



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA**  
**CAMPUS DE JI-PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**



**CINDY DEINA FARTO**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE SISTEMAS INDIVIDUAIS DE  
TRATAMENTO DE ESGOTOS: ESTUDO DE CASO EM JI-PARANÁ E OURO  
PRETO DO OESTE - RO**

Ji-Paraná

2015

**CINDY DEINA FARTO**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE SISTEMAS INDIVIDUAIS DE  
TRATAMENTO DE ESGOTOS: ESTUDO DE CASO EM JI-PARANÁ E OURO  
PRETO DO OESTE - RO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. João Gilberto de Souza Ribeiro

Ji-Paraná

2015

F247a  
2015

Farto, Cindy Deina

Avaliação do desempenho de sistemas individuais de tratamento de esgotos: Estudo de caso em Ji-Paraná e Ouro Preto do Oeste. / Cindy Deina Farto; orientador, João Gilberto de Souza Ribeiro. -- Ji-Paraná, 2015

61 p. : 30 cm

Trabalho de conclusão de Curso Bacharel em Engenharia Ambiental. – Universidade Federal de Rondônia, 2015

Inclui referências

1. Saneamento Básico. 2. Saúde Pública. 3. Esgoto Sanitário.  
I. Souza, João Gilberto de. II. Universidade Federal de Rondônia.  
III. Título

CDU 628.336



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA  
CAMPUS DE JI-PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



**TÍTULO:** AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE SISTEMAS INDIVIDUAIS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS: ESTUDO DE CASO EM JI-PARANÁ E OURO PRETO DO OESTE - RO

**AUTOR:** CINDY DEINA FARTO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e aprovado pelo Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Campus de Ji-Paraná no dia 17 de novembro de 2015.

---

Profa. Dra. Nara Luísa Reis de Andrade  
Universidade Federal de Rondônia

---

Profa. Me. Margarita María Dueñas Orozco  
Universidade Federal de Rondônia

---

Prof. Dr. João Gilberto de Souza Ribeiro  
Universidade Federal de Rondônia

Ji-Paraná, 17 de novembro de 2015.

*Aos meus pais Antônio Carlos Farto e  
Iara Maria Deina Farto*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer às pessoas que foram extremamente fundamentais para a elaboração deste trabalho, e que, de alguma forma, contribuíram para a concretização do meu objetivo.

Primeiramente, aos meus pais Carlos e Iara, por terem me oferecido todo apoio necessário e pelos esforços dedicados para que eu chegasse até aqui.

Aos professores pelos conhecimentos transmitidos, em especial ao meu orientador Prof. João Gilberto e à Prof. Nara Luísa pela contribuição, paciência e disposição para realização deste trabalho.

Um agradecimento especial ao Técnico de laboratório Aurelino, por toda ajuda necessária nas coletas e nas análises realizadas ao longo deste trabalho.

Ao CNPq pelo apoio financeiro no projeto que proporcionou o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao meu namorado Fagner pelo carinho, compreensão, companheirismo e toda ajuda necessária ao longo desta trajetória.

Aos colegas da Engenharia Ambiental que se fizeram próximos em algum momento e de alguma maneira auxiliaram no decorrer da graduação, especialmente ao Euler e ao Thandy e todo “Grupo da BR”, por toda ajuda, pelos momentos de descontração e amizade de vocês.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para tornar esta pesquisa em realidade, seja pela ajuda constante ou por uma palavra de amizade. Meu muito obrigada!

## RESUMO

Um dos problemas ambientais que vem preocupando tanto a sociedade civil organizada, como as organizações ambientais e órgãos de controle ambiental, é o lançamento de esgoto doméstico e/ou industrial sem tratamento nos cursos d'água. O lançamento *in natura* de esgoto pode ocasionar a poluição das águas superficiais e subterrâneas, sendo este um meio favorável para propagar contaminações por grandes regiões e gerar problemas de saúde pública. Desse modo, esta pesquisa justifica-se por averiguar a eficiência de dois sistemas simplificados de esgotamento sanitário: fossas sépticas biodigestoras e filtros anaeróbios, tendo como objetivo analisar as características físico-químicas dos efluentes e verificar se os mesmos podem ser dispostos diretamente no ambiente. Os efluentes foram coletados em seis pontos durante nove meses nos anos de 2014 e 2015, para análise das variáveis: pH, temperatura, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total, sólidos totais, e turbidez. Todos os procedimentos de coleta e análises do efluente foram realizados conforme a metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Os resultados obtidos para as variáveis pH e temperatura se encontraram dentro dos padrões de lançamento de efluente estabelecidos pela Resolução CONAMA 430/11. Para os valores de fósforo total, mesmo havendo uma eficiência na remoção desta variável em alguns pontos, somente o ponto 5 apresentou valores abaixo dos valores máximos recomendados pela resolução, podendo assim, ser o único a ser disposto no meio. Os valores encontrados para DBO foram muito elevados e demonstram que a remoção dessa variável não é eficiente nos sistemas de tratamento analisados, pois não houve remoção da matéria orgânica biodegradável, sendo que, todos os pontos apresentaram características de esgoto bruto. Portanto, quanto as variáveis pH e temperatura o efluente pode ser lançado no ambiente, no entanto, quanto as variáveis fósforo total e DBO, estas não apresentam condições indicadas, não sendo recomendável a disposição desse efluente no ambiente. Recomenda-se que seja incluído um pós-tratamento aos sistemas de tratamento analisados.

**Palavras-chave:** Efluente doméstico, remoção, eficiência.

## ABSTRACT

One of the environmental problems that is worrying both civil society organizations such as environmental organizations and environmental agencies is launching domestic and / or industrial sewage untreated into waterways. The discharge in nature sewage can cause pollution of surface and groundwater, which is a favorable environment for spreading contamination by regions and generate public health problems. Thus, this research is justified by ascertaining the efficiency of two simplified systems of sewage: biodigestoras septic tanks and anaerobic filters, aiming to analyze the physicochemical characteristics of effluents and see if they can be placed directly in the environment. The effluents were collected at six points during nine months in the years 2014 and 2015, to analyze the variables: pH, temperature, biochemical oxygen demand (BOD), total phosphorus, total solids, and turbidity. All procedures for collecting and effluent analyzes were performed according to the methodology described in Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. The results for pH and temperature were within the effluent discharge standards set by CONAMA Resolution 430/11. For total phosphorus values, even with an efficiency in the removal of this variable in some spots, only paragraph 5 showed values below the maximum values recommended by the resolution, thus being able to be the one to be arranged in the middle. The values found for BOD were very high and show that the removal of this variable is not efficient in the analyzed treatment systems, as there was no removal of biodegradable organic matter, with all the points presented raw sewage characteristics. Therefore, the pH and temperature the effluent can be released into the environment, however, the variables Total phosphorus and BOD, they do not have set conditions, not being recommended the disposal of this effluent into the environment. It is recommended to be included post-treatment means to analisados.no treatment systems.

**Keywords:** domestic effluent, removal efficiency.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Fluxo do processo de digestão anaeróbia.....	18
<b>Figura 2</b> - Esquema de Fossa Séptica Biodigestora.....	19
<b>Figura 3</b> - Desenho esquemático de filtros anaeróbios.....	22
<b>Figura 4</b> - Localização do estado de Rondônia e dos municípios de Ji-Paraná e Ouro Preto do Oeste.....	24
<b>Figura 5</b> - Localização do ponto na área rural de Ouro Preto do Oeste.....	25
<b>Figura 6</b> - Localização dos pontos na área urbana de Ji-Paraná.....	25
<b>Figura 7</b> - Coletor utilizado para realizar as coletas dos efluentes.....	27
<b>Figura 8</b> - <i>Box-plot</i> da variação de pH da fossa séptica biodigestora monitorada durante cinco meses.....	33
<b>Figura 9</b> - <i>Box-plot</i> da variação de temperatura da fossa séptica biodigestora monitorada durante cinco meses.....	34
<b>Figura 10</b> - <i>Box-plot</i> da variação de DBO da fossa séptica biodigestora monitorada durante cinco meses.....	35
<b>Figura 11</b> - Concentrações de DBO encontradas no decorrer dos meses.....	35
<b>Figura 12</b> - <i>Box-plot</i> da variação de turbidez da fossa séptica biodigestora monitorada durante cinco meses.....	36
<b>Figura 13</b> - Valores de turbidez encontrados no decorrer dos meses.....	37
<b>Figura 14</b> - <i>Box-plot</i> da variação de sólidos totais da fossa séptica biodigestora monitorada durante cinco meses.....	38
<b>Figura 15</b> - Valores de turbidez encontrados no decorrer dos meses .....	39
<b>Figura 16</b> - <i>Box-plot</i> da variação de fósforo total da fossa séptica biodigestora monitorada durante cinco meses.....	40
<b>Figura 17</b> - Valores de fósforo total encontrados no decorrer dos meses .....	40
<b>Figura 18</b> - <i>Box-plot</i> da variação de pH dos filtros anaeróbios p2 a p6 monitorados durante nove meses.....	43
<b>Figura 19</b> - <i>Box-plot</i> da variação de temperatura dos filtros anaeróbios p2 a p6 monitorados durante nove meses.....	44
<b>Figura 20</b> - <i>Box-plot</i> da variação de DBO dos filtros anaeróbios p2 a p6 monitorados durante nove meses.....	45
<b>Figura 21</b> - <i>Box-plot</i> da variação de turbidez dos filtros anaeróbios p2 a p6 monitorados durante nove meses.....	46
<b>Figura 22</b> - <i>Box-plot</i> da variação de sólidos totais dos filtros anaeróbios p2 a p6 monitorados durante nove meses.....	47
<b>Figura 23</b> - <i>Box-plot</i> da variação de fósforo total dos filtros anaeróbios p2 a p6 monitorados durante nove meses.....	48

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 TRATAMENTO DE ESGOTO.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.2 Tratamento de Esgoto nas Áreas Rurais.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2 PROCESSOS BIOLÓGICOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.1 Digestão Anaeróbia .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3 FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4 FILTRO ANAERÓBIO .....</b>	<b>21</b>
<b>1.5 RESOLUÇÃO CONAMA 430/2011 .....</b>	<b>23</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>24</b>
<b>2.2 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3 MONITORAMENTO DOS SISTEMAS.....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.1 Coleta das Amostras.....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.2 Análises Físico-químicas .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH).....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.2.2 Temperatura .....</b>	<b>29</b>
<b>2.3.2.3 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) .....</b>	<b>29</b>
<b>2.3.2.4 Turbidez .....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.2.5 Sólidos totais.....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.2.6 Fósforo total .....</b>	<b>31</b>
<b>2.4 ANÁLISE DOS DADOS .....</b>	<b>31</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>32</b>
<b>3.1 PONTO 1 – FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA .....</b>	<b>32</b>
<b>3.1.1 pH.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1.2 Temperatura .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....</b>	<b>34</b>
<b>3.1.4 Turbidez .....</b>	<b>36</b>
<b>3.1.5 Sólidos Totais .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1.6 Fósforo Total.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2 PONTOS 2, 4, 5 E 6 – FILTROS ANAERÓBIOS.....</b>	<b>41</b>
<b>3.2.1 pH e Temperatura .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.3 Turbidez .....</b>	<b>46</b>

<b>3.2.4 Sólidos totais.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2.5 Fósforo total .....</b>	<b>47</b>
<b>3.3 SÍNTESE .....</b>	<b>49</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>53</b>

## INTRODUÇÃO

A falta de acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil pode ser mensurada pelo número de municípios existentes no país que não possuem nenhum tipo de sistema de esgotamento sanitário (TONETTI et al., 2012). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008), das 5.564 cidades brasileiras, 52,2% se encontravam em situação inadequada. A problemática se agrava ainda mais nos municípios com população inferior a 10.000 habitantes, que correspondem a 48,4% de todas as cidades brasileiras. Além disso, de acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio -PNAD (IBGE, 2009), 96% das residências localizadas nas áreas rurais não são atendidas pelo serviço de coleta de esgoto sanitário.

Assim, a maior parte dessas localidades lançam seus efluentes *in natura* nos corpos hídricos ou no solo, comprometendo a qualidade da água utilizada para os seus usos múltiplos (TONETTI et al., 2012). Moreira et al. (2011), afirmam que o lançamento de esgoto *in natura* pode ocasionar a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, sendo a água, um meio favorável para propagar contaminações por grandes regiões e gerar problemas de saúde pública.

Uma pesquisa realizada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP, 2011), indica que em países em desenvolvimento como o Brasil, 80% das doenças conhecidas são de veiculação hídrica e de acordo com Who (2010) apud Costa e Guilhoto (2014) anualmente morrem 1,8 milhões de pessoas devido a diarreias associadas à má qualidade da água, das quais 1,6 milhões são crianças menores de 5 anos de idade.

Neste contexto, procurando contribuir para a reversão desse quadro sanitário e epidemiológico, o Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) tem incentivado o desenvolvimento de trabalhos na área de tratamento de esgotos, através da pesquisa de tecnologias simples e de fácil operação.

Especial atenção tem sido dada aos sistemas simplificados de tratamento, representados principalmente pelos filtros anaeróbios e pelas fossas sépticas biodigestoras. Esses sistemas são extremamente compactos, apresentam um baixo custo de implantação e operação e a ausência de equipamentos mecânicos confere aos mesmos o conceito de simplicidade operacional. Pinto (1995), afirma que esses sistemas se tornam indispensáveis para melhorar as condições de saneamento no Brasil.

Segundo Suntti et al. (2011) o uso das fossas sépticas biodigestoras e dos filtros anaeróbios se destacam por serem tecnologias descentralizadas, que permitem a produção de efluentes desinfetados, tendo seu tratamento *in loco*, não necessitando de grandes redes de coleta para posterior tratamento. Além disso, segundo os autores supramencionados, a elevada viabilidade desses sistemas está associada a fatores como o custo relativamente baixo de construção e a simplicidade operacional.

Deste modo, o principal objetivo desses sistemas é controlar a poluição e a contaminação que podem ser introduzidas no solo e em corpos receptores, através do lançamento de esgoto sanitário não tratado nesses meios, e conseqüentemente melhorar as condições de vida e bem estar da população (JUNIOR e NETO, 2011), sendo possível em alguns casos a utilização do efluente tratado para outros fins (FAUSTINO, 2007).

Esses métodos são uma alternativa para substituir as “fossas negras” ou qualquer outra forma inadequada de disposição final do esgoto doméstico gerado que prevalecem na zona rural e urbana. Desse modo, é necessário avaliar a eficiência de sistemas simplificados de esgotamento sanitário, uma vez que, o despejo inadequado acarreta a contaminação das águas superficiais e subterrâneas que abastecem os “poços caipiras”, locais de onde normalmente é retirada a água para o abastecimento da população rural e parte da população urbana (NOVAES et al., 2002), gerando assim, impactos negativos nas condições de vida, e conseqüentemente, no grau de desenvolvimento da população (TONETTI et al., 2011).

Os municípios de Ji-Paraná e Ouro Preto do Oeste não são exceções dentro do cenário problemático anteriormente apresentado, pois ambos não possuem um sistema coletivo de coleta e tratamento de esgotos, ficando a cada domicílio a responsabilidade de dispor seus efluentes.

Essa realidade fez com que instituições como a Secretaria Municipal de Saúde de Ji-Paraná (SEMUSA) e a UNIR, apoiassem e desenvolvessem sistemas individuais de tratamento em algumas residências com o intuito de propor melhorias sanitárias para os locais.

Sendo assim, é evidente a necessidade do desenvolvimento de estudos e pesquisas para a gestão destes efluentes acrescidos de sua caracterização físico-química e microbiológica, para um melhor diagnóstico e intervenção.

Portanto, mediante ao que foi exposto, o presente estudo teve a finalidade de analisar a eficiência de dois sistemas simplificados de tratamento de esgotos: fossa séptica biodigestora e filtro anaeróbio, nos municípios de Ji-Paraná e Ouro Preto do Oeste - RO. Como objetivos específicos, almejou-se:

- a) analisar variáveis físico-químicas dos efluentes tratados pelos dois sistemas;
- b) cotejar dados dos efluentes gerados com os padrões de lançamento em corpos hídricos.

# 1 REFERENCIAL TEÓRICO

## 1.1 TRATAMENTO DE ESGOTO

Segundo a NBR 9648 (1986), esgoto sanitário é o despejo líquido constituído de esgoto doméstico, esgoto industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária.

As características dos esgotos são bastante variáveis tanto quantitativamente, como qualitativamente, pois se alteram conforme os usos à qual a água foi submetida (VON SPERLING, 2005). Segundo o autor, esses usos e a maneira que são exercidos, variam com a situação social e econômica, com os hábitos da população e com o clima da região. Dessa maneira, uma das principais características dos esgotos sanitários é a presença de matéria orgânica, especialmente as fezes humanas, que variam com o decorrer do tempo, pois sofrem diversas alterações até sua total estabilização (FAUSTINO, 2007).

Pimenta et al. (2002), destacam que as doenças de veiculação hídrica têm origem especialmente a partir das fezes humanas, sendo que, muitos microrganismos patogênicos são parasitas do intestino humano e são eliminados junto às fezes. Assim, por falta de apropriados sistemas de tratamento de esgotos, os despejos de origem humana alcançam com facilidade os corpos d'água superficiais ou subterrâneos. Portanto, o uso dessa água para consumo, resulta no ingresso desses microrganismos ao organismo dos indivíduos, podendo causar doenças como, diarreia, hepatite, cólera, leptospirose e outras (SABESP, 2011).

O lançamento inadequado de efluentes nos corpos hídricos resulta em diversos problemas socioambientais, gerando impactos significativos sobre a vida aquática e o meio ambiente como um todo.

Por exemplo, a matéria orgânica presente nos dejetos ao entrar em um sistema aquático, leva a uma grande proliferação de bactérias aeróbicas provocando o consumo de oxigênio dissolvido que pode reduzir a valores muito baixos, ou mesmo extinguir, gerando impactos a vida aquática aeróbica. Têm-se como outros exemplos de impactos a eutrofização, a disseminação de doenças de veiculação hídrica, agravamento do problema de escassez de água de boa qualidade, desequilíbrio ecológico, entre outros (PIMENTA et al., 2002, p. 02).

Neste contexto, a disposição adequada dos esgotos é essencial à proteção da saúde pública e ao meio ambiente (JUNIOR e NETO, 2011). Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2014), para cada dólar investido em saneamento, principalmente em coleta e tratamento de esgotos sanitários, pode denotar uma economia de até 4,3 dólares gastos com saúde.

Nuvolari (2003) afirma que, as principais finalidades da implantação de um sistema de tratamento de esgotos, relaciona-se a três aspectos: higiênico, social e econômico.

Do ponto de vista higiênico, o objetivo é a prevenção, o controle e a erradicação das muitas doenças de origens hídricas, responsáveis por altos índices de mortalidade precoce, mormente de mortalidade infantil, um dos maiores e mais sensíveis índices na saúde pública. Nesse sentido o sistema promove o tratamento do efluente a ser lançado nos corpos receptores naturais, de maneira rápida e segura. Sob o aspecto social, o objetivo visa a melhoria da qualidade de vida da população, pela eliminação de odore desagradáveis, repugnantes e que prejudicam o aspecto visual, a estética, bem como a recuperação dos depósitos de água natural e de suas margens para prática recreativa, esporte e lazer. Do ponto de vista econômico, o objetivo envolve questões como a geração de emprego e melhoria ambiental, tanto urbana como rural (NUVOLARI, 2003).

Assim, a coleta, tratamento e a disposição adequada dos esgotos são essenciais para proporcionarem uma melhoria no quadro de saúde da população e é uma condição primordial para busca da sustentabilidade.

### **1.1.1 Tratamento de Esgoto nas Áreas Urbanas**

De acordo com o IBGE (2010), 55,2% dos municípios brasileiros possuem o serviço de esgotamento sanitário por rede de coleta, considerando que todo esgoto coletado será tratado.

No entanto, esse serviço não atende à maioria dos domicílios, pois somente 44% das residências do país são contempladas com rede coletora de esgoto. Essa situação se torna mais preocupante quando analisados os valores do estado de Rondônia, no qual, somente 1,6% dos domicílios são contemplados com esse sistema, sendo este o estado brasileiro com a menor porcentagem de coleta de esgoto entre os estados do país (IBGE, 2010).

Do mesmo modo, não somente em Rondônia, mas também em pequenas localidades no Brasil, esses serviços de saneamento ambiental tem se caracterizado pela grave insuficiência nos níveis de atendimento, com impactos negativos nas condições de vida e de bem-estar da população.

Além disso, a problemática se estende também para as grandes cidades que concentram amplos volumes de esgoto, sendo que em algumas situações são despejados sem tratamento nos corpos receptores. Com isso, a poluição das águas que cercam áreas urbanas é bastante alta, encarecendo e dificultando, cada vez mais, a própria captação de água para abastecimento público (FAUSTINO, 2007).



### **1.1.2 Tratamento de Esgoto nas Áreas Rurais**

O tratamento de esgotos em áreas urbanas do Brasil ainda não é suficiente para atender à crescente demanda da população, no entanto, apresenta-se num estágio avançado quando comparado com a situação da população na área rural (FAUSTINO, 2007).

As diferenças nas condições da coleta de esgoto na zona rural são enfatizadas quando observam-se as regiões do país. No ano de 2009, enquanto nas regiões Sul e Sudeste, 48% e 34% respectivamente, da população rural, teve acesso à rede coletora de esgoto, as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste apresentaram, respectivamente, 24%, 16% e 9% do esgoto coletado (IBGE, 2011). Sendo assim, segundo o relatório da OMS (WHO, 2010 apud COSTA e GUILHOTO, 2014), os percentuais das regiões que permaneceram abaixo de 30% são comparáveis aos de países da África subsaariana. Pois o percentual de esgoto tratado na zona rural em Gana, por exemplo, foi de 38% (COSTA e GUILHOTO, 2014).

Em Rondônia a situação não é diferente, pois na zona rural não há rede coletora de esgoto (IBGE, 2010), ficando por conta do proprietário rural a destinação do esgoto gerado, que por maioria das situações se dá por meio de fossa negra (BERTONCINI, 2008). Segundo o autor, no mercado há vários métodos de tratamento de água e dejetos que podem ser implantados com sucesso, porém, o custo de aquisição de equipamentos, os insumos utilizados e a elevada manutenção dos sistemas inviabilizam sua implantação no meio rural.

Com isso, as águas encontradas nas áreas rurais podem ser contaminadas pelos excrementos humanos e de animais, que devido à falta de saneamento básico podem estar presentes nas amostras de água, tornando-se constantes fontes de poluição (RHEINHEIMER et al., 2003 apud Moreira, 2011).

Neste contexto, há a necessidade de buscar alternativas viáveis para solucionar os possíveis problemas relacionados à falta de saneamento na zona rural. O investimento no gerenciamento de efluentes, por exemplo, é uma das diversas soluções para preservar e minimizar os impactos relacionados com a água, sendo utilizado de forma sustentável, visto que é um recurso indispensável na sobrevivência humana.

## **1.2 PROCESSOS BIOLÓGICOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO**

Os processos biológicos utilizados no tratamento de esgotos têm como base o processo que ocorre na natureza, mais precisamente em corpos d'água, denominado de autodepuração, que consiste na conversão da matéria orgânica a produtos mineralizados

inertes, através de mecanismos essencialmente naturais (VON SPERLING, 2005). Dessa maneira, nos processos biológicos os microrganismos utilizam a matéria orgânica biodegradável em um reator biológico para a obtenção de energia para suas atividades e como fonte de matéria prima para sua produção, ou seja, a ação dos microrganismos remove a matéria orgânica presente no esgoto (FAUSTINO, 2007; OLIVEIRA, 2004).

A quantidade de matéria orgânica presente no esgoto pode ser medida indiretamente através da quantidade de oxigênio necessária para sua degradação, sendo que, as variáveis mais utilizadas são a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO) (VON SPERLING, 2005). As mesmas expressam a quantidade de oxigênio necessária para a degradação biológica e química da matéria orgânica, respectivamente.

Além disso, o tratamento biológico pode ser feito por microrganismos aeróbios, que necessitam de oxigênio, ou anaeróbios, para os quais o oxigênio é tóxico (OLIVEIRA, 2004). No Quadro 1, estão apresentadas algumas alternativas de degradação biológica que utilizam os processos anaeróbios e/ou aeróbios.

**Quadro 1** – Alternativas de degradação biológica para tratamento de esgoto.

<b>Tipo</b>	<b>Processo predominante</b>
Disposição no solo	Aeróbio e Anaeróbio
Lagoa Facultativa	Aeróbio e Anaeróbio
Lodos ativados convencional	Aeróbio
Lodos ativados (mistura completa)	Aeróbio
Filtro biológico aeróbio	Aeróbio
Filtro anaeróbio	Anaeróbio
Tanques sépticos	Anaeróbio

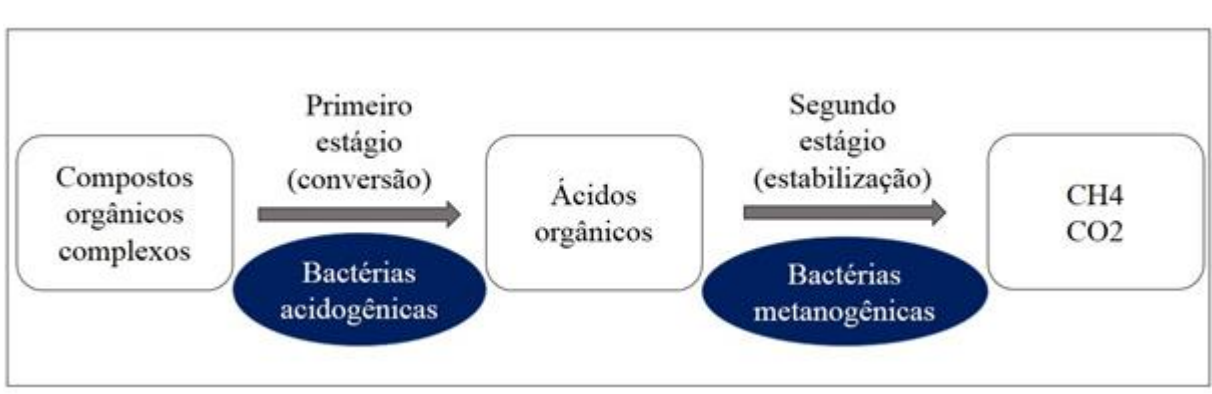
**Fonte:** Adaptado de Campos (1994) apud Oliveira (2004).

Oliveira (2004) destaca as principais vantagens e desvantagens dos sistemas aeróbios e anaeróbios, sendo que, nos sistemas anaeróbios, o custo de implantação e operação é menor, porém a eficiência também será menor se comparada com os sistemas aeróbios. Portanto, deve-se analisar as características de cada sistema durante a escolha do processo de tratamento, de acordo com o local a ser implantado. Além disso, é imprescindível que esses sistemas sejam monitorados e mantidos sob processo estável, de modo a assegurar o seu bom desempenho.

### 1.2.1 Digestão Anaeróbia

Segundo Faustino (2007), o processo de digestão anaeróbia se caracteriza pela estabilização da matéria orgânica, ou seja, os organismos anaeróbios e facultativos assimilam e destroem simultaneamente a matéria orgânica, em ambiente com ausência de oxigênio molecular. Para que esse processo ocorra, é necessário que haja apenas o confinamento em um reator em condições adequadas às reações bioquímicas próprias da fermentação natural (JORDÃO e PESSÔA, 2011).

De acordo com Pinto (1995), esse processo de digestão ocorre em dois estágios (FIGURA 1). No primeiro, as bactérias acidogênicas (formadoras de ácidos) transformam a matéria orgânica mais complexa, tais como os carboidratos e os lipídeos, em outros compostos mais simples, como por exemplo, os ácidos voláteis. No segundo estágio, ocorre a estabilização da matéria orgânica através das bactérias metanogênicas (formadoras de metano), que transformam os ácidos voláteis em gás carbônico e metano.



**Figura 1** – Fluxo do processo de digestão anaeróbia.

Fonte: Pinto (1995).

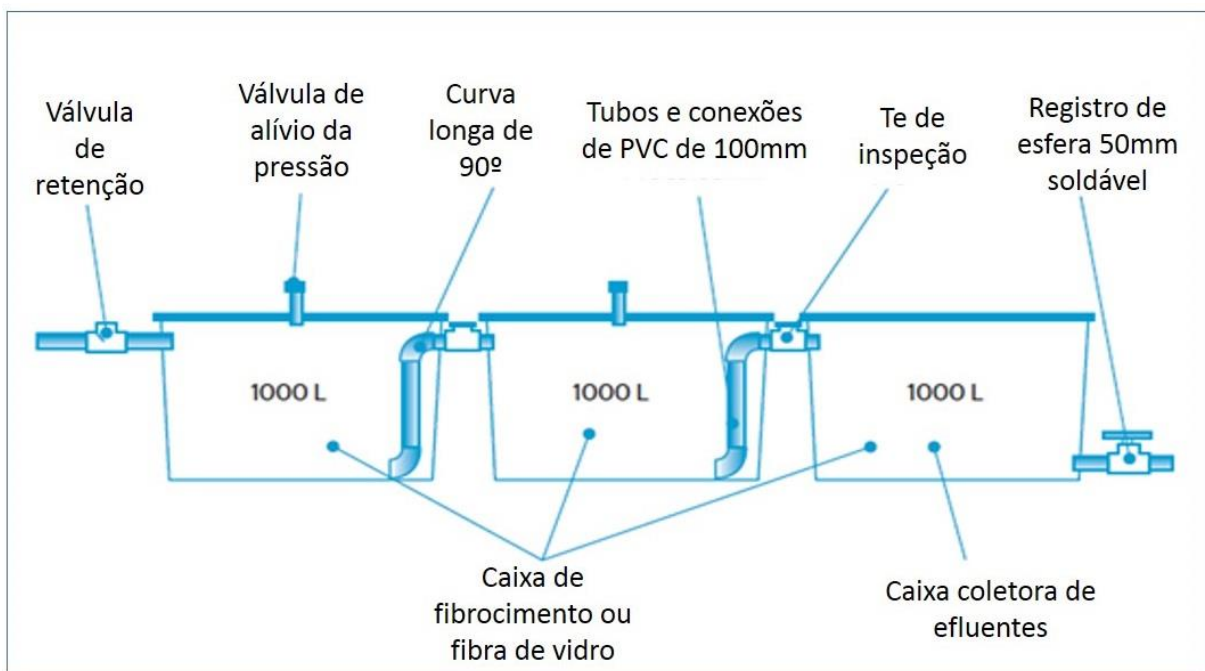
Portanto, através deste processo é possível verificar as principais ações que ocorrem na anaerobiose: estabilização de substâncias instáveis presentes no esgoto, redução significativa de patógenos e redução substancial de sólidos voláteis (JORDÃO e PESSÔA, 2011).

Dentro desse contexto, a digestão anaeróbia é a alternativa preferida para a estabilização, devido ao seu baixo custo de operação e além disso, esse processo gera como produtos da estabilização o gás carbônico e o gás metano, incentivando ainda mais esta opção de tratamento devido ao potencial energético gerado (MARTELLI, 2011).

### 1.3 FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA

Pesquisadores da Embrapa Instrumentação Agropecuária criaram uma metodologia para tratamento primário de efluentes para pequenas comunidades, denominado Fossa Séptica Biodigestora, fundamentado nos antigos sistemas biodigestores, desde o ano de 1919, na Índia. O método consiste apenas no tratamento do esgoto do vaso sanitário, pois, detergentes e sabões das águas de lavagens prejudicam o desenvolvimento dos microrganismos decompositores de matéria orgânica (NOVAES et al., 2002).

Esse sistema permite o tratamento anaeróbico de fezes e urina por meio de duas câmaras de fermentação compostas por caixas d'água de 1000 L interligadas por sistema de sifão e uma caixa coletora de efluentes (FIGURA 2), no qual, o inoculante é o esterco bovino ou ovino fresco que transforma o material (NOVAES et al., 2002). Silva et al. (2007) afirmam que as bactérias, fungos e protozoários presentes no inoculante, têm capacidade de digerirem qualquer tipo de alimento contido nestes dejetos, tornando o efluente obtido imune de microrganismos patogênicos e também de odores desagradáveis.



**Figura 2** - Esquema de Fossa Séptica Biodigestora.

Fonte: Costa e Guilhoto (2014).

Antes do início do uso é preciso adicionar uma solução de 20 litros, contendo 50% de água e 50% de esterco bovino fresco, através da válvula de retenção, localizada na primeira caixa do sistema. Sendo que o principal objetivo desse procedimento é elevar a atividade microbiana, melhorando assim a eficiência do sistema (VICQ e LEITE, 2014). Este processo

deve ser repetido a cada 30 dias, no entanto, com 10 litros da mistura entre água e esterco bovino.

Os principais benefícios desse sistema em comparação às fossas rudimentares são, a reciclagem dos dejetos e sua vedação hermética (que previne a propagação de vetores de doenças) (COSTA e GUILHOTO, 2014). O Quadro 2 apresenta um resumo das principais características da fossa rudimentar e da fossa séptica biodigestora, com o objetivo de se ter melhores informações sobre as opções existentes.

Verifica-se que, diferente das fossas rudimentares a fossa séptica biodigestora opera como forma de evitar a contaminação das águas e promove a reciclagem dos dejetos.

**Quadro 2** – Comparação entre as fossas rudimentares e as fossas sépticas biodigestoras em relação às suas características.

<b>Características</b>	<b>Fossa rudimentar</b>	<b>Fossa séptica biodigestora</b>
Contaminação águas subterrâneas	Sim	Não
Contaminação águas superficiais	Sim	Não
Necessidade de retirar os dejetos	Sim/Não*	Não
Efluente reciclável	Não	Sim
Todo esgoto doméstico	Sim	Não
Proliferação de vetores	Sim	Não
Odor desagradável	Sim	Não
Vedação hermética	Não	Sim

**Fonte:** Adaptado de Costa e Guilhoto (2014).

\*Depende do tipo de solo: em solos arenosos o material percola e não há necessidade;

É importante ressaltar que o efluente tratado da fossa séptica biodigestora, devido a sua capacidade fertilizante, serve como adubo orgânico, gerando uma economia para os produtores rurais na aquisição de adubo químico inorgânico a base de nitrogênio e fósforo (COSTA e GUILHOTO, 2014; NOVAES et al., 2002). Para Faustino (2007), priorizar o retorno desse líquido ao solo é importante, pois transforma um resíduo de disposição problemática em insumo de grande valor para a agricultura, já que o efluente fornece macronutrientes e micronutrientes às plantas, atua como condicionador do solo e dessa forma contribui para uma agricultura sustentável.

Dentro desse contexto, Costa e Guilhoto (2014) afirmam que a fossa séptica biodigestora é a opção de tratamento de esgotos ambientalmente mais favorável para as áreas rurais, porém como inconveniente, há a necessidade de um sistema auxiliar de tratamento para o restante do esgoto doméstico. Uma opção indicada por Leonel et al. (2013) é um sistema

denominado de “jardim filtrante”, cujo objetivo é oferecer uma destinação adequada ao esgoto proveniente das pias, chuveiros e tanques.

#### **1.4 FILTRO ANAERÓBIO**

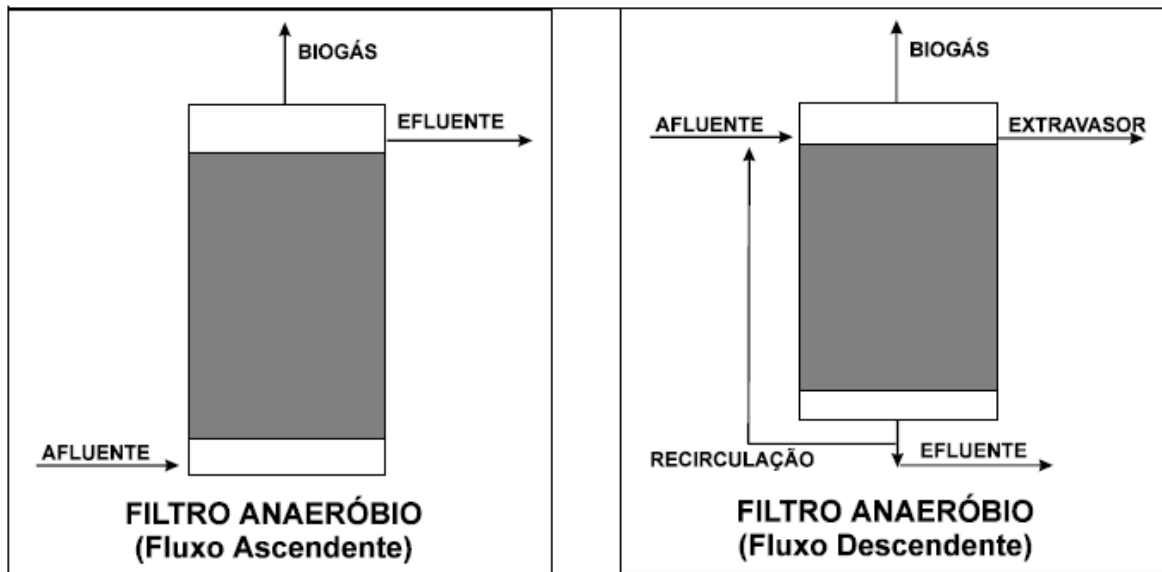
Os primeiros estudos realizados sobre os filtros anaeróbios começaram no final da década de sessenta e, desde então, têm tido uma aplicação crescente, tanto no tratamento de esgotos domésticos, quanto em diferentes tipos de efluentes industriais (NOVAES et al., 2002).

Os filtros anaeróbios representam um sistema de tratamento secundário e físico-biológico, que consiste basicamente em tanques de forma cilíndrica ou retangular, com fundo falso, preenchidos com leito de brita ou de outro material inerte, que servem como meio suporte para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo processo de estabilização da matéria orgânica (FUNASA, 2006; JUNIOR e NETO, 2011).

Segundo Souza et al. (2010), as finalidades do material de suporte são: permitir o acúmulo de grande quantidade de biomassa, com o consequente aumento do tempo de retenção celular; melhorar o contato entre os constituintes do despejo afluente e os sólidos biológicos contidos no reator; atuar como uma barreira física, evitando que os sólidos sejam carregados para fora do sistema de tratamento; e ajudar a promover a uniformização do escoamento no reator.

Pinto (1995), afirma que, tradicionalmente, tem-se utilizado como meio de suporte a pedra britada com diâmetro entre 5,0 e 10,0 cm, lavada e isenta de substâncias capazes de prejudicar a eficiência do processo. No Brasil, utiliza-se, com frequência, a brita número 4. (CARVALHO, 2011).

Dentro desse contexto, estes filtros são usualmente operados com fluxo vertical, tanto ascendente como descendente, sendo o de fluxo ascendente o mais utilizado. No fluxo ascendente, o líquido penetra pela base, flui através do leito e é descarregado na parte superior. No fluxo descendente, o líquido percorre o sentido inverso (FIGURA 3).



**Figura 3** – Desenho esquemático de filtros anaeróbios.

Fonte: Pinto (1995).

Em relação ao desempenho dos filtros anaeróbios, Pinto (1995) afirma que os resultados obtidos em diferentes pesquisas têm sido muito satisfatórios. A Tabela 1 apresenta os resultados de alguns estudos, utilizando diferentes tipos de afluentes e comprovando a grande potencialidade dos filtros anaeróbios.

**Tabela 1** – Resultado de pesquisas com filtros anaeróbios.

<b>Tipo de despejo</b>	<b>Concentração afluente DBO (mg/L)</b>	<b>Eficiência de remoção (%)</b>	<b>Referência</b>
<b>Glicose</b>	3000	63 - 93	Young & McCarty (1969)
<b>Farmacêutico</b>	2000	94	Jennet e Rand (1974)
<b>Processamento de peixe</b>	407	74,9	Hudson et al. (1985)
<b>Processamento de trigo</b>	8800	64	Taylor (1972)
<b>Doméstico</b>	200 - 500	70 - 90	Von Sperling (2005); Funasa (2006)

Fonte: Adaptado de Campos e Dias (1989).

Quanto à operação e manutenção dos filtros anaeróbios, a NBR 13969 (1997) recomenda a utilização de uma bomba de recalque para limpeza do sistema. Caso a operação não seja suficiente, a norma sugere o lançamento de água em cima do filtro, com posterior sucção, sendo que, se deve lavar completamente o material filtrante contido no filtro

biológico. Deste modo, logo que for constatado obstrução no fluxo de esgoto no filtro anaeróbio, deve-se providenciar a limpeza do mesmo.

### **1.5 RESOLUÇÃO CONAMA 430/2011**

A resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011 (BRASIL, 2011), dispõe sobre as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, e complementa e altera a Resolução 357, de 17 de maio de 2005, do CONAMA.

O Artigo 3º da referida norma, determina que os efluentes de qualquer fonte poluidora, poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores somente após o devido tratamento e desde que obedeçam às exigências estabelecidas nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

O Artigo 5º estabelece que quando houver lançamento, o efluente não poderá alterar a classe do corpo receptor, ou seja, se o corpo estiver enquadrado na Classe II, conforme Estabelecido na Resolução CONAMA 357/05, após receber a carga poluidora, o mesmo não poderá passar para Classe III.

Em seu Artigo 21º, estabelece que para o lançamento de efluentes provenientes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários, deverão ser obedecidas as seguintes condições e padrões específicos:

- a) pH entre 5 e 9;
- b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- c) materiais sedimentáveis: até 1 mg/L em teste de 1 hora em cone *Inmhoff*. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor;
- e) substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L; e
- f) ausência de materiais flutuantes.

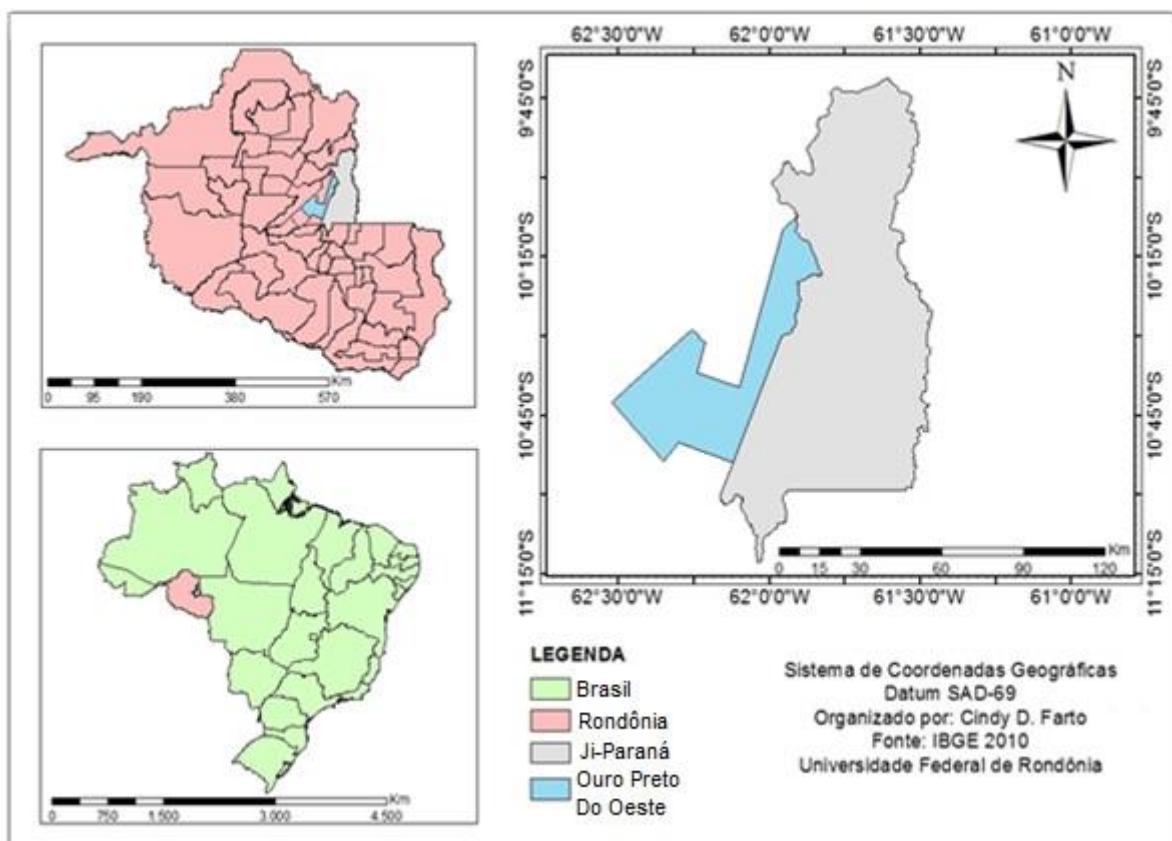


## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado nos municípios de Ji-Paraná e Ouro Preto do Oeste (FIGURA 4), ambos situados na porção centro-leste do estado de Rondônia, localizado entre os paralelos  $7^{\circ} 58'$  e  $13^{\circ} 43'$  de Latitude Sul e os meridianos  $59^{\circ} 50'$  e  $66^{\circ} 48'$  de Longitude ao Oeste de Greenwich, ambos situados na região norte do país.

Segundo o IBGE (2014), a população estimada para o ano de 2015 é de 130.419 habitantes no município de Ji-Paraná, que abrange uma área territorial de 6.896,604 km<sup>2</sup> e o município de Ouro Preto do Oeste possui uma área total de 1.969,850 km<sup>2</sup> e sua população estimada para o ano de 2015 é de 39.924 habitantes.

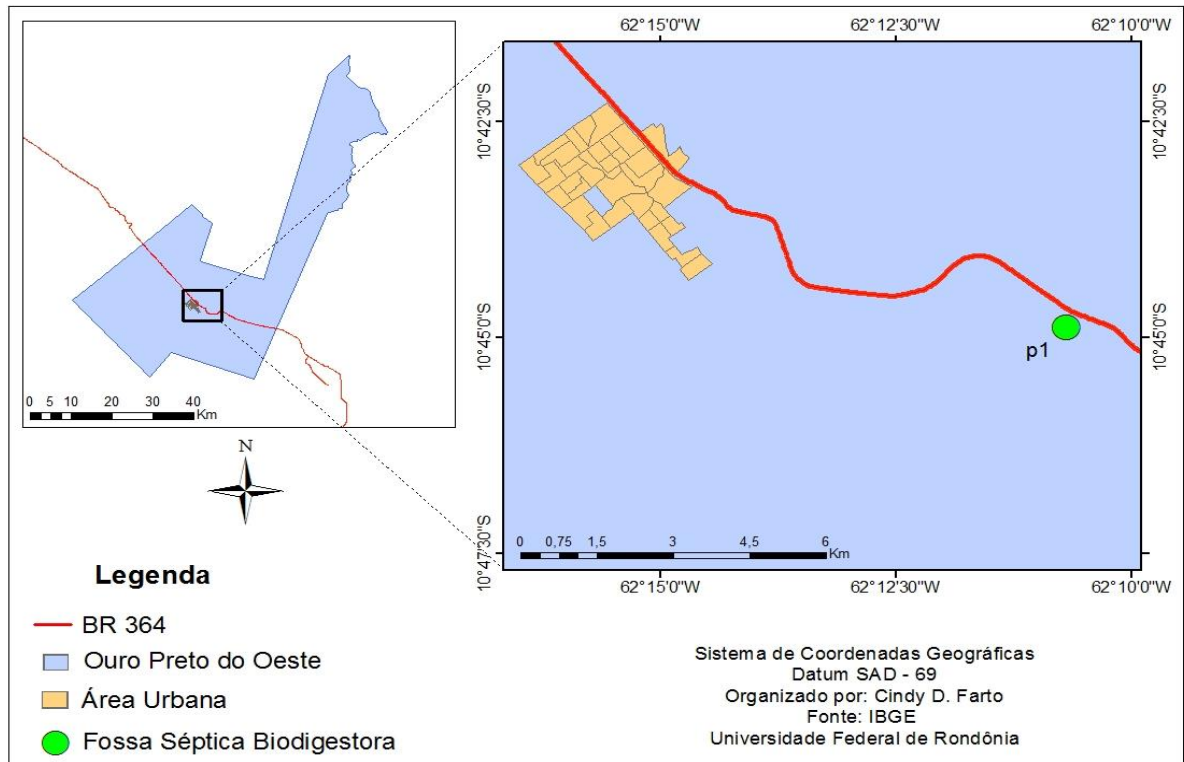


**Figura 4** - Localização do estado de Rondônia e dos municípios de Ji-Paraná e Ouro Preto do Oeste.

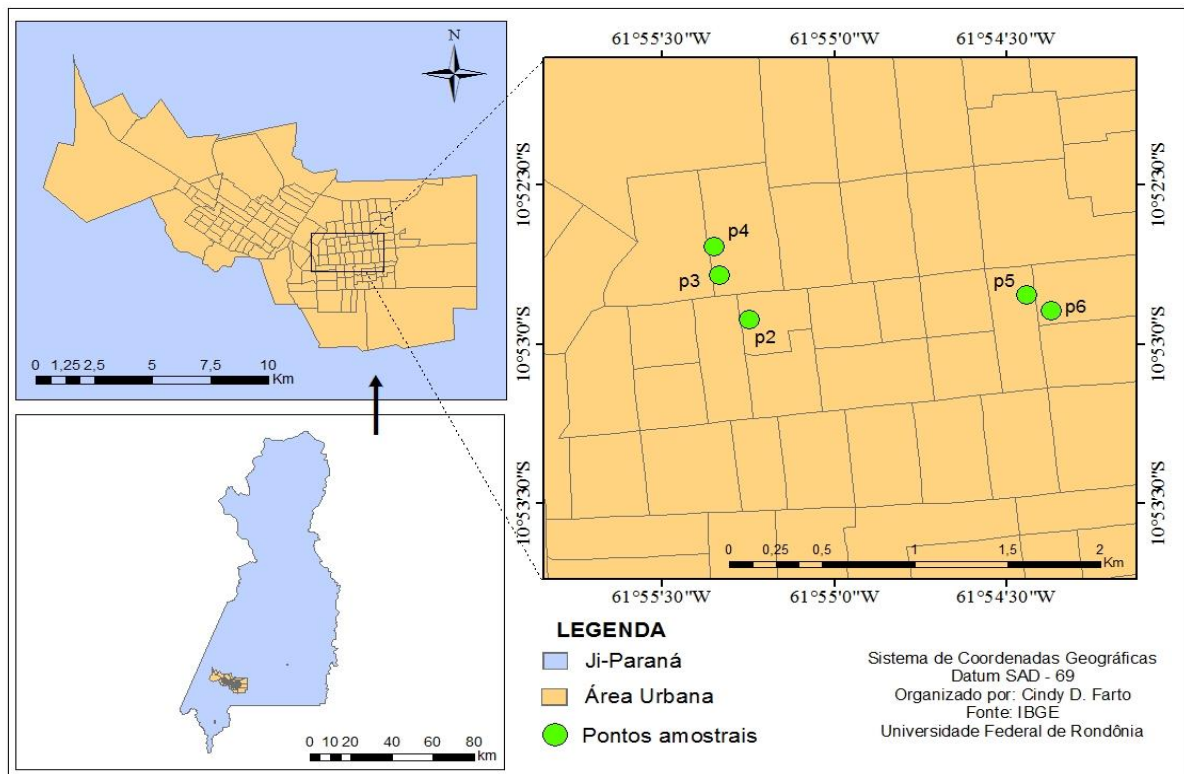
### 2.2 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

Foram selecionados seis pontos para a coleta das amostras de efluentes, sendo necessário a utilização de um aparelho de Sistema de Posicionamento Global – GPS (Garmin

Etrex Vista), para registro das coordenadas geográficas. As Figuras 5 e 6 mostram a localização dos pontos.



**Figura 5** - Localização do ponto na área rural de Ouro Preto do Oeste.



**Figura 6** - Localização dos pontos na área urbana de Ji-Paraná.

O ponto 1 está localizado na zona rural, no município de Ouro Preto do Oeste. O mesmo possui uma fossa séptica biodigestora como alternativa para o tratamento de efluentes, que foi implantada em 2013 pelo projeto Proext “Transferência de Tecnologias Sob a Ótica do Saneamento Básico para a Região Amazônica”, substituindo a antiga “fossa negra”. Vale ressaltar que esse sistema implantado em Ouro Preto do Oeste difere do que foi apresentado na seção 1.3, pois é um sistema de fossa séptica biodigestora composto por caixas d’água de 500 L, portanto é uma adaptação do método proposto pela Embrapa.

Os demais pontos estão situados na área urbana de Ji-Paraná, especificamente em residências que adotaram os filtros anaeróbios como sistema de tratamento para seus efluentes, sendo que, os mesmos utilizam pedra britada número 4 como material de suporte. Os filtros foram implantados pela Secretaria Municipal de Saúde de Ji-Paraná (SEMUSA), seguindo as orientações técnicas do Manual de Saneamento elaborado pela FUNASA no ano de 2006, em 30 residências de Ji-Paraná, dos quais, foram selecionados cinco, para as análises do presente estudo.

Inicialmente a proposta da pesquisa era avaliar duas fossas sépticas biodigestoras, uma em localizada em Ouro Preto do Oeste - RO e a outra em Mirante da Serra – RO, com o intuito de analisar e comparar os dois sistemas. Porém, foi constatado que o sistema existente em Mirante da Serra encontrava-se desativado, impossibilitando a realização das coletas e posteriores análises. Portanto, pensou-se na proposta de analisar os filtros anaeróbios em substituição da fossa séptica biodigestora desativada, e deste modo, discutir a utilização desses dois tipos de tratamento de esgotos.

## **2.3 MONITORAMENTO DOS SISTEMAS**

### **2.3.1 Coleta das Amostras**

No mês de fevereiro de 2014 foi realizada uma saída a campo para reconhecimento dos pontos e confirmação dos mesmos por parte dos moradores das residências, e também de acessibilidade no local.

O objetivo da escolha dos pontos foi avaliar a eficiência da fossa séptica biodigestora e dos filtros anaeróbios. Para isso, a série de dados da pesquisa corresponde as coletas mensais de efluente, no período de um ano, de março de 2014 a março de 2015 (TABELA 2).

**Tabela 2** – Datas de coletas de amostras de efluente durante o período de monitoramento.

<b>Número da coleta</b>	<b>Data</b>
<b>01</b>	21/03/2014
<b>02</b>	29/04/2014
<b>03</b>	11/06/2014
<b>04</b>	18/09/2014
<b>05</b>	23/10/2014
<b>06</b>	27/11/2014
<b>07</b>	11/12/2014
<b>08</b>	15/01/2015
<b>09</b>	19/03/2015

As saídas a campo eram às 8h00min, com uma duração média de 4 horas de coleta e preferencialmente nas quintas-feiras, devido à necessidade de incubação de algumas amostras em estufa durante cinco dias para análises de demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

A ordem de coleta se deu conforme a ordem dos pontos, ou seja, o primeiro ponto a ser coletado foi o ponto 1, e assim por diante.

É importante ressaltar que o ponto 3 foi descartado dos resultados, pois no segundo mês de coleta, verificou-se que o mesmo não apresentava efluente suficiente para realizar a coleta e posterior análise e o ponto 1 só pôde ser estudado durante cinco meses, sendo eles: Março/14, Outubro/14, Dezembro/14, Janeiro/15 e Março/15, devido a problemas técnicos.

Todas as amostras dos efluentes foram coletadas de acordo com a metodologia vigente no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). As amostras destinadas às análises laboratoriais foram coletadas em garrafas pet de 500 ml, com auxílio de um coletor fabricado artesanalmente (FIGURA 7).



**Figura 7** - Coletor utilizado para retirada das amostras dos efluentes.

Após a coleta, os frascos com as amostras foram devidamente identificados, sendo transportados em uma caixa isotérmica até os laboratórios de Microbiologia e Biogeoquímica do Departamento de Engenharia Ambiental (DEA) da Universidade Federal de Rondônia – UNIR, *campus* de Ji-Paraná.

### **2.3.2 Análises Físico-químicas**

Para avaliação da qualidade do efluente foram determinados os seguintes parâmetros físicos e químicos: temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), DBO, fósforo total, turbidez e sólidos totais. Posteriormente, os resultados foram comparados com padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.

#### **2.3.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH)**

O pH foi determinado *in situ* com a utilização de um pHmetro portátil (modelo Orion 250A, marca Thermo Electron Corporation, Fitchburg/US).

O pH é uma variável transformada da concentração de íons  $[H^+]$ , portanto para obtenção das médias geométricas, é necessário transformar os valores de pH em concentração de íons  $[H^+]$ . Para isso, utilizou-se a Equação 1.

$$[H^+] = 10^{-pH} \quad (1)$$

Em que:

$[H^+]$  = concentração de íons;

pH = potencial hidrogeniônico.

Posteriormente à isso, calculou-se a média aritmética dos valores de  $[H^+]$  e assim, obteve-se através da Equação 2, os valores médios de pH.

$$pH = -\log[H^+] \quad (2)$$

### 2.3.2.2 Temperatura

Conforme SM 2550 (APHA, 2005), a temperatura foi medida *in situ*, por meio de termômetro de mercúrio de imersão total (marca Incoterm, São Paulo/BR).

### 2.3.2.3 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

A determinação da demanda bioquímica de oxigênio foi realizada conforme as instruções da NBR 12614 (1992), pelo método de diluição sem semente. Para isso, primeiramente a água destilada foi aerada durante 4 horas por meio de uma bomba de ar. Após este período de aeração, a água ficou em descanso por trinta minutos para evitar a supersaturação. Posteriormente foram adicionadas na água aerada as soluções: sulfato de magnésio, solução-tampão de fosfato, cloreto de cálcio e cloreto férrico, sendo 1 ml de cada solução por litro de água aerada.

Logo depois foi obtido o OD(1) da água aerada, transferida para os frascos de DBO de vidro e duas alíquotas de 0,5 ml e 1 ml da amostra bruta foi diluída nos recipientes e incubada por 5 dias. Após este prazo foi determinado o OD(5) residual. Os valores de OD(0) e OD(5) foram inseridos na Equação abaixo para o cálculo da DBO.

$$DBO = (OD1 - OD5) * d \quad (3)$$

Em que:

DBO = demanda bioquímica de oxigênio, em mg/L;

OD1 = oxigênio dissolvido inicial em mg/L, determinado antes da incubação;

OD5 = oxigênio dissolvido em mg/L, determinado após cinco dias de incubação a 20°C;

d = volume do frasco de DBO, em ml / volume da amostra utilizado, em ml.

#### 2.3.2.4 Turbidez

A turbidez foi obtida pelo método nefelométrico, através do turbidímetro de bancada (modelo TB1000, marca MS Tecnopon, Piracicaba/BR). Inicialmente, o aparelho foi calibrado com o auxílio de padrões comerciais, os quais eram pertencentes ao “kit” do equipamento. Em seguida, a amostra foi agitada no intuito de obter uma maior dispersão dos sólidos. Após o desaparecimento das bolhas de ar provenientes da agitação, a amostra foi colocada no tubo do turbidímetro, lendo-se a turbidez na escala do instrumento. O valor da variável é expresso em Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU).

#### 2.3.2.5 Sólidos totais

A metodologia utilizada para a medição dos valores de sólidos totais foi realizada conforme NBR 10664 (1989), Método Gravimétrico. Primeiramente, a cápsula de porcelana foi colocada em uma estufa de esterilização para a evaporação da água capilar, sendo posteriormente, transferida para um dessecador, possibilitando seu resfriamento. Em seguida, determinou-se a massa (M1), em miligramas, em balança analítica (modelo LA230S, marca Sartorius, Bradford/UK). Após a pesagem e registro das cápsulas com o “peso seco”, transferiu-se 50 mL da amostra de efluente (V1), para cápsula de massa conhecida (M1). Em seguida, secou-se a amostra em estufa a 105°C, até massa constante, por um período de 24 horas e foi determinada a massa do conjunto após resfriamento em dessecador (M2). O cálculo para determinar os valores de sólidos totais se deu através da Equação 4.

$$ST = \frac{(M2-M1)*1000}{V1} \quad (4)$$

Em que:

ST= sólidos totais, em mg/L;

M2= massa da cápsula com resíduo total, em mg;

M1= massa da cápsula vazia, em mg;

V1= volume da amostra em mL.

#### 2.3.2.6 Fósforo total

As amostras de fósforo total não puderam ser realizadas nos laboratórios de Microbiologia e Biogeoquímica do Departamento de Engenharia Ambiental (DEA) da Universidade Federal de Rondônia/UNIR, devido à falta de aparelhagem necessária para as análises. Sendo assim, as mesmas foram realizadas em um laboratório particular, com recursos próprios.

## 2.4 ANÁLISE DOS DADOS

Após cada análise, os dados foram tabulados em planilhas eletrônicas no *software* Excel versão Professional Plus 2010 da Microsoft, sendo que, os dados obtidos foram agrupados tanto por mês como por pontos de coleta. Também foram elaborados gráficos de barras utilizando o mesmo *software*.

Para análise e comparação, os dados agrupados obtidos durante as nove campanhas foram plotados em *Box-plots*, que são gráficos utilizados para avaliar a distribuição empírica dos dados, dos quais foi possível extrair dados de estatística descritiva, tais como a média e mediana do conjunto de dados, o intervalo interquartil que contém 50% dos dados, e os extremos, que representam valores máximo e mínimo de cada variável. O software utilizado para geração dos mesmos foi o Sigma Plot v. 10.0.

Além disso, para analisar a eficiência dos sistemas de tratamento dos efluentes foi utilizada a Equação 5.

$$E = \left( \frac{C_o - C_e}{C_o} \right) * 100 \quad (5)$$

Em que:

E= eficiência de remoção, em %;

Co= concentração afluente do poluente, em mg/L;

Ce= concentração efluente do poluente, em mg/L.



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os nove meses de pesquisa, o desempenho da fossa séptica biodigestora e dos filtros anaeróbios foi avaliado através de diversas variáveis físico-químicas. Nesse período operacional, foram obtidos os resultados que a seguir são apresentados e discutidos.

A fim de facilitar a discussão, optou-se, inicialmente, pela análise de cada sistema de tratamento monitorado e, quando pertinente, serão discutidos os resultados de uma forma global.

#### 3.1 PONTO 1 – FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA

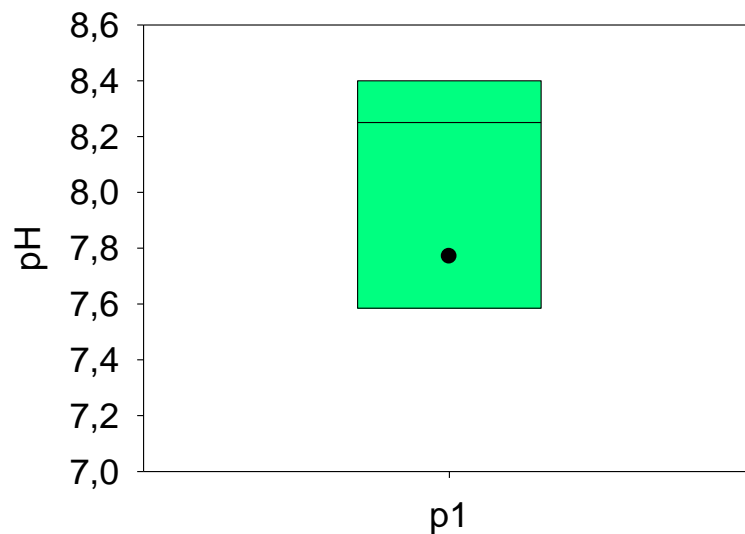
A Tabela 3 apresenta os resultados da caracterização do efluente tratado pelo sistema de fossa séptica biodigestora.

**Tabela 3** - Resultado das análises do efluente tratado pelo sistema de fossa séptica biodigestora – Ponto 1.

Variáveis	Mar/14	Out/14	Dez/14	Jan/15	Mar/15
<b>pH</b>	7,9	8,2	7,6	8,4	8,3
<b>Temperatura (°C)</b>	25,0	25	24,0	26,0	26,0
<b>DBO (mg/L)</b>	362,5	349,0	140,0	135,0	-
<b>Turbidez (NTU)</b>	351,0	332,0	130,0	112,0	128,0
<b>Sólidos Totais (mg/ml)</b>	6,2	5,2	1,1	0,9	1,0
<b>Fósforo Total (mg/L)</b>	35,6	39,0	28,5	31,2	29,0

##### 3.1.1 pH

Conforme apresenta a Tabela 3 e a Figura 8, os valores de pH encontrados no efluente da fossa séptica biodigestora variaram entre 7,6 e 8,4, sendo que a média obtida foi de 7,7.



**Figura 8** – *Box-plot* da variação de pH da fossa séptica biodigestora monitorada durante cinco meses.

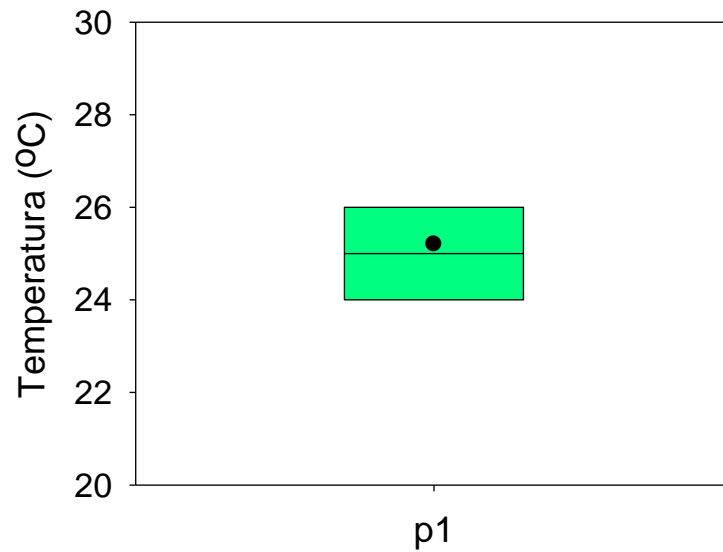
A Resolução CONAMA 430/11 (BRASIL, 2011) estabelece que para o lançamento de efluentes em corpos d'água, seu pH deve estar na faixa de 5 a 9. Dentro desse contexto, observou-se que, em estudos realizados por Moreira (2011), Faustino (2007) e Silva et al. (2007), com o mesmo tipo de tratamento de esgoto, foram encontrados valores semelhantes de 8,5, 8,2 e 8,6 respectivamente, mostrando o bom papel do sistema no tratamento desse efluente e indicando também que o efluente oriundo das fossas sépticas biodigestoras possui um caráter alcalino. Segundo Silva et al. (2007), esse caráter alcalino é devido à degradação de ureia e proteínas, que em meio aquoso e anaeróbico, passam para a forma de hidróxido de amônio.

Dessa maneira, de acordo com esta variável, o efluente da fossa séptica biodigestora pode ser lançado no ambiente. Jordão e Pessôa (2011) destacam que para que haja a existência de vida aquática nos corpos d'água, é necessário uma faixa de pH entre 6 e 9.

### 3.1.2 Temperatura

A temperatura média do ar na região de estudo varia de 24 a 26 °C (RONDÔNIA, 2012), mostrando que o clima da região é propício para tratamentos biológicos.

Em relação às temperaturas do efluente, foram verificadas que estas variaram de 24 °C a 26 °C, sendo que a média encontrada foi de 25,2 °C, acompanhando bem a temperatura média da região (FIGURA 9).



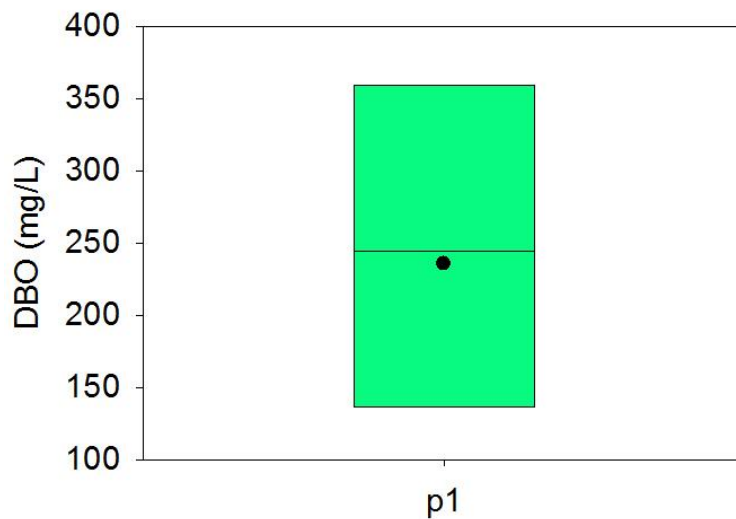
**Figura 9** – *Box-plot* da variação de temperatura da fossa séptica biodigestora monitorada durante cinco meses.

Essa variação relativamente baixa pode ser explicada pelo horário em que as coletas foram realizadas, sempre na parte da manhã, entre 8h00min e 9h00min, e pelo fato da fossa séptica se encontrar em local coberto por vegetação, tendo a ausência do Sol na maior parte do dia. É importante ressaltar que o recomendado para esse tipo de sistema é que as tampas das caixas devem ficar expostas ao sol para facilitar o processo de biodigestão.

Dentro desse contexto, a Resolução CONAMA 430/11 (BRASIL, 2011), determina que a temperatura do efluente não deva exceder os 40°C. Sendo assim, os efluentes analisados estão dentro dos padrões estabelecidos.

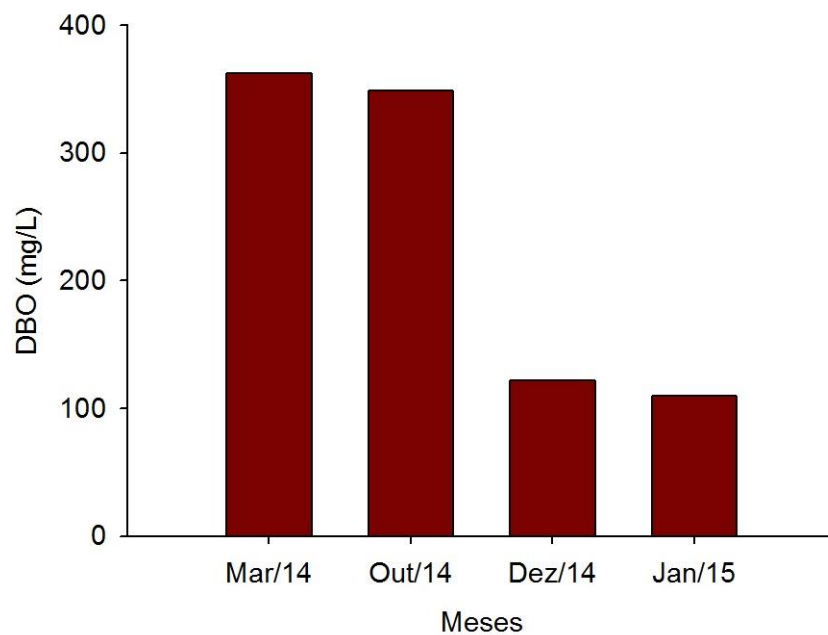
### 3.1.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio

Conforme observa-se na Figura 10, o valor mínimo de DBO encontrado foi de 135 mg/L e o máximo de 362,5 mg/L, bem como, a média e a mediana foram de 246 e 249 mg/L, respectivamente.



**Figura 10** – *Box-plot* da variação de DBO da fossa séptica biodigestora monitorada durante cinco meses.

De acordo com Von Sperling (2005), os valores encontrados de DBO nos esgotos domésticos está em torno de 200 e 500 mg/L. Em comparação com os valores encontrados no período estudado, os meses de março e outubro de 2014 apresentaram características de esgoto bruto. Já nos meses de dezembro de 2014 e janeiro de 2015, os valores se encontraram abaixo de 200 mg/L (FIGURA 11).



**Figura 11** – Concentrações de DBO encontradas no decorrer dos meses.

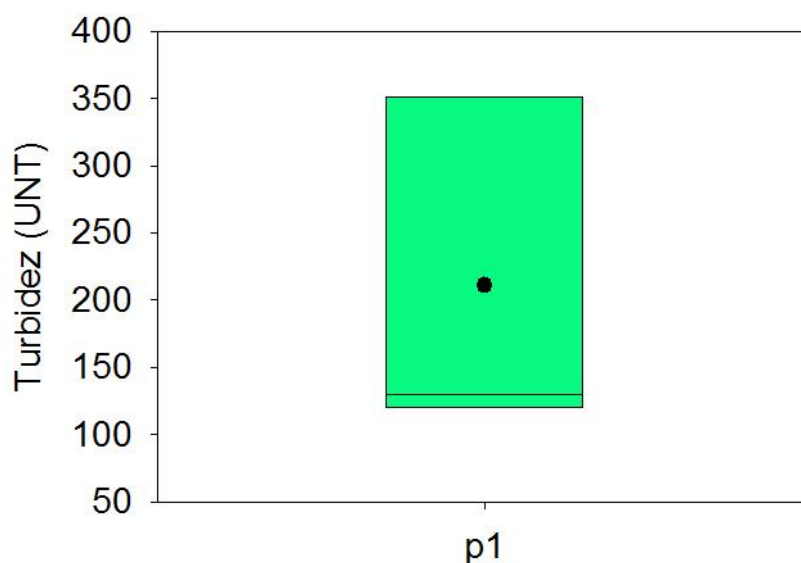
A diferença entre os resultados provavelmente é devido ao fato que a primeira coleta ocorreu logo no início da operação do sistema, e pelo fato de ser um sistema biológico há a necessidade de tempo para a sua adequação. De acordo com Kellner e Pires (1998), para que ocorra a adaptação dos microrganismos capazes de fazer a estabilização da matéria orgânica, é necessário um período de 4 meses. Logo, tal fato explica um valor mais elevado de DBO no começo das análises quando comparado com o último mês, onde já havia decorrido um tempo maior de funcionamento do sistema.

De acordo com a resolução CONAMA 430/2011, a DBO não pode ultrapassar 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Resultados semelhantes também foram encontrados em estudos realizados por Faustino (2007) e Silva et al. (2007), no qual obtiveram uma média de 283 mg/L e 220 mg/L respectivamente, mostrando que o sistema não é eficiente na remoção desta variável.

### 3.1.4 Turbidez

A média dos resultados encontrados para a turbidez foi de 210 UNT e a variação observada foi de 112 até 351 UNT (FIGURA 12).

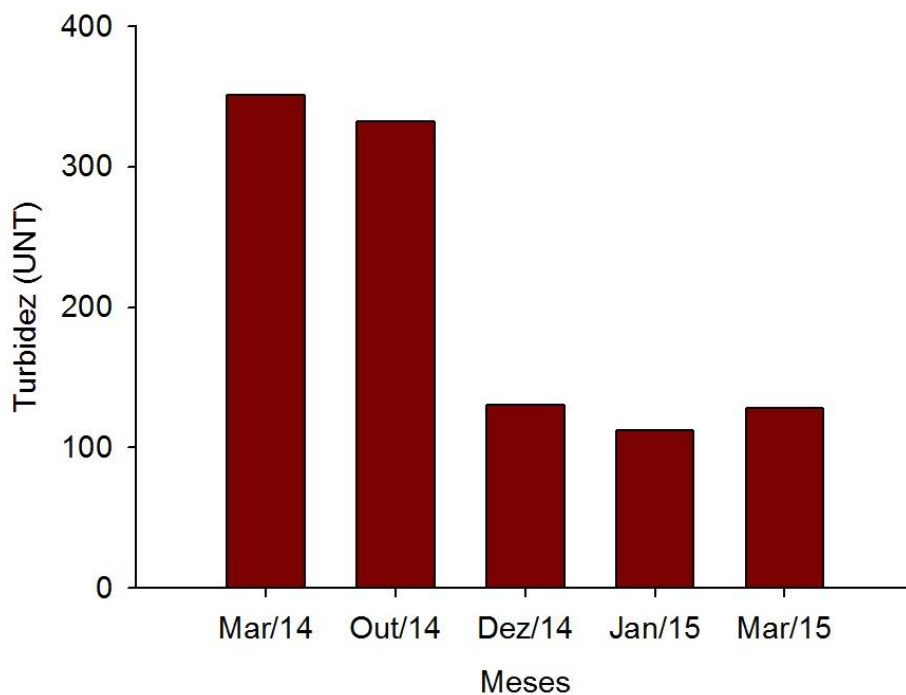


**Figura 12** – *Box-plot* da variação de turbidez da fossa séptica biodigestora monitorada durante cinco meses.

Na Figura 13, observa-se que os valores encontrados apresentaram um decréscimo no decorrer dos meses analisados, exceto no último. No primeiro mês obteve-se um valor de 351 UNT, já no quinto mês, o valor encontrado foi de 128 UNT (FIGURA 13). Essa redução significativa pode ser associada ao tempo de funcionamento do sistema, que já foi mencionado anteriormente.

Em um estudo realizado por Souza et al. (2010) o valor de turbidez encontrado no esgoto doméstico bruto foi de 169,56 UNT, o que indica que, apesar de ter havido uma redução nos valores de turbidez no período estudado, o ponto 1 apresenta características de esgoto bruto.

Para Von Sperling (2005) água com elevado teor de turbidez é indicativo de um alto conteúdo orgânico e inorgânico suspenso, que pode servir de abrigo para microrganismos e diminuir a eficiência do tratamento químico ou físico da água.



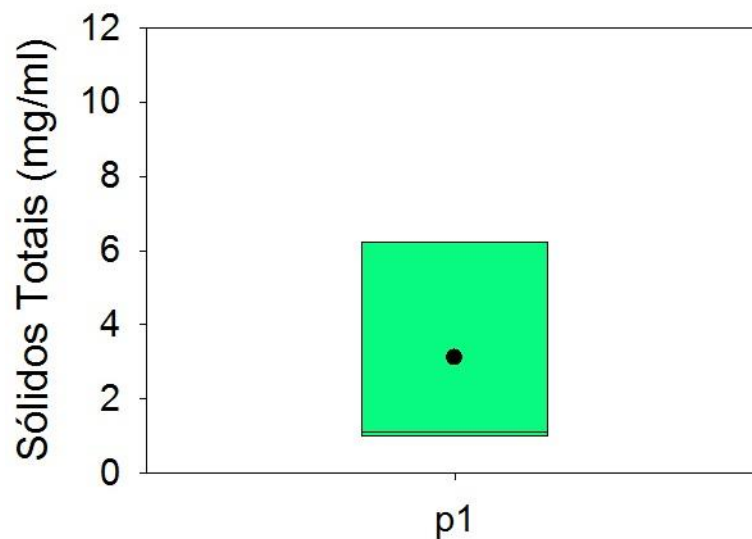
**Figura 13** – Valores de turbidez encontrados no decorrer dos meses.

Sendo assim, constatou-se que a fossa séptica biodigestora estudada, não se mostrou eficiente na remoção desta variável.

A resolução CONAMA 430/2011 não traz as condições e padrões de lançamento de efluente para turbidez.

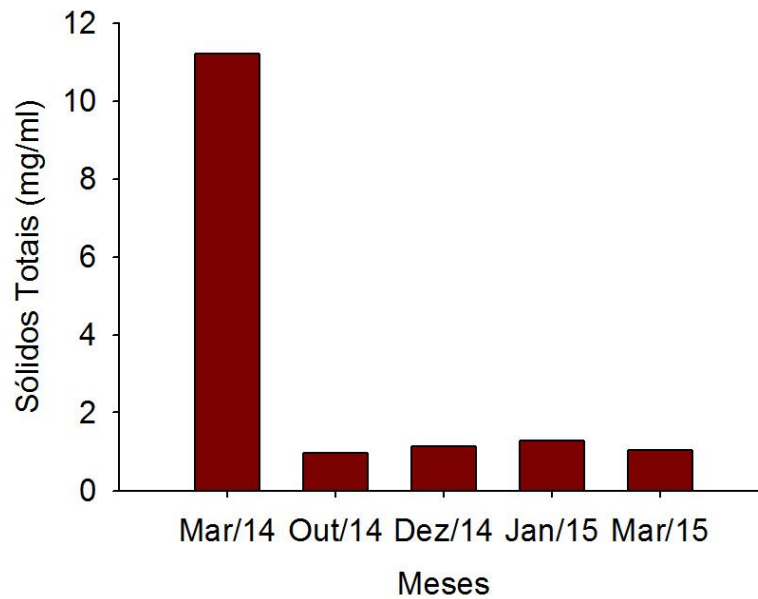
### 3.1.5 Sólidos Totais

As concentrações de sólidos totais (orgânicos e inorgânicos), encontradas nos efluentes analisados, variaram de 0,95 mg/ml até 6,2 mg/ml e a média obtida foi de 3,1 mg/ml (FIGURA 14). Essa diferença nos valores pode ser explicada pelo tempo de funcionamento do sistema, sendo que o valor mais elevado foi encontrado logo no início da operação, e os valores mais baixos foram encontrados logo após 4 meses de funcionamento.



**Figura 14** – *Box-plot* da variação de sólidos totais da fossa séptica biodigestora monitorada durante cinco meses.

Vale ressaltar ainda que devido ao período de não acompanhamento não foi realizado a inserção do inóculo, e com o desenvolver do trabalho, com a inserção houve melhora. A Figura 15 ilustra essa melhora com o passar dos meses.



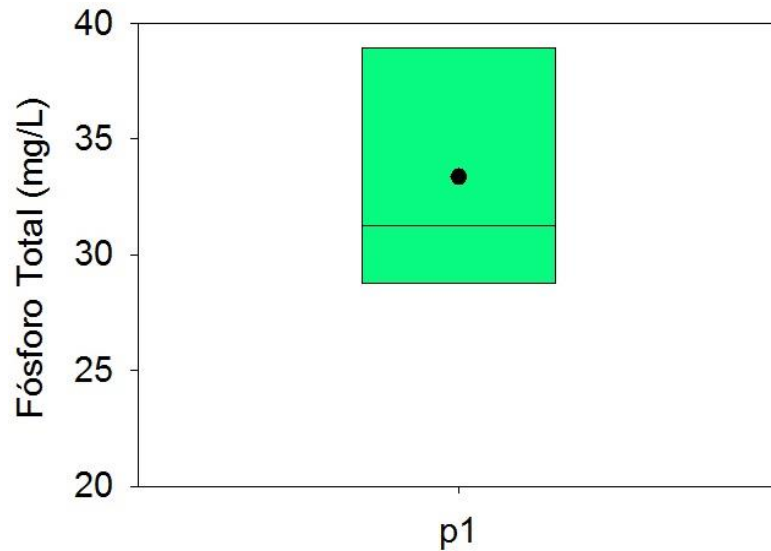
**Figura 15** – Valores de sólidos totais encontrados no decorrer dos meses.

Em um estudo realizado por Oliveira et al. (2010), as concentrações encontradas no efluente antes do tratamento, ou seja, no esgoto bruto, foram de 0,75 mg/ml. Comparando esse valor com os valores obtidos no presente estudo, os efluentes tratados pela fossa séptica biodigestora apresentaram características de esgoto bruto. Portanto, mesmo havendo uma redução nos valores obtidos, constatou-se que esse sistema não é eficiente na remoção desta variável.

### 3.1.6 Fósforo Total

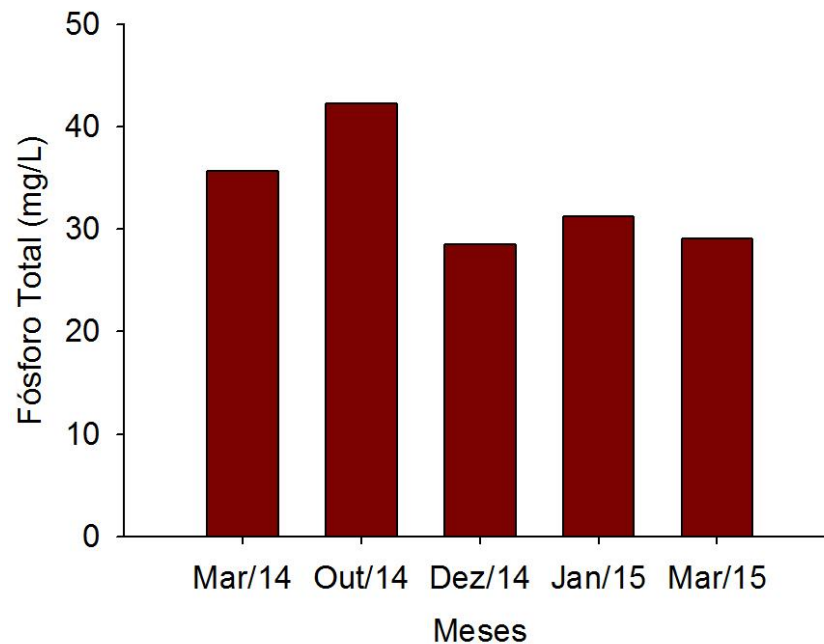
No que se refere à quantidade de fósforo total encontrado no efluente da fossa séptica biodigestora, foram obtidos valores que variaram de 28,53 mg/L a 39 mg/L, e a média obtida foi de 33,3 mg/L, conforme ilustra a Figura 16.





**Figura 16** – *Box-plot* da variação de fósforo total da fossa séptica biodigestora monitorada durante cinco meses.

Em um estudo semelhante, Moreira (2011) encontrou valores de fósforo total similares aos encontrados neste estudo, apresentando uma concentração de 38,9 mg/L. Segundo Jordão e Pessôa (2011) em esgoto sem tratamento são encontrados valores característicos de fósforo total que variam de 5 a 20 mg/L. Dessa maneira, o teor de fósforo no efluente da fossa séptica biodigestora é maior do que os valores típicos do esgoto bruto (FIGURA 17).



**Figura 17** – Valores de fósforo total encontrados no decorrer dos meses.

A possível explicação para o ocorrido é a utilização de detergentes para a higienização do vaso sanitário, pois, de acordo com Jordão e Pessôa (2011) e Von Sperling (2005), os detergentes são substâncias que apresentam altas concentrações de fósforo, sendo sua influência significativa nos teores deste parâmetro nos esgotos, podendo ser responsáveis pela metade da contribuição de fósforo nos esgotos domiciliares.

Outra possibilidade é a maior concentração de matéria orgânica (excretas humanas) encontrada no esgoto, pois o afluente é composto somente pelo conteúdo do vaso sanitário, conseqüentemente, tendo uma menor diluição.

A resolução CONAMA 430/2011 não traz as condições e padrões de lançamento de efluente para o parâmetro fósforo total, porém a *NT-202R-10* estabelece os critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos, no estado do Rio de Janeiro, e o limite para o fósforo total é de 1 mg/L, portanto os efluentes tratados pela fossa séptica biodigestora não estão em condições de serem lançados no meio ambiente, segundo este parâmetro.

### 3.2 PONTOS 2, 4, 5 E 6 – FILTROS ANAERÓBIOS

As Tabelas 4, 5, 6 e 7 apresentam os resultados da caracterização dos efluentes tratados pelo sistema de filtros anaeróbios.

**Tabela 4 - Resultado das análises do efluente tratado pelo filtro anaeróbio – Ponto 2.**

Variáveis	Mar/14	Abr/14	Jun/14	Set/14	Out/14	Nov/14	Dez/14	Jan/15	Mar/15
<b>pH</b>	7,1	6,8	7,9	8,7	7,1	7,7	7,2	7,2	7,6
<b>Temperatura (°C)</b>	28,0	27,0	27,0	29,0	29,0	26,0	26,0	28,5	29,0
<b>DBO (mg/L)</b>	361,0	226,4	205,7	136,8	228,5	297,0	-	278,4	-
<b>Turbidez (NTU)</b>	65,3	-	10,2	15,0	42,0	76,0	-	69,0	46,0
<b>Sólidos Totais (mg/ml)</b>	0,4	0,3	0,6	0,8	0,07	0,4	0,5	0,5	0,6
<b>Fósforo Total (mg/L)</b>	6,4	4,7	7,2	9,1	6,1	11,3	4,3	3,9	5,7

**Tabela 5** - Resultado das análises do efluente tratado pelo filtro anaeróbio – Ponto 4.

Variáveis	Mar/14	Abr/14	Jun/14	Set/14	Out/14	Nov/14	Dez/14	Jan/15	Mar/15
<b>pH</b>	6,5	6,2	7,1	8,1	6,1	-	6,3	6,4	6,7
<b>Temperatura (°C)</b>	31,0	30,0	30,0	33,0	31,0	-	29,0	29,0	29,0
<b>DBO (mg/L)</b>	318,0	230,0	201,5	131,7	217,0	-	94,7	224,0	-
<b>Turbidez (NTU)</b>	58,6	-	9,9	11,0	16,0	-	42,0	86,0	15,0
<b>Sólidos Totais (mg/ml)</b>	0,3	0,3	0,6	0,5	0,2	-	0,4	0,5	0,2
<b>Fósforo Total (mg/L)</b>	1,1	1,2	1,3	1,2	1,1	-	0,9	1,2	1,5

**Tabela 6** - Resultado das análises do efluente tratado pelo filtro anaeróbio – Ponto 5.

Variáveis	Mar/14	Abr/14	Jun/14	Set/14	Out/14	Nov/14	Dez/14	Jan/15	Mar/15
<b>pH</b>	7,2	8,9	9,0	9,0	7,2	7,6	6,7	6,9	6,7
<b>Temperatura (°C)</b>	29,5	29,0	29,0	32,0	29,0	24,0	28,0	29,0	28,0
<b>DBO (mg/L)</b>	315,0	224,8	188,6	137,0	220,1	256,8	-	210,9	-
<b>Turbidez (NTU)</b>	5,6	-	8,0	14,	4,0	4,0	5,0	28,0	10,0
<b>Sólidos Totais (mg/ml)</b>	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
<b>Fósforo Total (mg/L)</b>	0,12	0,09	0,1	0,09	0,43	0,34	0,05	0,7	0,08

**Tabela 7** - Resultado das análises do efluente tratado pelo filtro anaeróbio – Ponto 6.

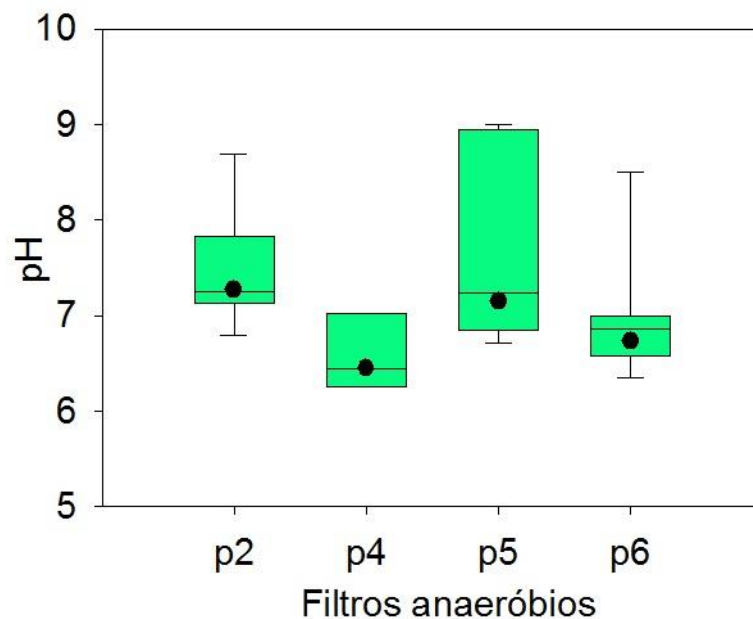
Variáveis	Mar/14	Abr/14	Jun/14	Set/14	Out/14	Nov/14	Dez/14	Jan/15	Mar/15
<b>pH</b>	6,9	6,3	7,0	8,5	7,0	7,0	6,4	6,7	6,7
<b>Temperatura (°C)</b>	32,0	30,0	30,0	33,0	31,5	28,0	29,0	29,0	30,0
<b>DBO (mg/L)</b>	-	250	218,7	154,0	235,8	260,7	-	248,5	-
<b>Turbidez (NTU)</b>	40,2	-	70,0	97,0	121,0	40,3	28,0	27,0	34,0
<b>Sólidos Totais (mg/ml)</b>	0,3	0,4	0,5	0,5	0,1	0,5	0,3	0,3	0,3
<b>Fósforo Total (mg/L)</b>	2,6	2,3	2,4	5,0	4,9	2,2	0,7	1,2	0,6

### 3.2.1 pH e Temperatura

Pinto (1995), afirma que o controle do pH é fundamental para a manutenção do crescimento ótimo dos microrganismos e dos processos de conversão nos sistemas anaeróbios, aumentando assim a eficiência do processo de tratamento. Segundo o mesmo autor, a alcalinidade do sistema deve ser suficiente para manter o pH dentro da faixa considerada ótima, entre 6,5 e 7,5.

Dentro desse contexto, foram obtidas as médias para os valores de pH dos pontos 2, 4, 5 e 6 que foram respectivamente, 7,3; 6,5; 7,1 e 6,7 (FIGURA 18), mostrando que todos os pontos encontraram-se dentro da faixa ótima considerada pelo autor.

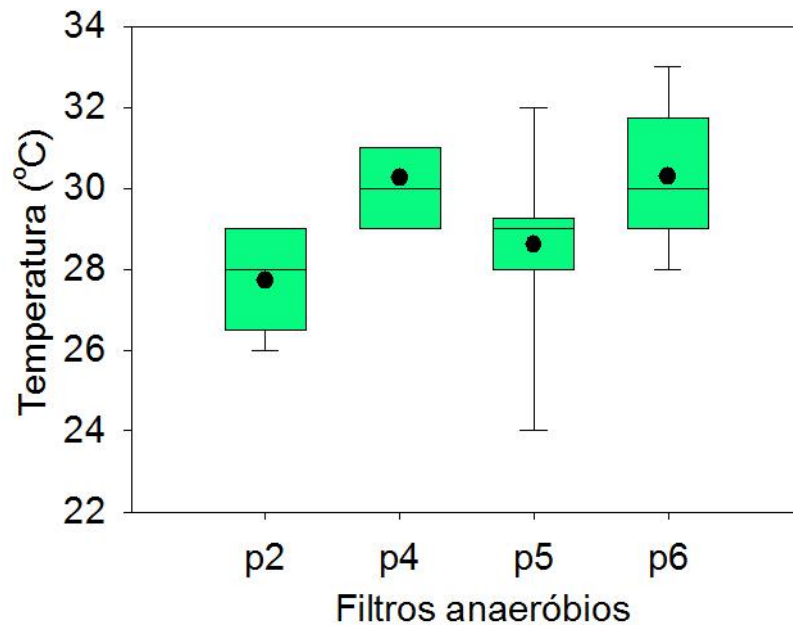
Além disso, todas as amostras encontraram-se dentro do estabelecido pela Resolução CONAMA 430/11 (BRASIL, 2011), que situa que, para o lançamento de efluentes em corpos d'água, seu pH deve estar na faixa de 5 a 9.



**Figura 18** - *Box-plot* da variação de pH dos filtros anaeróbios p2 a p6 monitorados durante nove meses.

A Figura 19 apresenta os valores de temperatura encontradas durante os meses de estudo, no qual, as médias obtidas foram de 27,7; 30,3; 28,6 e 30,3°C, respectivamente para os pontos 2, 4, 5 e 6.

Segundo Chernicharo et al. (1992), a temperatura é um dos fatores físicos mais importantes da digestão anaeróbia, uma vez que esta afeta a velocidade das reações químicas e bioquímicas. Quanto maior for a temperatura, maior a atividade dos microrganismos presentes no efluente.

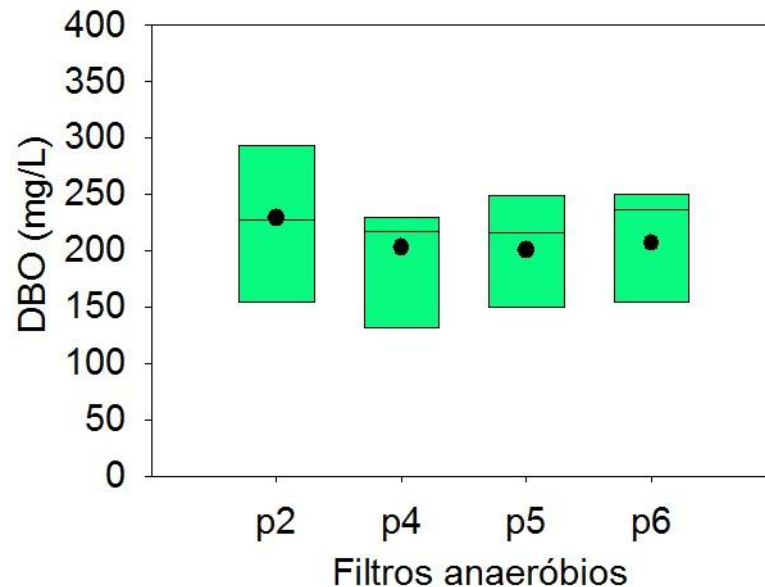


**Figura 19** - *Box-plot* da variação de temperatura dos filtros anaeróbios p2 a p6 monitorados durante nove meses.

Dentro deste contexto, todos os pontos encontram-se dentro dos padrões da Resolução CONAMA 430/11 (BRASIL, 2011), que ao estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes direta ou indiretamente em corpos de água, determina que a temperatura do efluente não deva exceder os 40°C.

### 3.2.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio

As concentrações de DBO no efluente do ponto 2 ficaram compreendidas entre 156,8 e 301 mg/L, com média de aproximadamente 248 mg/L, o que indica que o efluente tratado pelo filtro anaeróbio apresenta características de esgoto bruto, pois como já foi mencionado, os valores de DBO para esgoto bruto estão entre 200 e 500 mg/L. O mesmo acontece nos demais pontos (4, 5 e 6), onde as concentrações médias obtidas foram de 202, 222 e 228 mg/L, respectivamente (FIGURA 20).



**Figura 20** - *Box-plot* da variação de DBO dos filtros anaeróbios p2 a p6 monitorados durante nove meses.

Considerando que o valor de DBO afluente utilizado para o cálculo da eficiência foi de 200 mg/L, os valores encontrados demonstram que a remoção da DBO não é eficiente nos sistemas de tratamento analisados, pois não houve remoção da matéria orgânica biodegradável.

A possível explicação para o ocorrido é que os filtros anaeróbios foram dimensionados de maneira incorreta ou houve algum erro técnico na hora da instalação, pois segundo a Funasa (2006), esse tipo de sistema é capaz de remover de 70 a 90% da DBO.

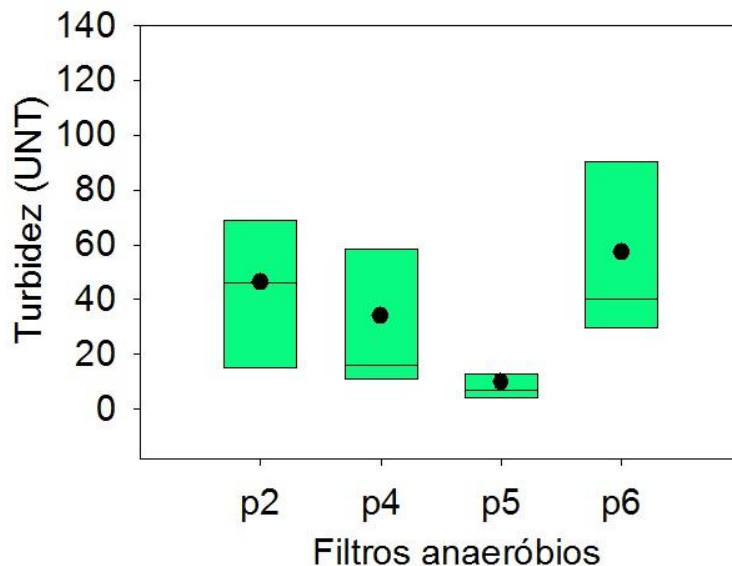
De acordo com a resolução CONAMA 430/2011, a DBO não pode ultrapassar 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Assim, os efluentes tratados pelos filtros anaeróbios ultrapassam o limite estabelecido pela norma. Isso deixa evidente que é necessário a realização de um estudo mais aprofundado para averiguar onde está o possível erro de instalação ou dimensionamento dos filtros.

É muito importante destacar a eficiência da remoção da DBO, para que se tenha uma quantidade de oxigênio dissolvido suficiente, a fim de se obter a recuperação natural do corpo receptor (MAGNO e OLIVEIRA, 2009).

### 3.2.3 Turbidez

A concentração média de turbidez encontrada no efluente do filtro anaeróbio correspondente ao ponto 2 foi de 46,2 UNT, no ponto 4 foi de 34 UNT, ponto 5 foi 9,8 UNT e ponto 6 foi de 57,2 UNT (FIGURA 21).



**Figura 21** - Box-plot da variação de turbidez dos filtros anaeróbios p2 a p6 monitorados durante nove meses.

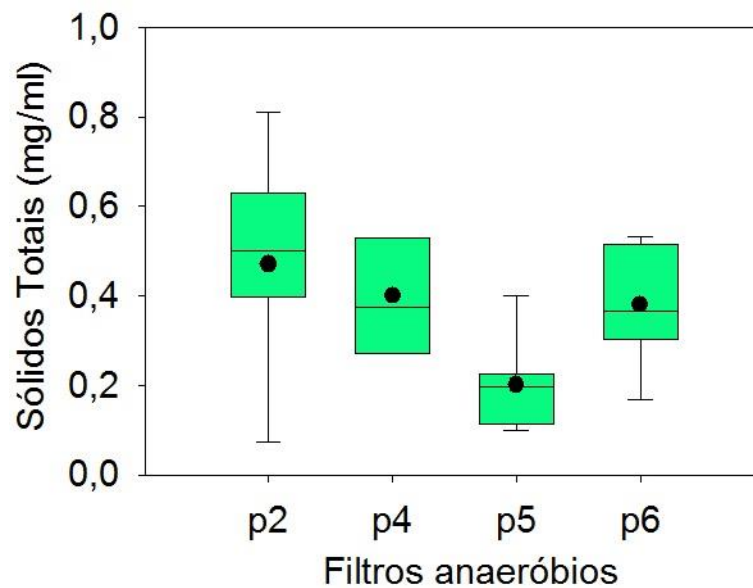
Em um estudo realizado por Souza et al. (2010) o valor de turbidez encontrado no esgoto doméstico bruto foi de 170 UNT, o que indica que os quatro pontos apresentaram uma eficiência na remoção, com valores de 72,8%, 80%, 94,2% e 66,3% de remoção, respectivamente. Valores semelhantes foram encontrados por Souza et al. (2010), que, utilizando filtros anaeróbios com recheio de bambu, encontraram uma remoção de 82,37%. Ávila (2005), também encontrou resultados semelhantes utilizando filtros anaeróbios com diferentes recheios. No filtro que o meio suporte era composto por anéis de plástico encontrou 66 % de eficiência de remoção. No filtro contendo brita de número 4, como meio suporte, o valor encontrado foi de 72 % e no que continha cubos de espuma de poliuretano, o resultado para eficiência de remoção de turbidez, foi de 68 %.

Assim, os resultados encontrados mostram que, independente do meio de suporte utilizado, os filtros anaeróbios apresentam considerável retenção dos sólidos em suspensão presentes no esgoto bruto, ao contrário da fossa séptica biodigestora, que se mostrou ineficiente na remoção desta variável.

Como já foi mencionado, a resolução CONAMA 430/2011 não traz as condições e padrões de lançamento de efluente para a turbidez.

### 3.2.4 Sólidos totais

A Figura 22 apresenta os valores encontrados para os sólidos totais, sendo que, as médias obtidas para esse parâmetro foram de 0,47; 0,4; 0,2 e 0,38 mg/ml, respectivamente para os pontos 2, 4, 5 e 6.



**Figura 22** - Box-plot da variação de sólidos totais dos filtros anaeróbios p2 a p6 monitorados durante nove meses.

Oliveira et al. (2010) realizaram um estudo em filtros anaeróbios tendo a areia como material de suporte, e as concentrações encontradas no efluente antes do tratamento, ou seja, no esgoto bruto, foram de 0,75 mg/ml. Comparando esse valor com os valores das médias obtidas no presente estudo, os pontos tiveram uma porcentagem de remoção de 37,3%, 46,6%, 73,33% e 49,3% respectivamente. Porém, esse mesmo autor, obteve uma remoção de 91,6% dos sólidos, o que indica que a areia usada como material de suporte, tem maior capacidade de retenção dos sólidos do que as britas n.4 utilizadas nesse estudo.

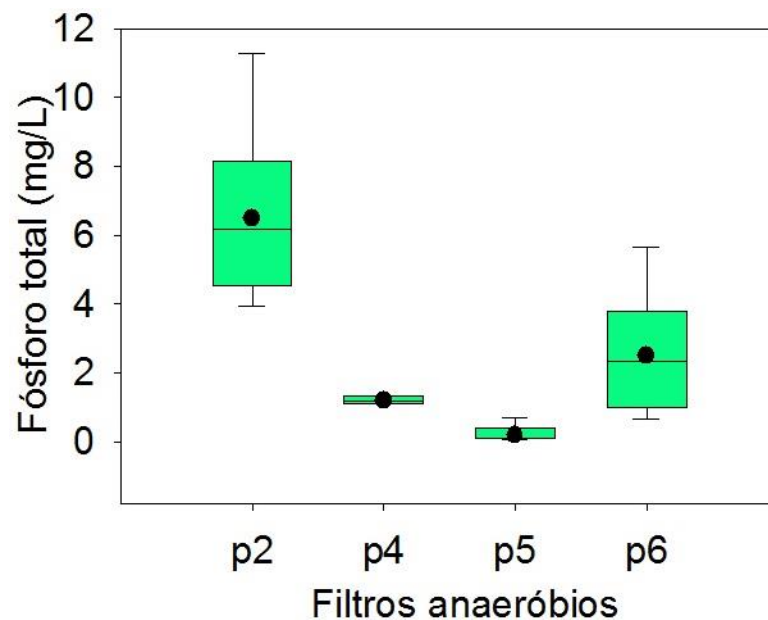
A resolução CONAMA 430/11 não dispõe sobre os valores limites para o lançamento de efluentes para esta variável.

### 3.2.5 Fósforo total



As concentrações de fósforo total encontradas no efluente do ponto 2 variaram de 3,96 até 11,3 mg/L, o que indica que o sistema não é eficiente para a remoção deste parâmetro, visto que as concentrações de fósforo no esgoto bruto estão entre 5 a 20 mg/L (JORDÃO e PESSÔA, 2011). Uma possível explicação para tal fato, é a maior quantidade de moradores na residência e conseqüentemente, maior utilização de detergentes para higienização do vaso sanitário, para a lavagem de roupas, etc.

Os demais pontos (4, 5 e 6), apresentaram uma eficiência na remoção deste parâmetro, pois foram encontrados valores abaixo de 5 mg/L em todos os meses analisados. No ponto 4 os valores variaram de 0,93 até 1,38 mg/L, no ponto 5 de 0,05 até 0,34 mg/L e o ponto 6 de 0,65 até 5 mg/L (FIGURA 23).



**Figura 23** - Box-plot da variação de fósforo total dos filtros anaeróbios p2 a p6 monitorados durante nove meses.

Estes valores mais baixos de fósforo, são devido ao esgoto doméstico típico ser composto por água de banho, urina, fezes, restos de comida, sabão detergentes, águas de lavagem e outros, com isso há uma maior diluição da matéria orgânica, o que contribui para um valor mais baixo de fósforo, quando comparado com o efluente da fossa séptica biodigestora, que é composto somente por afluente proveniente do vaso sanitário.

Assim, como já mencionado, a resolução CONAMA 430/2011 não traz as condições e padrões de lançamento de efluente para a variável fósforo total, porém a NT-202R-10 estabelece os critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos, no estado do Rio de Janeiro, e o limite para o fósforo total é de 1 mg/L, portanto, mesmo havendo uma

eficiência na remoção de fósforo nos pontos 4, 5 e 6, somente o efluente tratado no ponto 5 se enquadrava nos limites da norma, os demais necessitam de um pós tratamento.

Dentro deste contexto, o fósforo representa um enorme potencial de poluição aos mananciais de água, pois é um nutriente essencial para o crescimento de algas, haja vista que este se encontra em déficit nos organismos aquáticos, podendo por isso, em certas condições, conduzir a fenômenos de eutrofização dos corpos d'água (JORDÃO e PESSÔA, 2011; VON SPERLING, 2005), ou seja, o desenvolvimento descontrolado de algas e microrganismos que consomem o oxigênio dissolvido nos corpos d'água, afetando a vida dos demais seres vivos aquáticos (MAIER, 2007).

### 3.3 SÍNTESE DAS INFORMAÇÕES

Os Quadros 3 e 4 apresentam um resumo das porcentagens de remoção das variáveis físico-químicas analisadas de cada ponto monitorado e também se as variáveis atenderam às legislações vigentes.

**Quadro 3** - Porcentagem de remoção e atendimento à legislação da fossa séptica biodigestora monitorada.

Parâmetros	Ponto 1	
	% R.	A.L
Turbidez	0	N.C
Sólidos Totais	0	N.C
Fósforo Total	0	Não
DBO	0	Não
pH	-	Sim
Temperatura	-	Sim

% R: porcentagem de remoção

N.C: não consta na norma

A.L: atendimento à legislação

**Quadro 4** - Porcentagem de remoção e atendimento à legislação dos filtros anaeróbios monitorados.

Parâmetros	Ponto 2		Ponto 4		Ponto 5		Ponto 6	
	% R.	A.L	% R.	A.L	% R.	A.L	% R.	A.L
Turbidez	72,8	N.C	80	N.C	94,2	N.C	66,3	N.C
Sólidos Totais	37,3	N.C	46,6	N.C	73,3	N.C	49,3	N.C
Fósforo Total	0	Não	76	Não	96	Sim	52	Não
DBO	0	Não	0	Não	0	Não	0	Não
pH	-	Sim	-	Sim	-	Sim	-	Sim
Temperatura	-	Sim	-	Sim	-	Sim	-	Sim

% R: porcentagem de remoção

N.C: não consta na norma

A.L: atendimento à legislação

Em relação as variáveis físico-químicas analisadas, os filtros anaeróbios se mostraram mais eficientes para a remoção de fósforo total, turbidez e sólidos totais se comparados com a fossa séptica biodigestora, porém é necessário que haja uma continuação da pesquisa para que se possa identificar os possíveis problemas de eficiência dos dois sistemas, possibilitando uma melhor qualidade do efluente final.

Assim, fica evidente que há muito trabalho a ser realizado na área de melhoramento do saneamento nas zonas rurais e urbanas, principalmente no que se refere ao esgotamento sanitário, pois não se observa esforços das autoridades em criar, nas zonas rurais, as condições sanitárias adequadas, como há em algumas áreas urbanas. Com isso, soluções individuais devem ser realizadas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, os aspectos que foram levantados e analisados, permitem afirmar a importância e a necessidade da existência de um tratamento adequado aos dejetos nas áreas desprovidas de rede coletora de esgoto.

Após a avaliação dos efluentes tratados pela fossa séptica biodigestora e pelos filtros anaeróbios, foi constatado que as variáveis pH e temperatura encontram-se dentro dos valores estabelecidos pela resolução CONAMA 430/2011.

As concentrações obtidas de turbidez e sólidos totais nos filtros anaeróbios, mostraram que houve uma remoção destas variáveis. Os valores obtidos para a remoção da turbidez estão dentro da faixa de concentração verificada com o mesmo sistema de tratamento em outras regiões. Quanto aos sólidos totais, apesar de ter sido constatada uma remoção, outros estudos mostraram que outro material de suporte pode ter maior capacidade de retenção dos sólidos do que as britas utilizadas nos filtros analisados.

Para os valores de fósforo total, mesmo havendo uma eficiência na remoção em alguns pontos quando comparados com os valores de esgoto bruto, somente o ponto 5 apresentou valores abaixo dos valores máximos recomendados pela resolução.

Os valores encontrados para DBO foram elevados e demonstram que a remoção dessa variável não é eficiente nos dois sistemas de tratamento analisados, pois não houve remoção da matéria orgânica biodegradável, sendo que, todos os pontos apresentaram características de esgoto bruto.

Dessa maneira, apesar dos sistemas de tratamento analisados terem apresentado eficiência na remoção de algumas variáveis, as elevadas concentrações de fósforo total e DBO impossibilitam o lançamento direto dos efluentes em corpos d'água. Uma alternativa para sanar esse problema seria a inclusão de um pós-tratamento, para que haja a diminuição dos valores de tais variáveis, ou que seja feita uma associação dos dois sistemas de tratamento:

sistema fossa-filtro, que pode ser verificado em vários estudos que essa associação tem apresentado resultados positivos para a remoção de diversas variáveis físico-químicas.

Dessa maneira, além de medidas que melhorem o quadro de saneamento nas zonas rurais e urbanas, será necessário um trabalho de educação ambiental para conscientizar a população sobre os riscos de consumirem a água retirada de poços e outras fontes sem o devido tratamento, a importância do tratamento de esgoto para evitar a contaminação dos recursos hídricos e os problemas de saúde que tais medidas podem evitar.

Neste contexto, espera-se que o presente trabalho contribua para a realização de novas pesquisas relacionadas ao melhoramento das condições sanitárias na zona rural da região, e também nas zonas urbanas, colaborando para o desenvolvimento socioambiental da população, além de minimizar possíveis impactos ao ambiente e contribuir na promoção da saúde pública.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods for the examination of water and wastewater. **SM-1060**: Collection and Preservation of Samples. American Public Health Association, American Water Work Association, Water Environmental Federation, 21. ed. Washington, 2005.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods for the examination of water and wastewater. **SM-2550**: Temperature. American Public Health Association, American Water Work Association, Water Environmental Federation, 21. ed. Washington, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10664**: Águas – Determinação de resíduos (sólidos) - Método Gravimétrico. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12614**: Águas – Determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) - Método de incubação (20 °C, cinco dias). Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Projeto, construção e operação de unidades complementares de tratamento e de disposição final de efluentes líquidos. Rio de Janeiro, 1997.

ÁVILA, R. O. de. **Avaliação do desempenho do sistema tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes meios suportes**. 2005. 166 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Engenharia Civil) Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**. São Paulo, v.1, p.152-169, jun. 2008.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, n. 53, 18 mar. 2005, p. 58-63.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA. **Diário Oficial da União**, n. 92, 16mai. 2011.

CAMPOS, J.R.; DIAS, H.G. Potencialidades do Filtro Anaeróbio. **Revista DAE**, vol.49 - n.154, 1989.

CAMPOS, J. R. **Alternativas para o tratamento de esgotos – Pré tratamento de águas para abastecimento**. Americana: Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba Capivari, 1994.

CARVALHO, E.H. **Filtros biológicos anaeróbios: conceitos básicos, projeto e desenvolvimento**. São Carlos: EESC/USP,2004. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2011.

CHERNICHARO, C.A.L.; CAMPOS, C.M.M. **Tratamento anaeróbio de efluentes líquidos**. Belo Horizonte: UFMG, 1992. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1992.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Água e Saúde**. São Paulo: SABESP, 2011 Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em: 16 ago. 2014.

COSTA, C. C; GUILHOTO, J. J. M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Eng Sanit Ambient**, ed. Especial, p. 51-60, 2014.

FAUSTINO, A. S. **Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo**. São Carlos: UFSCAR, 2007. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, 2007.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2015.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios 2008**: síntese dos indicadores. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 217 p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas\\_pdf/total\\_populacao\\_rondonia.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_rondonia.pdf)>. Acesso em: 15 mai. 2014.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Banco de Dados Agregados (PNAD)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/pnad/pnadpb.asp?o=3&i=P>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades por Unidades Federativas, 2014**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de saneamento**. 4. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p. ISBN 85-7346-045-8.

GOMES, J. B. **Conversão de Florestas Tropicais em sistemas pecuários na Amazônia: quais são as implicações no microclima da região?** Ji-Paraná: UNIR, 2011. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2011.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011. 1050 p. ISBN 978-85-7022-169-8.

JUNIOR, A. P. M.; NETO, H. F. R. **Sistema individual de tratamento de esgoto: fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro uma alternativa para o tratamento sanitário em comunidades de baixa renda do município de Belém**. Belém: UNAMA, 2011. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil), Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade da Amazônia, 2011.



KELLNER, E.; PIRES, E. C. **Lagoas de Estabilização: projeto e operação**. Rio de Janeiro: ABES, 1998.

LEONEL, L.F.; MARTELLI, L.F.A.; DA SILVA, W.T.L. Avaliação do efluente de fossa séptica biodigestora e jardim filtrante. In: III Symposium on Agricultural and Agroindustrial Waste Management. São Pedro, 2013.

MAGNO, P. S. L.; OLIVEIRA, J. R. Tratamento de Efluentes Através de Lagoas de Estabilização: Comparação Entre Eficiência Teórica e Eficiência Real. In. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2009.

MAIER, C. **Qualidade de águas superficiais e tratamento de águas residuárias por meio de zonas de raízes em propriedades de agricultores familiares**. Santa Maria: UFSM, 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

MARTELLI, L. F. A. **Avaliação quantitativa e qualitativa da matéria orgânica de solo sob a aplicação de efluente de esgoto tratado em biodigestor anaeróbio**. São Carlos: USP, 2011. Dissertação (Mestrado em Química), Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2011.

MOREIRA, J. P. P. C. **Caracterização do efluente de uma fossa séptica biodigestora, uma alternativa para tratamento de esgoto na zona rural: estudo de caso bacia de captação do rio boa vista, Ouro Preto do Oeste/RO**. Ji-Paraná: UNIR, 2011. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental). Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2011.

MOREIRA, J. P. P. C.; ANDRADE, L. R.; NASCIMENTO, T. E. P. F.; BRUCHA, G.; RIBEIRO, J. G. S. Fossa Séptica Biodigestora como alternativa para tratamento de esgoto na zona rural: estudo de caso bacia de captação Igarapé Boa Vista - Ouro Preto do Oeste - RO. In **Anais: XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2011. Porto Alegre: ABES, 2011.

NOVAES, A. P.; SIMÕES, M. L.; MARTIN NETO, L.; CRUVINEL, P. E.; SANTANA, A.; NOVOTNY, E. H.; SANTIAGO, G.; NOGUEIRA, A. R. A. **Utilização de uma fossa Séptica Biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica**. São Carlos: EMBRAPA Instrumentação Agropecuária, 2002. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Comunicado Técnico, 46), mai. 2002. ISSN 1517-4786.

NT-202.R-10 - **Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos**, nº 1007, de 04 de dezembro de 1986.

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

OLIVEIRA, S. V. W. B. **Modelo para tomada decisão na escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário**. São Paulo: USP, 2004. Tese (Doutorado em Administração). Departamento de Administração, Universidade de São Paulo, 2004.

OLIVEIRA, E. C.; MARMITT, S.; SCHMITD, L.; LEHN, D. N. Construção e avaliação de uma estação de tratamento de efluentes em escala de bancada. **Revista Liberato**. Novo Hamburgo, v. 11, n. 15, p. 1-88, jan./jun. 2010.

OMS. Para cada dólar investido em água e saneamento, economiza-se 4,3 dólares em saúde global. **ONUBR – Nações Unidas do Brasil**, Rio de Janeiro, 20 nov. 2014. Disponível em: <<http://nacoesunidas.org/oms-para-cada-dolar-investido-em-agua-e-saneamento-economiza-se-43-dolares-em-saude-global/>>. Acesso em: 21 out. 2015.

PIMENTA, H. C. D.; TORRES, F. R. M.; RODRIGUES, B. S.; JÚNIOR, J. M. R. O esgoto: a importância do tratamento e as opções tecnológicas. In **Anais: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Curitiba: ENEGEP, 2002.

PINTO, J. D. S. **Tratamento de esgotos sanitários em filtros anaeróbios utilizando escória de alto forno como meio suporte**. Belo Horizonte: UFMG, 1995. Dissertação (Mestrado em Saneamento e Ambiente). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

RHEINHEIMER, D.S.; GONÇALVES, C.S.; PELLEGRINI, J.B.R. Impacto das atividades agropecuárias na qualidade da água. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p 85-96, 2003.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM. Coordenadoria de Geociências – COGEO. Boletim Climatológico de Rondônia – Ano 2010. 34p., v. 12, Porto Velho: COGEO – SEDAM, 2012.

SILVA, W. T. L.; FAUSTINO. A. S.; NOVAES. A. P. **Eficiência do processo de Biodigestão em Fossa Séptica Biodigestora inoculada com esterco de ovino**. São Carlos: EMBRAPA Instrumentação Agropecuária, 2007. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Comunicado Técnico, 34), nov. 2007. ISSN 1518-7179.

SOUZA, R. C. de.; ISOLDI, L. A.; OLIZ, C. M. Tratamento de esgoto doméstico por filtro anaeróbio com recheio de bambu. **Vetor – Revista de Ciências Exatas e Engenharia**, v. 20, n. 2, p. 5-19, 2010.

SUNTTI, C.; MAGRI, M. E.; PHILIPPI, L. S. Filtros plantados com macrófitas de fluxo vertical aplicados na mineralização e desaguamento de lodo de tanque séptico. **Eng Sanit Ambient**, v.16 n.1, p. 63-72, jan/mar, 2011.

TONETTI, A. L.; FILHO, B. C.; NICOLAU, C. E.; BARBOSA, M.; TONON, D. Tratamento de esgoto e produção de água de reuso com o emprego de filtros de areia. **Eng Sanit Ambient**, v.17 n.3, p. 287-294, jul/set, 2012.

TONETTI, A. L.; FILHO, B. C.; GUIMARÃES, J. R.; CRUZ, L. M. O.; NAKAMURA, M. S. Avaliação da partida e operação de filtros anaeróbios tendo bambu como material de recheio. **Eng Sanit Ambient**, v. 16 n.1, p. 11-16, jan/mar, 2011.

VICQ, R; LEITE, M. G. P. Avaliação da implantação de fossas sépticas na melhoria na qualidade de águas superficiais em comunidades rurais. **Eng Sanit Ambient**, v.19 n.4, p. 411-416, out/dez, 2014.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005, 452 p.

WHO – The United Nations Children’s Fund/World Health Organization (2010). **Progress on sanitation and drinking-water: 2010update**. France: World Health Organization.