitos de maiores tamanhos efetivos.

Na filtração intermitente há uma relação direta entre taxa e frequência de dosagem de água. Emerick et al.(1997), utilizando os mesmos meios filtrantes, taxas e frequências, mostraram que a eficiência da remoção de microrganismos decrescia com o aumento da taxa de aplicação hidráulica. Isso foi observado ao compararmos as remoções de patógenos no FA 1 e no FA 3.

## N

Realizou-se análise de variância (ANOVA) no intuito de comparar as concentrações de CT, CTT e *E.coli* entre os efluentes. Embora tenha resultado em diferença estatística não significativa, ao nível de 5%, entre os tratamentos para os patógenos, observa ter ocorrido uma redução expressiva dos mesmos.

## 6 CONCLUSÕES

O maior intervalo de aplicação de água no FA 3 (P4) aumentou a proliferação de microrganismos, liberando maior quantidade de oxigênio na água. O oxigênio dissolvido foi reduzido no reservatório de distribuição devido ao recebimento de carga de substâncias orgânicas presentes no esgoto.

As temperaturas das amostras foram consideradas excelentes, pois a taxa de crescimento das bactérias nitrificantes não foi afetada.

Os valores da turbidez ficaram abaixo de 10 uT em 43% das amostras, sendo considerado um resultado excelente para o reuso agrícola, conforme as recomendações da Organização Mundial de Saúde.

O pH foi considerado excelente, principalmente em relação aos valores da água residual dos filtros, sendo o efluente de melhor qualidade para reuso agrícola o do FA 2 (P3), pois apresentou proximidade à neutralidade, o que favorece a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

O resultado da CE está diretamente ligado à quantidade de água existente em cada um dos pontos, ou seja, o reservatório de distribuição (P1) tem volume de água praticamente constante e quantidade significativa de íons, enquanto o FA 3 (P4) recebe menor quantidade de água diariamente e sua carga de íons é reduzida. Os efluentes classificaram-se como água de salinidade média-alta (CE entre 250 e 2.250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e, para o seu uso, pode necessitar de práticas especiais de controle de salinidade, merecendo certa atenção com os usos desta água.

Em 35,7% das amostras os valores de cor mantiveram-se inferiores ao limite máximo aceitável de 75 mg/L preconizado na Resolução CONAMA 357/05 para águas doce classe 2.

Em 14,3% das amostras, os teores de dureza total inferiores a 50 mgCaCO<sub>3</sub>/L e em 85,7% apresentaram teores superiores a 50 mgCaCO<sub>3</sub>/L .

As concentrações de magnésio foram maiores no FA 3 (P4) e menores no FA 1 (P2). Os resultados de P2 estão associados a não precipitação do cálcio, bem como de uma menor dureza encontrada neste efluente.

À medida que ocorreu o aumento considerado da CE e do pH, houve o favorecimento direto da presença do íon cloreto (Cl<sup>-</sup>), um dos principais ânions inorgânicos em águas naturais e residuárias.

A maioria das culturas não são afetadas com as concentrações de nitrogênio e sódio encontradas na pesquisa, além disso, não foi observada remoção de potássio em nenhum dos filtros de areia com fluxo intermitente.

Os desempenhos dos filtros resultaram em baixas remoções de fósforo. Significando que, os efluentes resultantes podem ser utilizados para fertirrigação agrícola, pois a conservação de fósforo presente representa uma oferta de nutrientes.

A redução da Demanda Química de Oxigênio e a Demanda Bioquímica de Oxigênio encontrada em 60% das amostras analisadas foram consideradas satisfatórias.

O sistema de pós-tratamento com fluxo intermitente descendente, conduzido através de filtros de área com granulometria fina mostrou-se capaz de reduzir a concentração de nutrientes, de matéria orgânica e de microorganismos patógenos, contudo, em decorrência dos reduzidos tempos de intermitências adotados não foi possível encontrar diferenças estatísticas com 5% de significância entre os tratamentos. Em comparação com os limites estabelecidos na Resolução do CONAMA, os valores encontrados não estão compatíveis com os recomendados para uso na agricultura.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**. Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos, projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 60p
- AIROLDI, R. P. S. **Análise do desempenho de gotejadores e da prevenção do entupimento com águas residuária**. Tese (Irrigação e Drenagem), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 137 p. 2007.
- AL-JALOUD, A.A.; HUSSAIN, G.; AL-SAATI, A.J.; KARIMULLA, S. Effect of wastewater irrigation on mineral composition of corn and sorghum plants in a pot experiment. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v.18, n.8, p.1.677-92, 1995.
- ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.
- AL-NAKSHABANDI, G. A.; SAQQAR, M.M.; SHATANAWI, M.R.; FAYYAD, M.; AL-HORANI, H. Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.34, n.1, p.81- 94, 1997.
- ALVES, R. C. V. **Comparação de diferentes sistemas de tratamento de águas residuárias domésticas na produção de efluentes para reuso agrícola**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental). Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba. 87 p., 2009.
- AMARRY, B. Y. Wastewater reuse in Jordan: Present status and future plants. **Desalination**. v.211, n.1-3, p.164-176, 2007.
- ANA, Agência Nacional de Águas, Ministério do Meio Ambiente. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Cadernos de recursos hídricos 2. Maio, 2007.
- \_\_\_\_\_. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Brasília: ANA, 2011, 326 p.
- ANA; MMA; FIESP; SindusCon-SP – **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. Prol Editora Gráfica. São Paulo, 2005, 151 p.
- ANDERSON, D. L.; SIEGRIST, R. L.; OTIS, R. J.. **Technology assessment of intermittent sand filters**. USEPA - Municipal Environ. Res. Lab. Cincinnati, OH. 1985.
- ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas Simples para Tratamento de Esgotos Sanitários. Experiência Brasileira**. Rio de Janeiro: ABES,1997. 301p.
- APHA; AWWA; WPCF. **Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater**. 20th ed. Washington: American Public Health Association. 1998.
- ARBOS, K. A. **Qualidade sanitária e nutricional de hortícolas orgânicas**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 161 p., 2009.

AUGUSTO, D. C. C. et al. Utilização de esgotos biológicos na produção de mudas de *Croton floribundus* Spreng. (Capixingui) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (Copaíba). **Revista Árvore**, v. 27, n. 03, p. 335-342, 2003.

ÁVILA, R. O. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte**. 166f. 2005. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

AZEVEDO, M. R. Q. A. et al. Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 02, n. 01, p. 63-68, 2007.

BASTOS, R.K.X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. PROSAB. Viçosa, Minas Gerais, 2003.

BELTRÃO, B. A. **Diagnóstico do município de Pombal**. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Ministério de Minas e Energia/CPRM/PRODEM. Recife, 2005. 23p.

BERNARDI, C. C. **Reuso de água para irrigação**. Brasília: ISAEFGV/ ECOBUSINESS SCHOOL, 2003. 52p. (Monografia - MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada, área de concentração Planejamento Estratégico).

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Pecuária**, p.152- 159, 2008.

BITTON, G. **Wastewater Microbiology**. 3 ed. John Wiley & Sons, Inc, 2005.

BIXIO, D. et. al. Water reclamation and reuse: implementation and management issues. **Desalination**, v. 218, 13-23, 2008.

BOLLER, M. *et al.* **Dynamic Behavior of Intermittent Buried Filter**. In: Water Science Technology 28 (10), 1993.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília, DF, 2001, 207 p.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. **Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005**. – Brasília; MMA, 2005, 3 p.

\_\_\_\_\_. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 2006.

\_\_\_\_\_. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA: Cordeiro, Gilberto Gomes. **Qualidade de água para fins de irrigação: Conceitos básicos e práticas**. Petrolina, PE: EMBRAPA Semiárido, 2001. p. 32.

\_\_\_\_\_. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013. 150 p.

\_\_\_\_\_. Instituto Nacional do Semiárido e Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. **Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas: Estudos e Aplicações. Campina Grande, PB e Cruz das Almas, BA**, 2012. 258 p.

\_\_\_\_\_. **Plano Nacional de Recursos Hídricos: Programas de desenvolvimento da gestão integrada de recursos hídricos no Brasil**. volume 1/ MMA, Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2008, 152 p.

\_\_\_\_\_. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.

BRITO, A. A. F. de, et al. **Avaliação nutricional de arroz irrigado com água residuária de origem doméstica**. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a015>. Acesso em: 24 de junho de 2015.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.

\_\_\_\_\_. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução Nº 430 de 13 de maio de 2011.

CARVALHO, J. L. A. S. **Análise da Sustentabilidade da Atividade Bovina Leiteira no Município de Pombal/PB**. Dissertação de Mestrado em Sistemas Agroindustriais. Universidade Federal de Campina Grande. 2013.

CETESB. Pesquisa: **Reuso de Água**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Águas-Superficiais/39-Reuso-de-Água>>. Acesso em: 09 de Ago. 2014.

CIRILO, J. A. et al. **O Uso Sustentável dos Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas**. Recife: Ed. Universidade da UFPE, 2007. 508 p.

CHERNICHARO, C.A.L. (Coord.) **Pós-tratamento de reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: ABES, 2001. Projeto ProSab.

COHIM, E. **Polimento de efluente de UASB com filtros intermitentes de areia**. 2006, 117 f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

CRITES, R., AND G. TCHOBANOGLIOUS 1998. **Small and Decentralized Wastewater Management Systems**. McGraw-Hill. Disponível em: <[http://books.google.com.br/books/about/Small\\_and\\_decentralized\\_wastewater\\_manag.html?id=yx9SAAAAMAAJ&redir\\_esc=y](http://books.google.com.br/books/about/Small_and_decentralized_wastewater_manag.html?id=yx9SAAAAMAAJ&redir_esc=y)>.

CRUZ, M. C. M et al. Utilização de água residuária de suinocultura na produção de mudas de maracujazeiro azedo cv redondo amarelo. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 4, p. 1107-1112, Dezembro 2008.

CUNHA, A. H. N. et al. O Reuso de Água no Brasil: A Importância da Reutilização de Água no País. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, vol.7, N.13, p. 25-48, 2011.

CUTOLO, S. A. **Reúso de águas residuárias e saúde pública**. São Paulo: Annablume; Fapesp, 2009.

DARBY, J. et al. **Shallow Intermittent Sand Filtration: Performance Evaluation**. *The Small Flows Journal*, 2 (1). 1996.

DUARTE, A. de S. **Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annum* L.)**. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz. 187p., 2006.

DUARTE, A. S; AIROLDI, R. P. S; FOLEGATTI, M. V; BOTREL, T. A; SOARES, T. M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.12, n.3, p.302–310, 2008.

DULTRA, F. A. **Aplicação da filtração intermitente em leito de areia e de escória da metalurgia do cobre no tratamento de esgotos com ênfase em reuso**. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo). Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, Salvador - BA, 150p. 2007.

EMERICK, R. W. et al. Shallow Intermittent Sand Filtration: microorganism removal. **The Small Flows Journal**, 3 (1): 1997, p. 12-22.

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

FEIGIN, A.; BIELORAI, H.; DAG, Y.; KIPNIS, T.; GISKIN, M. The nitrogen factor in the management of efluente irrigated soils. **Soil Science**, Baltimore, v.125, n.4, p.248-54, 1978.

FERREIRA, O. E.; BELTRÃO, N. E. M.; KONIG, A. Efeitos da aplicação de água residuária e nirogênio sobre o crescimento e produção do algodão herbáceo. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 9, n. 01/03, p. 893-902, 2005.

FERREIRA, P. M. L. **Caracterização Limnológica do Reservatório Cochós na Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Pombal - PB, 2015.

FIDELES FILHO, J. et al. Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 328-332, 2005.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2005. 182p.

HENRIQUE, I. N. **Tratamento de águas residuárias domésticas através de sistema conjugado anaeróbio/aeróbio: alternativa tecnológica para minimização de impactos ambientais**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, 134 p., 2010.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil - agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v.07, p. 75-95, 2002.

HESPANHOL, I. et al. **Manual de conservação e reuso da água na indústria**, março/2007. Disponível em: <<http://dc359.4shared.com/doc/g2QIM-OJ/preview.html>> Acessado em: 10 de julho de 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (IBGE). **Banco nacional de dados sobre as cidades**. 2013. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=251210&search=paraibalpombal>>. Acesso em: 09 Jun de 2014.

ISMAEL, F. C. M. **Avaliação dos processos erosivos e seus impactos ambientais na área do campus da UFCG em Pombal – PB**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2014, 83 p.

JEYANAYAGAM, S. True confessions of the biological nutrient removal process. **Water Resources Journal**, p. 37-46, 2005.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4 Edição. Ed. Segrac. Rio de Janeiro. 932p. 2005.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 2.ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2008.

LIMA, R. M. A. **Gestão da Água em Edificações: Utilização de Aparelhos Economizadores, Aproveitamento de Água Pluvial Reuso de Água Cinza**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

MACÊDO, J. A. B. **Introdução à química ambiental**. CRQ-MG. Juiz de Fora, 2002.

MAROTTA, H.; SANTOS, R. O.; PRAST, A. E. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. **Ambiente & Sociedade**. Campinas v. XI, n. 1. jan.-jun. 2008. p. 67-79.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL, F. G.; ALCARDE, J. C. **Adubos e Adubações**. São Paulo: Nobel, 2002, 200p.

MEDEIROS, A. S. **Cultivo de berinjela sob irrigação com água residuária, doses de nitrogênio e fósforo**, 2015. 64p.. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB.

MEDEIROS, S.S. **Alterações físicas e químicas do solo e estado nutricional do cafeeiro em resposta à fertirrigação com água residuária de origem doméstica**. 2005. 114 f. Tese

(Doutorado em Recursos Hídricos e Ambientais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2005.

MEIRELES, A.; KIPERSTOK, A.; COHIM, E. Filtro intermitente para remoção de patógenos de efluente de UASB. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 23. 2005. Campo Grande. **Anais...** ABES, 2005.

MENDONÇA, P. **Reúso de água em edifícios públicos: o caso da Escola Politécnica da UFBA**, 171 f., 2004 Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, 2004. Disponível em: [teclim.ufba.br/curso/monografias/novas/Dissertacao\\_pedro\\_ornelas.pdf](http://teclim.ufba.br/curso/monografias/novas/Dissertacao_pedro_ornelas.pdf). Acesso em: 20 de junho de 2015.

METCALF, E. **Wastewater Engineering: Treatment Disposal and Reuse**. New York, USA: McGraw-Hill, 2001.

METCALF & EDDY INC. **Wastewater Engineering: treatment, Disposal and Reuse**. 4th ed. Rev. By TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D. New York: McGraw-Hill, 2003. 1819p.

MONTES, C. R.; KATO, M. T.; SOUSA, M. A. A.; COURACCI FILHO, B.; MARQUES JUNIOR, J. Irrigação com esgotos tratados: impactos no solo e aquíferos. In: FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (coord). **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, RIMA. PROSAB, 2006.

MPTLAESI, **Manual de Procedimentos e Técnicas Laboratoriais voltado para Análises de Águas e Esgotos Sanitário e Industrial**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Laboratório de Saneamento “Profº Lucas Nogueira Garcez”. São Paulo, 2004. Disponível em: [http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Manual%20de%20Tecnicas%20de%20Laboratorio\\_Aguas%20e%20Esgotos%20Sanitarios%20e%20Industriais.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Manual%20de%20Tecnicas%20de%20Laboratorio_Aguas%20e%20Esgotos%20Sanitarios%20e%20Industriais.pdf) Acesso em: 12 de agosto de 2014.

MORETTI, C. L. Boas práticas para a produção de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, julho, 2003 – Suplemento CD.

NASCIMENTO, M. B. H. et al. Utilização de água residuária e biossólido na cultura da mamona: crescimento e desenvolvimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 1994, Campina Grande-PB. **Anais...**Campina Grande: Embrapa. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, F. A.; CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, F. R. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F.; MELO, T. K. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.6, n.1, p.37-45, 2011.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. vol. 1: Policy and regulatory aspects. 2006. Disponível em: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241546824\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241546824_eng.pdf). Acesso em: 20 de julho de 2015.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2011.

REED, S. C.; CRITES, R. W.; MIDDLEBROOKS, E. J. **Natural Systems US Environmental Protection Agency (USEPA)**, 1995.

REGO, J. L. et al. Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 155-159, 2005.

RICHARDS, et al. 1954. Diagrama de classificação de águas para irrigação. In: BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cordeiro, Gilberto Gomes. **Qualidade de água para fins de irrigação: Conceitos básicos e práticas**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2001. p. 32.

ROCHA, F. A.; SILVA, J. O. da; BARROS, F. M. Reuso de Águas Residuárias na Agricultura: A Experiência Israelense e Brasileira. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, vol.6, N.11, 2010.

SABACH, M. C. **Redução de porte de girassol ornamental pela aplicação de reguladores vegetais**. Dissertação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal. Universidade Federal do Paraná, 93p. 2008.

SANDRI, S. **Irrigação da cultura da alface com água residuária tratada com leitos cultivados com macrófita**. 2003. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Água e Solo) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SCANDOLERA, A. J, et al. Avaliação de parâmetros químicos, microbiológicos e parasitológicos de águas de abastecimento da UNESP e residuária , no município de Jaboticabal, Estado de São Paulo. **Semina: Ci. Agrárias**, Londrina, v. 22, n.1, p. 83-91, jan./jun. 2001.

SILVA, A. N. P; FLORES, L. C.; GALDEANO, M. M; VAL, P. T. do. **Reuso de água e suas implicações jurídicas**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

SILVA, M. C. **Avaliação da qualidade microbiológica de alimentos com a utilização de metodologias convencionais e do sistema simplate**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo. 75 p., 2002.

SILVA, N.; et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4ª edição. São Paulo: Livraria Varela, 2010.

SILVA, S. A., OLIVEIRA, R de. **Manual de Análises Físico Químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias**. Campina Grande – PB: O Autor, 2001. p. 159-176.

SOLOMON, C. et al. **Intermittent Sand Filter**. US Environmental Protection Agency (USEPA), 1998. Disponível em: <[http://www.nesc.wvu.edu/nsfc/pdf/eti/ISF\\_gen.pdf](http://www.nesc.wvu.edu/nsfc/pdf/eti/ISF_gen.pdf)>. Acesso em: 04 de novembro de 2014.

SOUTO, R. A. de. **Avaliação sanitária da água de irrigação e de alfices (Lactuca sativa L.) produzidas no município de Lagoa Seca, Paraíba**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia. 70 p., 2005.

SOUZA, J.A.A. **Uso de água residuária de origem doméstica na fertirrigação do cafeeiro: efeitos no solo e na planta.** 2005. 114 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Ambientais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2005.

TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas.** São Paulo: Editora Blucher, 2007.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos: RIMA, 2003. 248p.

USEPA — U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Design Manual: Municipal Wastewater Stabilization Ponds,** EPA -625/1-83-015, U. S. Environmental Protection Agency, Washington, DC 1983.

USEPA — U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Process Design Manual: on site wastewater treatment systems manual.** February, 2000.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse.** U.S. Environmental Protection Agency. Washington DC. 2004.

VARALLO, A. C. T.; CARVALHO, L.; SANTORO, B. L.; SOUZA, C. F. Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho-amarelo irrigado com água de reúso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande, v.14, n.4, p.372–377, 2010.

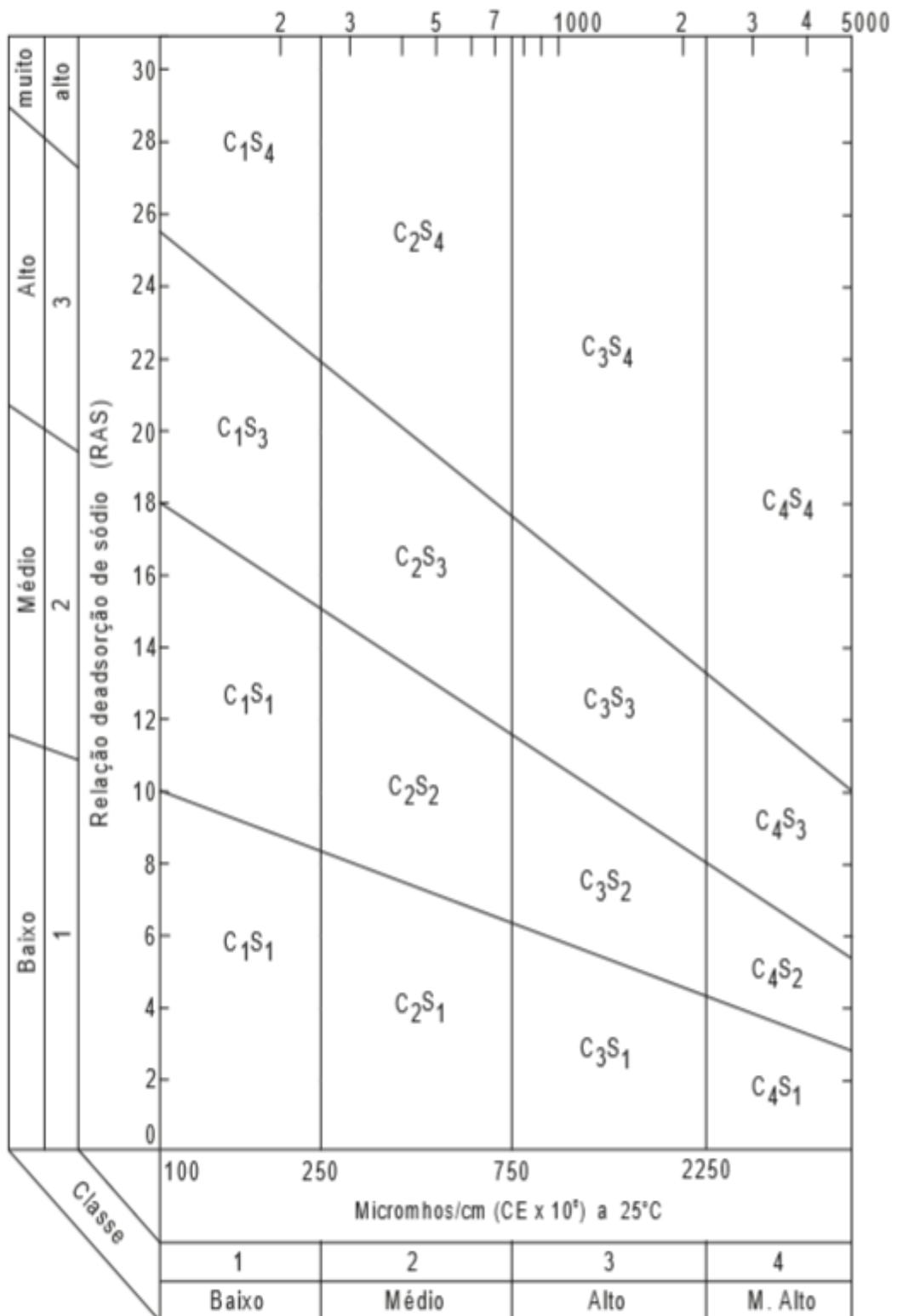
VENHUIZEN, David. **High -Performance Biofiltration: Where Sand Filters Have Gone.** Disponível em: <[http://www.venhuizen-ww.com/html/papers/hpbf\\_CD6.html](http://www.venhuizen-ww.com/html/papers/hpbf_CD6.html)>. Acesso em 20 de julho de 2014.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3ª Edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA - Universidade Federal de Minas Gerais, v. 1, 2005.

WHO. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: Wastewater in Use in Agricultural.** vol. 2. Geneva. 2006.

ANEXO

Diagrama para classificação de águas para irrigação



FONTE: Richards (1954)

## APÊNDICES

TABELA 04 – Controle de filtração do sistema experimental

<b>Dia</b>	<b>Mês</b>	<b>Ano</b>	<b>Água filtrada (L)</b>
15	Dezembro	2014	450
16	Dezembro	2014	450
17	Dezembro	2014	450
18	Dezembro	2014	450
19	Dezembro	2014	450
20	Dezembro	2014	450
21	Dezembro	2014	450
22	Dezembro	2014	450
23	Dezembro	2014	450
24	Dezembro	2014	450
25	Dezembro	2014	450
26	Dezembro	2014	450
27	Dezembro	2014	250
28	Dezembro	2014	450
29	Dezembro	2014	450
30	Dezembro	2014	450
31	Dezembro	2014	450
01	Janeiro	2015	430
02	Janeiro	2015	400
03	Janeiro	2015	300
04	Janeiro	2015	300
05	Janeiro	2015	450
06	Janeiro	2015	350
07	Janeiro	2015	300
08	Janeiro	2015	450
09	Janeiro	2015	450
10	Janeiro	2015	450
11	Janeiro	2015	450
12	Janeiro	2015	450
13	Janeiro	2015	450
14	Janeiro	2015	450
15	Janeiro	2015	450
16	Janeiro	2015	440
17	Janeiro	2015	400
18	Janeiro	2015	350
19	Janeiro	2015	450
20	Janeiro	2015	450
21	Janeiro	2015	450
22	Janeiro	2015	450
23	Janeiro	2015	450
24	Janeiro	2015	450

25	Janeiro	2015	450
26	Janeiro	2015	450
27	Janeiro	2015	450
28	Janeiro	2015	450
29	Janeiro	2015	450
30	Janeiro	2015	450
31	Janeiro	2015	450
1	Fevereiro	2015	450
2	Fevereiro	2015	450
3	Fevereiro	2015	450
4	Fevereiro	2015	250
5	Fevereiro	2015	450
6	Fevereiro	2015	200

Fonte: Autor (2015)

TABELA 05 – Resultados de P1 e P5 na coleta inicial

<b>Parâmetros</b>	<b>P1</b>	<b>P5</b>
OD (mg/l)	10,8	12,4
Temp. (°C)	33,0	32,0
Turbidez (NTU)	8,33	11,0
pH	8,35	7,73
CE (µS/cm)	735	1.299
Cor (mg/L)	136,7	322
Dureza (mg/L)	57,97	102
Ca (mg/L)	23,25	51,0
Mg (mg/l)	34,72	51,0
Cloretos (mg/L)	82,1	92,9
N (mg/L)	0,0001	0,0002
P (mg/L)	0,54	0,82
Na (mg/L)	0,002	0,001
K (mg/L)	0,01	0,01

Legenda – P1= efluente da fossa séptica e P5 = efluente da caixa de armazenamento. Fonte: Autor (2015)

TABELA 06 – Resultados de P1 e P5 na coleta final

<b>Parâmetros</b>	<b>P1</b>	<b>P5</b>
OD (mg/l)	0,4	6,4
Temperatura(°C)	26,8	27,9
Turbidez (NTU)	15,0	1,4
pH	8,34	6,26
CE (µS/cm)	825,0	562,6
Cor (mg/L)	235,7	112,7
Dureza (mg/L)	59,76	102,4
Ca (mg/L)	34,4	58,4
Mg (mg/l)	25,4	44,0
Cloretos (mg/L)	102,5	86,2
N (mg/L)	0,0002	0,0001
P (mg/L)	0,89	0,54
Na (mg/L)	0	0,001
K (mg/L)	0,009	0,010
DQO (mg/L)	89,89	127,3
DBO (mg/L)	15,6	25,4
CT (NMP/100mL)	1.700.000.000	2.400.000
CTT (NMP/100mL)	350.000.000	1.600.000
<i>E.coli</i> (% presença)	79,4	45,0
<i>E.coli</i> (% ausência)	20,6	55,0

Legenda – P1= efluente da fossa séptica e P5 = efluente da caixa de armazenamento. Fonte: Autor (2015)

TABELA 07 – Resultados das análises de oxigênio dissolvido (mg/L)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	0,9	6,6	6,6	6,8
02	0,5	1,3	1,7	1,4
03	0,5	1,8	2,0	2,7
04	3,0	3,2	4,1	3,7
05	2,1	4,2	3,1	4,3
06	3,7	2,3	2,0	5,8
07	0,4	5,5	5,2	6,8
<b>Média</b>	2,74	3,56	3,53	4,50
<b>Desvio padrão</b>	3,49	1,97	1,86	2,07

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 08 – Resultados das análises de temperatura da água (°C)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	30,1	29,5	30,5	30,0
02	29,2	30,9	30,3	30,2
03	27,8	29,5	29,6	32,3
04	29,3	29,0	29,6	27,8
05	28,7	27,8	30,2	28,2
06	28,7	29,7	29,1	30,0
07	26,8	25,7	25,5	25,6
<b>Média</b>	29,2	28,8	29,26	29,1
<b>Desvio padrão</b>	1,83	1,67	1,73	2,15

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 09 – Resultados das análises de turbidez (uT)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	9,2	8,5	9,2	20,2
02	8,9	12,1	9,4	10,0
03	7,3	3,7	9,7	6,3
04	2,0	6,7	6,7	13,7
05	1,0	5,7	7,7	17,7
06	6,7	1,0	1,7	3,7
07	15,0	1,0	1,7	1,7
<b>Média</b>	7,29	5,52	6,56	10,47
<b>Desvio padrão</b>	4,38	4,04	3,48	7,04

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 10 – Resultados das análises de pH

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	8,54	7,13	7,36	7,46
02	8,53	6,48	7,24	7,0
03	8,28	6,19	6,35	6,38
04	7,55	5,83	5,98	6,0
05	7,26	6,46	6,4	6,31
06	8,33	6,63	6,55	6,54
07	8,34	6,21	6,32	6,17
<b>Média</b>	8,15	6,42	6,60	6,55
<b>Desvio padrão</b>	0,47	0,41	0,51	0,51

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 11 – Resultados das análises de condutividade elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ )

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	664,3	643,7	761,3	692,0
02	622,0	650,3	583,3	653,0
03	890,4	818,3	732,1	805,5
04	445,5	362,2	384,8	357
05	407,4	348,4	342,8	333,7
06	578,0	504,1	524,5	428,4
07	825,0	627,3	637,5	593,3
<b>Média</b>	646,0	564,9	566,6	551,8
<b>Desvio padrão</b>	170,0	169,9	161,0	181,1

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 12 – Resultados das análises de cor (mg/L)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	160,7	95,3	84,3	92,7
02	174,7	168,3	156,3	145,3
03	181,0	109,0	187,6	147,6
04	28,3	57,0	52,0	81,7
05	28,3	60,0	68,3	128,0
06	93,0	23,0	44,0	56,0
07	235,7	32,7	77,3	112,7
<b>Média</b>	129,8	77,9	95,7	109,1
<b>Desvio padrão</b>	74,5	50,4	54,7	34,2

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 13 – Resultados das análises de dureza total (mg/L)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	55,27	60,22	129,0	117,7
02	56,47	58,72	90,0	99,75
03	56,77	114,7	91,5	136,5
04	60,75	46,5	58,5	44,25
05	58,5	51,75	48,75	41,25
06	54,75	84,75	85,5	70,5
07	59,76	104,8	92,0	118,4
<b>Média</b>	57,53	74,49	85,04	89,76
<b>Desvio padrão</b>	2,10	27,06	26,04	38,04

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 14 – Resultados das análises de cálcio (mg/L)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	17,25	35,25	57,75	49,5
02	17,77	42,52	42,75	42,97
03	27,52	69,75	46,27	66,75
04	27,75	21,75	29,25	22,5
05	36,0	34,5	30,0	29,25
06	48,0	55,2	55,2	40,0
07	34,4	72,8	59,2	76,8
<b>Média</b>	28,99	47,40	45,77	46,82
<b>Desvio padrão</b>	10,28	19,15	12,54	19,43

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 15 – Resultados das análises de magnésio (mg/L)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	38,02	24,97	71,25	68,2
02	38,7	16,2	47,25	56,78
03	29,25	44,95	45,23	69,75
04	33,0	24,75	29,25	21,75
05	22,5	17,25	18,75	12,0
06	6,75	29,55	30,3	30,5
07	25,36	32,0	32,8	41,6
<b>Média</b>	28,54	27,10	39,26	42,94
<b>Desvio padrão</b>	10,51	9,79	17,15	22,77

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 16 – Resultados das análises de cloretos (mg/L)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	104,3	91,3	89,3	91,7
02	111,1	97,39	96,18	91,33
03	96,99	92,14	94,16	91,33
04	56,98	52,54	52,94	50,52
05	48,55	49,46	49,46	49,91
06	71,69	68,97	65,79	64,89
07	102,5	99,4	93,9	94,8
<b>Média</b>	84,28	78,74	77,39	76,35
<b>Desvio padrão</b>	23,30	21,41	20,66	20,50

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 17 – Resultados das análises de nitrogênio (mg/L)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	0,00015	0,00009	0,00007	0,00007
02	0,00016	0,00005	0,00008	0,00008
03	0,00013	0,00003	0,00005	0,00003
04	0,00008	0,00015	0,00016	0,00018
05	0,00019	0,00011	0,00008	0,00007
06	0,00019	0,00007	0,00007	0,00007
07	0,00021	0,00007	0,00008	0,00005
<b>Média</b>	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
<b>Desvio padrão</b>	0,00005	0,00004	0,00004	0,00005

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 18 – Resultados das análises de sódio (mg/L)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	0,001	0,003	0,002	0,002
02	0,010	0,001	0	0
03	0,001	0	0	0
04	0,004	0,004	0,004	0,004
05	0,005	0,009	0,004	0,005
06	0,002	0,003	0,003	0,004
07	0	0	0	0,001
<b>Média</b>	0,003	0,003	0,002	0,002
<b>Desvio padrão</b>	0,003	0,003	0,002	0,002

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 19 – Resultados das análises de potássio (mg/L)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	0,009	0,008	0,008	0,009
02	0,001	0,009	0,008	0,008
03	0,007	0,008	0,008	0,009
04	0,013	0,013	0,013	0,014
05	0,014	0,018	0,014	0,015
06	0,011	0,012	0,012	0,013
07	0,009	0,010	0,010	0,014
<b>Média</b>	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Desvio padrão</b>	0,004	0,004	0,003	0,003

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 20 – Resultados das análises de fósforo (mg/L)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	0,26	0,61	0,75	0,75
02	0,82	0,19	0,47	0,54
03	0,75	0,12	0,26	0,40
04	0,47	0,47	0,33	0,33
05	0,40	0,40	0,33	0,33
06	0,54	0,33	0,33	0,33
07	0,89	0,61	0,61	0,47
<b>Média</b>	0,59	0,39	0,44	0,45
<b>Desvio padrão</b>	0,22	0,19	0,18	0,16

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 21 – Resultados das análises de DQO (mgO<sub>2</sub>/L)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	206,3	198,4	293,6	206,3
02	68,18	15,15	45,45	45,45
03	69,23	76,92	53,85	92,31
04	75,76	60,61	37,88	22,73
05	182,5	129,3	144,5	91,25
06	89,89	104,8	194,7	112,3
<b>Média</b>	115,3	97,5	128,3	95,1
<b>Desvio padrão</b>	62,21	62,95	102,55	63,85

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 22 – Resultados das análises de DBO (mgO<sub>2</sub>/L)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	0,36	10,02	1,04	5,22
02	4,94	6,42	10,9	6,2
03	5,31	9,92	9,72	15,76
04	0	1,86	7,19	10,4
05	15,6	15,5	20,8	24,4
Média	5,24	8,74	9,93	12,40
Desvio padrão	6,30	5,04	7,17	7,89

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 23 – Resultados das análises de Coliformes Totais (NMP/100mL)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	900000000	160000000000	50000000	3000000000
02	26000000	3000000	11000000	1700000
03	900000000	90000000	2200000000	700000000
04	160000	17000000	160000000000	3000000
05	280000	500000000	200000000	400000000
06	160000000	500000	9000000	230000000
07	350000000	60000000	280000000	6000000

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 24 – Resultados das análises de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	900000000	160000000000	30000000	3000000000
02	26000000	1700000	3000000	1700000
03	900000000	90000000	2200000000	700000000
04	160000	17000000	160000000000	3000000
05	280000	500000000	24000	6000000
06	160000000	500000	9000000	3.500.00
07	350000000	60000000	50000000	<2.000.000

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 25 – Resultados das análises de *E.coli* (% Presença)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	60,60	62,50	100,00	100,00
02	100,00	68,43	42,86	28,58
03	94,12	66,60	100,00	84,21
04	96,55	94,12	100,00	96,43
05	79,40	55,20	40,80	40,00
<b>Média</b>	86,13	69,37	76,73	69,84

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)

TABELA 26 – Resultados das análises de *E.coli* (% Ausência)

Nº da campanha	P1	P2	P3	P4
01	39,4	37,5	0	0
02	0	31,57	57,14	71,42
03	5,88	33,4	0	15,79
04	3,45	5,88	0	3,57
05	20,6	44,8	59,2	60
<b>Média</b>	13,87	30,63	23,27	30,16

Legenda – P1= efluente da fossa séptica, P2= efluente do FA 1, P3= efluente do FA 2, P4= efluente do FA 3. Fonte: Autor (2015)