

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO “STRICTO SENSU” EM  
ENGENHARIA QUÍMICA – NÍVEL DE MESTRADO**

**TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO SELETIVO  
DE EFLUENTES DOMÉSTICOS**

**GABRIELE PIZZATTO**

**TOLEDO – PR - BRASIL  
FEVEREIRO DE 2012**

**GABRIELE PIZZATTO**

**TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO SELETIVO  
DE EFLUENTES DOMÉSTICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química, área de concentração em Monitoramento e Controle Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Camilo Freddy Mendoza Morejon.

**TOLEDO – PR - BRASIL  
FEVEREIRO DE 2012**

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária  
UNIOESTE/Campus de Toledo.  
Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

P695t Pizzatto, Gabriele  
Tecnologia alternativa para tratamento seletivo de efluentes  
domésticos / Gabriele Pizzatto. -- Toledo, PR : [s. n.], 2012.  
xix ; 95 f.: il., (algumas color.). tabs., figs..

Orientador: Dr. Camilo Freddy Mendoza Morejon  
Dissertação (Mestre em Engenharia Química) -  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo.  
Centro de Engenharias e Ciências Exatas.

1. Engenharia química – Dissertações 2. Esgoto  
doméstico – Tratamento de efluentes 3. Águas residuárias -  
Esgoto doméstico tratado 4. Esgoto – Purificação 5. Inovações  
tecnológicas 6. Tanques sépticos 7. Lodo 8. Resíduos sólidos  
domésticos - Tratamento I. Morejon, Camilo Freddy  
Mendoza, Or. II. Hasan, Salah Din Mahmud, Or. III. T

CDD 20. ed. 628.3  
660.2

## TERMO DE APROVAÇÃO

GABRIELE PIZZATTO

### TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO SELETIVO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação “*Stricto Sensu*” em Engenharia Química em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química, área de concentração em Monitoramento e Controle Ambiental, **aprovada** pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Camilo Freddy Mendoza Morejon  
Centro de Engenharias e Ciências Exatas, UNIOESTE

Banca: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Márcia Regina Fagundes Klen  
Centro de Engenharias e Ciências Exatas, UNIOESTE

Prof. Dr. Helton José Alves  
Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, UFPR

TOLEDO – PR - BRASIL  
FEVEREIRO DE 2012

Aos meus amados pais Izidoro e Salete.  
Pelo amor incondicional, apoio  
e principalmente por acreditarem  
na minha capacidade.  
Sem vocês, eu nada seria!  
Muito obrigada por tudo.

## AGRADECIMENTOS

À Deus que sempre me deu forças para continuar esta caminhada e nunca me deixou abater, mesmo nos momentos mais difíceis.

À minha família que sempre confiou, apoiou e me fez acreditar que eu posso sim, chegar aonde eu quiser! Minha irmã Geziele e seus lindos gêmeos Eduardo e Vinícius, pelo apoio dado, mesmo na forma de um sorriso no meu retorno para casa. Ao meu irmão Gustavo, que mesmo longe, sempre foi exemplo de luta, garra e perseverança na busca pelos objetivos. E ao meu namorado Henrique, pelo seu amor, apoio e paciência incondicionais.

À todos os amigos que fiz durante esta caminhada, que com certeza serão lembrados para sempre. Obrigada pelos momentos de alegria, de ajuda para as provas, e pelas conversas nos laboratórios e bancos da universidade. Uma fase maravilhosa da minha vida!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Camilo Freddy Mendoza Morejon que com toda sua paciência e dedicação me ajudou a chegar até aqui. Muito obrigada pelo seu apoio e companheirismo nos momentos mais difíceis. Os conhecimentos agregados em cada conversa, com certeza irão se refletir nos alunos que passarão pela vida desta futura Mestre.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Toledo pela oportunidade de realização deste curso, e apoio financeiro para compras de materiais para a realização do projeto.

A todos os professores que disseminaram seus conhecimentos durante este curso, meu muito obrigado. Aos professores colegas de colegiado, pelo conhecimento adquirido e pela amizade feita.

À secretária executiva do curso de mestrado, Cleusa Zimmer Neneve. Pela amizade, apoio e carinho dado durante a realização deste mestrado. Pessoa mais que especial.

Aos técnicos dos laboratórios: Juliana, Paulo e Deoclésio. Muito obrigada pela ajuda fundamental de vocês. Com certeza, tornaram-se grandes amigos, os quais eu tenho muito carinho.

À ajuda dada pelos acadêmicos de Engenharia Química para a construção do módulo experimental, e a todos que de uma maneira ou outra foram fundamentais para a realização deste projeto... meu muito obrigado!

“A utopia está lá no horizonte.  
Me aproximo dois passos, ela se afasta dois passos.  
Caminho dez passos e o horizonte corre dez passos.  
Por mais que eu caminhe, jamais alcançarei.  
Para que serve a utopia?  
Para que eu nunca deixe de caminhar.”

Eduardo Galeano

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>x</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	<b>xv</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1. RESÍDUOS LÍQUIDOS DOMÉSTICOS .....	4
2.1.1. Água Amarela .....	5
2.1.2. Água Marrom .....	6
2.1.3. Água Negra.....	7
2.1.4. Água Cinza .....	7
2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DOS EFLUENTES DOMÉSTICOS E AVANÇOS TECNOLÓGICOS.....	10
2.2.1. Características Físicas.....	10
2.2.2. Características Químicas.....	11
2.2.3. Características Biológicas.....	12
2.3. MODELOS DE GESTÃO DOS RESÍDUOS LÍQUIDOS DOMÉSTICOS.....	12
2.3.1. Sistema individual/estático de coleta, transporte, tratamento e disposição final de esgotos .....	13
2.3.1.1. Fossas ou poços absorventes .....	14
2.3.1.2. Sistema de tanque séptico .....	14
2.3.1.3. Fossa seca .....	15
2.3.1.4. Novas tecnologias para tratamento do esgoto doméstico .....	15
2.3.2. Sistema coletivo de coleta, transporte, tratamento e destinação final de esgotos.....	17
2.4. PROBLEMAS E LIMITAÇÕES DOS ATUAIS MODELOS DE GESTÃO DOS EFLUENTES DOMÉSTICOS .....	21
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
3.1. ESPECIFICAÇÃO DO ELEMENTO DE ANÁLISE.....	24
3.2. CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DA FONTE GERADORA DE EFLUENTES DOMÉSTICOS.....	25
3.3. CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DOS MÉTODOS DE COLETA, TRANSPORTE E TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS.....	26

3.4. EXPLICITAÇÃO DAS VANTAGENS, DESVANTAGENS E PONTO CRÍTICOS DOS MÉTODOS, PROCESSOS E DA TECNOLOGIA CONVENCIONAL PRATICADA NA ATUALIDADE .....	26
3.5. IDENTIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE EFLUENTES DA PIA DA COZINHA .....	27
3.6. CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DA PIA DA COZINHA .....	28
3.6.1. Caracterização qualitativa e quantitativa do efluente da pia da cozinha por meio dos balanços de massa .....	28
3.6.2. Caracterização do efluente a partir dos parâmetros físico-químicos .....	29
3.7. PROPOSIÇÃO DE MÉTODO DIFERENCIADO DE COLETA, TRANSPORTE, TRATAMENTO E DESTINO FINAL DOS EFLUENTES DA ATIVIDADE DOMÉSTICA .....	30
3.8. DESENVOLVIMENTO E PROPOSIÇÃO DE TECNOLOGIA DIFERENCIADA PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES DA PIA.....	30
3.8.1. Avaliação da capacidade de retenção do óleo de cozinha .....	31
3.8.2. Avaliação da capacidade de retenção de partículas sólidas.....	32
3.8.3. Avaliação da capacidade de tratamento de um efluente com características similares ao produzido em uma residência .....	32
3.8.4. Avaliação da capacidade de retenção das caixas de gordura quando submetidos a entrada de água .....	33
3.9. AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA E TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA COLETA, TRANSPORTE E TRATAMENTO ALTERNATIVO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS.....	34
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
4.1. CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DA FONTE GERADORA DE EFLUENTES DOMÉSTICOS.....	37
4.2. CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DOS MÉTODOS DE COLETA, TRANSPORTE E TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS.....	38
4.3. EXPLICITAÇÃO DAS VANTAGENS, DESVANTAGENS E PONTO CRÍTICOS DOS MÉTODOS, PROCESSOS E TECNOLOGIA CONVENCIONAL PRATICADA NA ATUALIDADE .....	40
4.4. IDENTIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE EFLUENTES DA ATIVIDADE DOMÉSTICA .....	44
4.5. CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DO EFLUENTE DA PIA DA COZINHA .....	47
4.6. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO EFLUENTE DA PIA DA COZINHA .....	50
4.7. PROPOSIÇÃO DE MÉTODO DIFERENCIADO DE COLETA, TRANSPORTE, TRATAMENTO E DESTINO FINAL DOS EFLUENTES DA ATIVIDADE DOMÉSTICA .....	53
4.8. DESENVOLVIMENTO E PROPOSIÇÃO DE TECNOLOGIA DIFERENCIADA PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	54

4.8.1. Avaliação da capacidade de retenção do óleo de cozinha .....	57
4.8.2. Avaliação da capacidade de retenção de partículas sólidas.....	59
4.8.3. Avaliação da capacidade de tratamento de um efluente com características similares ao produzido em uma residência após o almoço .....	61
4.8.4. Avaliação da capacidade de retenção das caixas de gordura quando submetidos a entrada de água .....	64
4.9. AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA E TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA COLETA, TRANSPORTE E TRATAMENTO ALTERNATIVO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS .....	69
4.9.1. Avaliação da capacidade de retenção de óleo na canaleta variando a concentração de óleo no efluente e vazão padronizada .....	72
4.9.2. Avaliação da eficiência da caixa de gordura variando as concentrações de sólidos particulados com vazão padronizada .....	75
4.9.3. Avaliação da capacidade de retenção de óleo na canaleta variando as vazões do efluente e concentração padrão de óleo .....	78
4.9.4. Avaliação da eficiência da caixa de gordura variando as vazões dos efluentes e concentração padrão de sólidos particulados .....	81
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>84</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>86</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>xx</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b>	Classificação do esgoto doméstico.....	5
<b>Figura 2.2</b>	Exemplos de mictórios.....	6
<b>Figura 2.3</b>	Vaso compartimentado para coleta de água marrom.....	6
<b>Figura 2.4</b>	Fontes de água cinza.....	8
<b>Figura 2.5</b>	Principais variantes do esgotamento sanitário.....	13
<b>Figura 2.6</b>	Sistemas de esgotamento sanitário do tipo individual.....	14
<b>Figura 2.7</b>	Representação do sistema de tanque séptico.....	15
<b>Figura 2.8</b>	Construção de um biodigestor.....	16
<b>Figura 2.9</b>	Modelo de tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes	16
<b>Figura 2.10</b>	Sistema coletivo de coleta, transporte, tratamento e destinação final de esgotos (tipo unitário).....	18
<b>Figura 2.11</b>	Representação do sistema coletivo de coleta, transporte, tratamento e destinação final de esgotos (tipo separador convencional).....	18
<b>Figura 2.12</b>	Representação de uma caixa de gordura de base retangular..	20
<b>Figura 2.13</b>	Modelo de caixa de gordura pré-fabricada com cesto.....	20
<b>Figura 3.1</b>	Representação dos principais resíduos gerados em uma residência, enfocando o elemento de análise.....	24
<b>Figura 4.1</b>	Fluxograma que detalha as fontes de geração de efluentes domésticos e suas características qualitativas.....	37
<b>Figura 4.2</b>	Representação esquemática do contexto de geração até a disposição final de resíduos líquidos domésticos.....	39
<b>Figura 4.3</b>	Oferta de esgotamento sanitário no Brasil nos anos de 1989 a 2008.....	40
<b>Figura 4.4</b>	Percentual de domicílios com acesso à rede de esgotamento sanitário segundo as Grandes Regiões do Brasil - 2000/2008...	41
<b>Figura 4.5</b>	Total de municípios da região Sul do Brasil com ou sem rede coletora de esgotos e com tratamento do esgoto coletado.....	42
<b>Figura 4.6</b>	Tipos de tratamento realizados nos municípios com rede coletora.....	43
<b>Figura 4.7</b>	Efluentes gerados em uma residência e a sua representatividade.....	45
<b>Figura 4.8</b>	Média de geração de efluente nas refeições: café da manhã, almoço e janta.....	46
<b>Figura 4.9</b>	Esquema do processo de transformação da atividade doméstica e o potencial de geração de resíduos líquidos.....	47
<b>Figura 4.10</b>	Ponto de coleta do efluente, e coleta de uma amostra do efluente.....	51
<b>Figura 4.11</b>	Algumas das análises realizadas em laboratório: Fósforo e óleos e gorduras.....	51
<b>Figura 4.12</b>	Representação do sistema alternativo de gestão de efluentes domésticos.....	54

<b>Figura 4.13</b>	Módulo experimental para avaliação das tecnologias atuais de tratamento de efluente da pia da cozinha.....	55
<b>Figura 4.14</b>	Vista frontal do módulo experimental pronto.....	56
<b>Figura 4.15</b>	Visão lateral do módulo experimental pronto.....	56
<b>Figura 4.16</b>	Aspecto do efluente contendo água e óleo após passagem pela caixa de gordura da marca Cipla.....	57
<b>Figura 4.17</b>	Aspecto do efluente contendo água e óleo após passagem pela caixa de gordura da marca Tigre.....	58
<b>Figura 4.18</b>	Aspecto do efluente contendo água e óleo após passagem pela caixa de gordura da marca Durin.....	58
<b>Figura 4.19</b>	Aspecto do efluente contendo água e arroz após a passagem pela caixa de gordura da marca Cipla.....	59
<b>Figura 4.20</b>	Aspecto do efluente contendo água e arroz após a passagem pela caixa de gordura da marca Tigre.....	60
<b>Figura 4.21</b>	Aspecto do efluente contendo água e arroz após a passagem pela caixa de gordura da marca Durin.....	60
<b>Figura 4.22</b>	Restos de alimentos para reprodução do efluente produzido em uma residência.....	61
<b>Figura 4.23</b>	Aspecto do efluente reproduzido após passagem pela caixa de gordura Cipla.....	62
<b>Figura 4.24</b>	Aspecto do efluente reproduzido após passagem pela caixa de gordura Tigre.....	63
<b>Figura 4.25</b>	Aspecto do efluente reproduzido após passagem pela caixa de gordura Durin.....	63
<b>Figura 4.26</b>	Aspecto do efluente da caixa de gordura Cipla após um dia....	64
<b>Figura 4.27</b>	Aspecto do efluente da caixa de gordura Tigre após um dia....	65
<b>Figura 4.28</b>	Aspecto do efluente da caixa de gordura Durin após um dia...	65
<b>Figura 4.29</b>	Vista do corte lateral da caixa de gordura modelo UNIOESTE	66
<b>Figura 4.30</b>	Vista superior da caixa de gordura.....	67
<b>Figura 4.31</b>	Vista lateral da caixa de gordura modelo UNIOESTE pronta...	68
<b>Figura 4.32</b>	Vista superior da caixa de gordura modelo UNIOESTE pronta	68
<b>Figura 4.33</b>	Rosca-sem-fim para coleta dos resíduos sólidos do fundo da caixa de gordura modelo UNIOESTE.....	69
<b>Figura 4.34</b>	Gráfico da relação entre a concentração inicial de óleo no efluente e a porcentagem de recuperação de óleo na canaleta.....	75
<b>Figura 4.35</b>	Efluente contendo 1kg de sólidos particulados após passagem pela caixa de gordura modelo UNIOESTE.....	77
<b>Figura 4.36</b>	Gráfico da relação entre a vazão e a porcentagem de recuperação de óleo na canaleta.....	80
<b>Figura 4.37</b>	Amostra de efluente após passagem pela caixa de gordura modelo UNIOESTE.....	81
<b>Figura 4.38</b>	Efluente contendo 0,5Kg após passagem pela caixa de gordura modelo UNIOESTE com vazão máxima de $Q_{m\acute{a}x} = 0,3L/s$ .....	83

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b>	Média de consumo de água em uma residência.....	9
<b>Tabela 3.1</b>	Valores das concentrações utilizadas no planejamento experimental.....	34
<b>Tabela 3.2</b>	Experimentos realizados no planejamento experimental para análise da eficiência da canaleta.....	35
<b>Tabela 3.3</b>	Experimentos realizados no planejamento experimental para análise da eficiência com efluente contendo sólidos particulados.....	36
<b>Tabela 4.1</b>	Monitoramento das atividades, do consumo de água e da geração de efluentes em uma residência.....	45
<b>Tabela 4.2</b>	Caracterização qualitativa do efluente da pia da cozinha no café da manhã.....	48
<b>Tabela 4.3</b>	Caracterização qualitativa do efluente da pia da cozinha no almoço.....	49
<b>Tabela 4.4</b>	Caracterização qualitativa do efluente da pia da cozinha na janta.....	50
<b>Tabela 4.5</b>	Características físico-químicas do efluente da pia da cozinha...	52
<b>Tabela 4.6</b>	Caracterização dos alimentos presentes em um efluente da pia da cozinha.....	69
<b>Tabela 4.7</b>	Determinação do tempo de residência das partículas sólidas presentes no efluente.....	71
<b>Tabela 4.8</b>	Concentração inicial de óleo nos efluentes.....	73
<b>Tabela 4.9</b>	Resultados obtidos no Efluente 1 quanto à recuperação de óleo pela canaleta.....	73
<b>Tabela 4.10</b>	Resultados obtidos no Efluente 2 quanto à recuperação de óleo pela canaleta.....	74
<b>Tabela 4.11</b>	Resultados obtidos no Efluente 3 quanto à recuperação de óleo pela canaleta.....	74
<b>Tabela 4.12</b>	Concentração inicial de sólidos particulados nos efluentes.....	75
<b>Tabela 4.13</b>	Resultados obtidos no Efluente 1 quanto à eficiência no tratamento do efluente contendo 0,1 kg de sólidos particulados.....	76
<b>Tabela 4.14</b>	Resultados obtidos no Efluente 2 quanto à eficiência no tratamento do efluente contendo 0,5 kg de sólidos particulados.....	76
<b>Tabela 4.15</b>	Resultados obtidos no Efluente 2 quanto à eficiência no tratamento do efluente contendo 1 kg de sólidos particulados	77
<b>Tabela 4.16</b>	Concentração inicial de óleo no efluente em diferentes vazões.....	78
<b>Tabela 4.17</b>	Resultados obtidos no Efluente 1 quanto à recuperação de óleo pela canaleta na vazão ( $Q_{\min}$ ) de 0,04 L/s.....	79
<b>Tabela 4.18</b>	Resultados obtidos no Efluente 2 quanto à recuperação de óleo pela canaleta na vazão ( $Q_{\text{méd}}$ ) de 0,1 L/s.....	79

<b>Tabela 4.19</b>	Resultados obtidos no Efluente 3 quanto à recuperação de óleo pela canaleta na vazão ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) igual a 0,3 L/s.....	80
<b>Tabela 4.20</b>	Concentração inicial de sólidos em diferentes vazões.....	81
<b>Tabela 4.21</b>	Resultados obtidos no Efluente 2 quanto à eficiência no tratamento do efluente contendo 0,5 kg de sólidos particulados na vazão ( $Q_{m\acute{i}n}$ ) de 0,04 L/s.....	82
<b>Tabela 4.22</b>	Resultados obtidos no Efluente 2 quanto à eficiência no tratamento do efluente contendo 0,5 kg de sólidos particulados na vazão ( $Q_{m\acute{e}d}$ ) de 0,1 L/s.....	82
<b>Tabela 4.23</b>	Resultados obtidos no Efluente 2 quanto à eficiência no tratamento do efluente contendo 0,5 kg de sólidos particulados na vazão ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) igual a 0,3 L/s.....	82

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABS – Acrilonitrila Butadieno Estireno

COX's – Compostos Orgânicos Xenobióticos

DBO<sub>5</sub> - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO - Demanda Química de Oxigênio

DTA - Documento Técnico de Apoio

ETE – Estação de Tratamento de Esgotos

GERPEL - Grupo de Pesquisas em Recursos Pesqueiros e Limnologia

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NBR – Norma Brasileira

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – Potencial Hidrogeniônico

PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

PNSB – Pesquisa Nacional do Saneamento Básico

PVC – Policloreto de Vinila

RG – Resíduo Gasoso

RL – Resíduo Líquido

RS – Resíduo Sólido

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná

SD – Sólidos Dissolvidos

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento

ST – Sólidos Totais

SS – Sólidos Suspensos

USP - Universidade de São Paulo

## LISTA DE SIMBOLOS

Al – Alumínio

Cd – Cádmio

Cr – Cromo

Cu – Cobre

Fe – Ferro

Hg – Mercúrio

Mn – Manganês

N – Nitrogênio

Ni – Níquel

P – Fósforo

Pb – Chumbo

$\text{PO}_4^{-2}$  – Ortofosfato

P-total – Fósforo total

Zn – Zinco

# **TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO SELETIVO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS**

**AUTORA: GABRIELE PIZZATTO**

**ORIENTADOR: PROF. DR. CAMILO FREDDY MENDOZA MOREJON**

Dissertação de Mestrado; Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual do Oeste do Paraná; Rua da Faculdade, 645; CEP: 85903-000 – Toledo – PR, Brasil. 89 p.

## **RESUMO**

Os efluentes domésticos provenientes da pia da cozinha, máquina de lavar louça, tanque/máquina de lavar roupas, bacia sanitária, chuveiro, lavatório e banheira quando não tratados são fonte de muitos problemas ambientais e de saúde pública. Os atuais modelos de gestão com base de tecnologias convencionais ainda apresentam limitações técnicas e econômicas. Nesse contexto, o trabalho objetivou o desenvolvimento e proposição de um novo modelo de gestão de efluentes domésticos e especificamente o desenvolvimento de uma tecnologia alternativa para o tratamento preliminar do efluente gerado na pia da cozinha (devido às suas características peculiares). A metodologia contemplou a caracterização qualitativa e quantitativa da fonte geradora e dos efluentes domésticos, dos métodos de coleta, transporte e tratamento convencional de efluentes domésticos e explicitação das vantagens/desvantagens dos métodos, processos e da tecnologia convencional. Os resultados do monitoramento das atividades e hábitos de uma família permitiram determinar o consumo de água e a conseqüente geração de efluentes em cada uma das fontes, cujo resultado foi uma correlação que deverá auxiliar no cálculo da capacidade de geração/produção de efluentes domésticos nas residências e o correspondente diagnóstico. Os testes realizados com tecnologias disponíveis no mercado para tratamento do efluente da pia da cozinha (caixa de gordura) permitiram identificar

as limitações técnicas dessas tecnologias e a consequência disso foi o desenvolvimento de uma nova tecnologia com características inovadoras denominada “Caixa para tratamento de efluente da pia da cozinha com separação simultânea de gordura e sólidos sedimentáveis – Modelo UNIOESTE”, de tecnologia inovadora e em fase de patenteamento. Desta forma, contribui-se com a mitigação dos impactos negativos que resultam da gestão inadequada dos efluentes domésticos utilizando-se para tal, inovações tecnológicas resultantes da atividade intelectual com validação experimental.

**Palavras-chave:** esgoto doméstico, efluente da pia da cozinha, gestão de efluentes, caixa de gordura.

# **ALTERNATIVE TECHNOLOGY FOR SELECTIVE TREATMENT OF DOMESTIC SEWAGE**

**AUTHOR: GABRIELE PIZZATTO**

**SUPERVISOR: PROF. DR. CAMILO FREDDY MENDOZA MOREJON**

Máster Thesis; Chemical Engineering Graduate Program; Western Paraná State University; Rua da Faculdade, 645; CEP: 85903-000 – Toledo – PR, Brazil. 89 p.

## **ABSTRACT**

The effluent from the kitchen sink, dishwasher, tank/washing machine, toilet bowl, shower, sink and tub when not covered are the source of many environmental problems and public health. The current management models based on conventional technologies still present technical and economic limitations. In this context, the study aimed to develop and propose a new model of management of domestic sewage and specifically the development of an alternative technology for the preliminary treatment of wastewater generated in the kitchen sink (due to its specific characteristics). The methodology included the qualitative and quantitative characterization of the generating source and domestic effluents, methods of collection, transportation and conventional treatment of domestic sewage and explanation of the advantages/disadvantages of the methods, processes and conventional technology. The results of the monitoring activities and habits of a family allowed determining the water consumption and the consequent generation of waste in each of the sources, which resulted in a correlation that will assist in the calculation of generation capacity/production of domestic sewage in homes and corresponding diagnosis. The tests performed with commercially available technologies for treating the effluent from the kitchen sink (grease trap) have identified the technical limitations of these technologies and the consequence was that the development of a new technology with innovative features called "ash for treatment of effluent from the sink kitchen with simultaneous separation of fat and

settleable solids - Model UNIOESTE" innovative technology and in the process of patenting. It therefore contributes to mitigating the negative impacts that result from inadequate management of domestic wastewater using for such technological innovations resulting from intellectual activity with experimental validation.

**Key-words:** domestic sewage, effluent from the kitchen sink, waste management, grease trap.

# 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional combinado ao uso irracional da água tem aumentado consideravelmente a produção de águas residuárias no mundo. Quando despejados no ambiente sem tratamento adequado, estes efluentes que podem ser tanto de origem doméstica quanto industrial causam diversos problemas ambientais e de saúde pública.

Os efluentes urbanos, também chamados de esgoto doméstico, são efluentes resultantes do uso da água pelo ser humano, em seus hábitos higiênicos e atividades fisiológicas e são provenientes da pia da cozinha, máquina de lavar louça, tanque e máquina de lavar roupas, bacia sanitária, chuveiro, lavatório e banheira (quando houver).

No Brasil, a situação do saneamento ambiental, especialmente com relação aos sistemas de esgotamento sanitário doméstico, é precária. O contingente populacional exposto ao risco de contrair doenças em decorrência da inexistência deste serviço aumenta ano após ano. Segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2008) apenas 55,2% dos municípios brasileiros são atendidos por serviço de coleta de esgoto doméstico, o que não significa dizer que o esgoto que é coletado, recebe tratamento.

Os altos custos de implantação/manutenção dos sistemas de tratamento de esgoto coletivos e as políticas públicas ineficientes são apontados como barreiras para a implantação destes serviços na totalidade das residências. Diante desse cenário aquelas que não são atendidas por esse serviço básico optam pela instalação de sistemas precários locais para coleta, tratamento e disposição do esgoto doméstico como, por exemplo, a instalação de fossas sépticas/rudimentares, despejo em rios ou disposição a céu aberto.

Visando a simplificação do tratamento do esgoto doméstico, otimização dos sistemas coletivos e a melhoria das condições sanitárias da população, busca-se o desenvolvimento de sistemas alternativos de coleta, transporte e tratamento dos esgotos domésticos *in loco*, ou seja, em escala residencial. Para este tipo de tratamento descentralizado é necessário que haja a segregação das diferentes contribuições do esgoto doméstico, que de acordo com sua origem e composição,

podem ser classificados em: água negra (efluente proveniente das bacias sanitárias), água cinza (águas servidas da pia da cozinha, da máquina de lavar louça, do tanque e da máquina de lavar roupas, do lavatório, do chuveiro e da banheira) e água amarela (representando somente a urina) e água marrom (representando somente as fezes) possibilitando a instalação de sistemas de tratamento mais simplificados.

Dentre todas as possíveis contribuições de efluentes gerados em uma residência, o efluente proveniente da pia da cozinha é um dos que possui maior representatividade. Esses efluentes são gerados antes, durante e após o preparo das refeições (lavagem da louça).

Este efluente possui características muito peculiares, como alta carga orgânica (devido à presença de restos de alimentos) e grande quantidade de óleos e graxas. Com isso, ainda existe uma controvérsia quanto a sua classificação, ao tempo que alguns autores o consideram como água cinza (águas servidas), outros autores, como Rebouças *et al.* (2007) o consideram como água negra.

Para o tratamento do efluente da pia da cozinha, o equipamento utilizado atualmente é a chamada caixa de gordura. Trata-se de um equipamento que tem a função de separar partículas de sólidos sedimentáveis, óleos e graxas contidos no efluente da pia da cozinha, permitindo a depuração do mesmo. Estes equipamentos são utilizados tanto em sistemas coletivos como em sistemas individuais de tratamento do esgoto doméstico, e embora contribuam para a melhoria dos tratamentos do esgoto doméstico, ainda se percebe a existência de algumas limitações técnicas, principalmente relacionada com o baixo desempenho na retenção de óleos, graxas e partículas de pequeno diâmetro. Segundo Gnipper (2008), estes equipamentos acabam não exercendo a função objetiva a que se propõem, e acabam atuando apenas como uma caixa de passagem.

Neste sentido, o presente estudo busca a explicitação dos fenômenos físicos e químicos envolvidos nos processos de tratamento de efluentes da atividade doméstica e as suas influências na eficiência dos processos de coleta, tratamento e destino final destes efluentes. Assim o objetivo do trabalho foi o

desenvolvimento de tecnologia alternativa para tratamento preliminar do efluente gerado na pia da cozinha e a proposição de um novo modelo de gestão de efluentes domésticos. Desta forma contribui-se com a mitigação dos impactos negativos que resultam da gestão inadequada dos efluentes domésticos utilizando-se para tal, inovações tecnológicas resultantes da atividade intelectual com validação experimental.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Com a finalidade do levantamento de dados de pesquisas que fornecessem subsídios para o presente trabalho, bem como que explicitassem o estado da arte do assunto em estudo, na revisão da literatura considerou-se os seguintes aspectos estruturais:

- Resíduos líquidos domésticos;
- Características físicas, químicas e biológicas dos efluentes domésticos;
- Modelos de gestão dos resíduos líquidos domésticos e avanços tecnológicos; e
- Problemas/limitações dos atuais modelos de gestão e principalmente da tecnologia relacionada com o tratamento do efluente doméstico gerado na pia da cozinha.

### 2.1 RESÍDUOS LÍQUIDOS DOMÉSTICOS

Os resíduos líquidos domésticos ou esgotos domésticos são constituídos pelos despejos de água utilizada pelo ser humano em seus hábitos higiênicos e atividades fisiológicas, sendo que sua composição é característica dos usos e costumes dos moradores e que variam conforme a sua situação social, econômica, com o clima e hábitos da população (ANA *et al.*, 2005; CHAMUM, 2008).

A sua geração inclui tanto o uso interno quanto o uso externo de água nas residências, sendo que os usos de água internos distribuem-se principalmente em atividades de limpeza e higiene, enquanto que os externos ocorrem devido à irrigação, lavagem de veículos, piscinas, entre outras atividades (FIORI, 2005).

O esgoto doméstico é composto em média por 99,9% de água, e 0,1% por sólidos orgânicos, inorgânicos, suspensos, dissolvidos, organismos patogênicos e, em alguns casos, componentes tóxicos. Esta pequena parcela de matéria orgânica confere ao esgoto doméstico a necessidade de ser tratado, devido ao

grau de agressividade que pode causar ao meio ambiente (JORDÃO & PESSOA, 1995; VON SPERLING, 2005; ANDRADE NETO & CAMPOS, 1999).

Segundo Otterpohl (2001), o esgoto doméstico pode ser classificado em quatro componentes principais, conforme pode ser observado no esquema da Figura 2.1:



**Figura 2.1** Classificação do esgoto doméstico.

### 2.1.1 Água Amarela

Água amarela é o termo usado para a urina, quando coletada separadamente das fezes. Este pode ser coletado em mictórios ou em vasos sanitários com compartimentos separados para coleta de fezes e de urina. A água amarela pode ser recuperada sem tratamento, sendo utilizadas como importante fonte de nitrogênio na agricultura. Os dispositivos normalmente utilizados para sua coleta são os mictórios masculinos e femininos, os quais estão exemplificados na Figura 2.2 (ZANCHETA, 2007).



**Figura 2.2** Exemplos de mictórios: A. Mictório Feminino; B. Mictório Masculino.  
Fonte: Adaptado de Johansson (2000), citado por ZANCHETA (2007).

### 2.1.2 Água Marrom

Segundo Zancheta (2007), a água marrom é caracterizada pelo efluente contendo apenas fezes. Estas águas podem ser coletadas em vasos compartimentados, com dispositivos separadores de fezes e urina, os quais possuem duas bacias, sendo uma bacia na parte dianteira para urina e outra na parte de trás para fezes, como pode ser observado na Figura 2.3:



**Figura 2.3** Vaso compartimentado para coleta de água marrom.  
Fonte: Adaptado de Johansson (2000), citado por ZANCHETA (2007).

### 2.1.3 Água Negra

A água negra é proveniente dos vasos sanitários contendo basicamente fezes, urina e papel higiênico, ou proveniente de dispositivos separadores contendo grandes quantidades de matéria fecal e papel higiênico (GALBIATI, 2009).

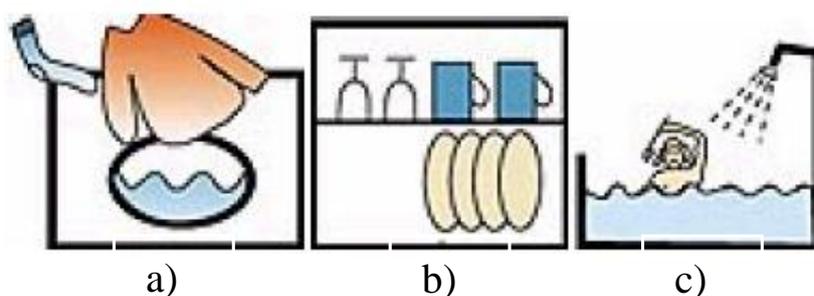
Segundo Otterpohl (2001), a água negra contém a maior parte da carga orgânica e de patógenos dentre todos os efluentes domésticos, e apesar de ser produzida em menor volume, apresenta maior risco de contaminação. A segregação da água negra das demais resulta em estações de tratamento menores, operando de forma mais estável e produzindo menos subprodutos. Os lodos podem ser aproveitados na agricultura e o biogás valorizado do ponto de vista energético.

### 2.1.4 Água cinza

Segundo Fiori (2005), a água cinza é aquela proveniente do lavatório, chuveiro, pia da cozinha e máquina de lavar louça, tanque e máquina de lavar roupa. Todas estas contribuições juntas somam o maior volume de esgoto doméstico (RIDDERSTOLPE, 2004).

Gelt (2001) desconsidera as águas provenientes da pia da cozinha e da máquina de lavar louça como sendo água cinza, devido à elevada concentração de microorganismos. Bazzarella (2005) também cita alguns autores, como Nolde (1999) e Christova-Boal *et al.* (1996) que desconsideram a água da pia da cozinha como água cinza por ser altamente poluída, putrescível e com inúmeros compostos indesejáveis, como por exemplo, óleos e gorduras.

A Figura 2.4 apresenta as principais fontes deste tipo de efluente, considerando as águas da pia da cozinha e máquina de lavar louça como sendo água cinza.



**Figura 2.4** Fontes de água cinza: (a) águas provenientes da lavagem da roupa, (b) da pia da cozinha e da máquina de lavar louça, (c) águas provenientes do chuveiro.

As características da água cinza dependem em primeiro lugar da qualidade da água de abastecimento, em segundo lugar da rede de distribuição tanto da água potável, como para o esgoto (lixiviação da tubulação, processos químicos e biológicos do biofilme nas paredes das tubulações) e em terceiro lugar, das atividades no domicílio (ERIKSSON *et al.*, 2002).

Del Porto & Steinfeld (2000) demonstram algumas das características da água cinza conforme as atividades realizadas na residência:

- a) Efluentes das cozinhas ou pias de preparação de alimentos e lavagens de utensílios (copos, pratos, talheres, etc.): podem conter significativas quantidades de óleos, graxas, partículas de alimentos e microorganismos patogênicos, como a salmonella e sangue de origem animal;
- b) Águas de descarga das máquinas de lavar roupas e das lavanderias: apresentam grandes volumes de partículas de tecidos não biodegradáveis – especialmente poliéster, *nylon* e polietileno; quantidades significativas de detergentes, sabões e matérias insolúveis, como areias, fuligens e poeiras; também podem apresentar alguma quantidade de bactérias fecais;
- c) Águas de chuveiros, banheiras e lavatórios: podem conter bactérias fecais e patogênicas;
- d) Outras águas residuárias: provenientes dos pisos de garagens, pátios, aparelhos de ar condicionado, e outros.

De um modo geral, o esgoto doméstico é um dos maiores resíduos gerados pela atividade humana, o seu volume é diretamente proporcional ao

volume de água consumida para o abastecimento das residências, que por sua vez, depende de uma série de fatores, que vão desde variáveis comportamentais até variáveis físicas e econômicas (ERCOLE, 2003; ARAUJO, 2003).

Esta quantidade de água consumida é geralmente expressa pela "taxa de consumo per capita", e segundo o SNIS (2010), o consumo médio *per capita* do país em 2008 foi de 151,2 l/hab.dia, sendo que nas médias regionais resultaram em 135,7 l/hab.dia na região Norte, 110,5 l/hab.dia na região Nordeste, 178,1 l/hab.dia na região Sudeste, 137,2 l/hab.dia na região Sul e 143,8 l/hab.dia na região Centro-Oeste (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2011).

Os principais pontos de consumo de água e conseqüente geração de efluentes em uma residência são: banheiros (lavatório, chuveiro, bacia sanitária e banheira), cozinha (pia da cozinha e máquina de lavar louça) e a área de serviço (tanque e máquina de lavar roupas). A Tabela 2.1 apresenta uma média do consumo de água em edificações constatadas através de um estudo realizado pela USP em parceria com a empresa Deca:

**Tabela 2.1** Distribuição do percentual médio de consumo de água em uma residência.

Setor da residência	Simulação Deca	Prédio USP	PNCDA (BRASIL, 1998)
<b>Banheiro</b>	72%	63%	68%
Bacia sanitária	14%	29%	5%
Pia	12%	6%	8%
Chuveiro	47%	28%	55%
Banheira	-	-	-
<b>Cozinha</b>	15%	22%	18%
Pia da cozinha	15%	17%	18%
Máquina de lavar louça	-	5%	-
<b>Área de serviço</b>	13%	15%	14%
Máquina de lavar roupa	8%	9%	11%
Tanque	-	6%	3%
Torneira de uso geral	5%	-	-

Fonte: Adaptado de BAZZARELLA (2005).

Nesta tabela, também são apresentados dados de uma simulação do consumo de água em uma residência de classe média brasileira obtida pelo

PNCDA, no DTA-E1, o qual apresenta metodologias e equipamentos necessários para quantificar o consumo de água de habitações unifamiliares brasileiras (Rocha *et al.*, 1998 citado por BAZZARELLA, 2005).

## 2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DOS EFLUENTES DOMÉSTICOS E AVANÇOS TECNOLÓGICOS

Para Ercole (2003), o conhecimento das principais características físicas, químicas e biológicas dos efluentes domésticos é um importante fundamento para definição da sua qualidade, entendimento do funcionamento dos sistemas de tratamento e também para a concepção de variáveis destes sistemas (BLUM, 2003).

### 2.2.1 Características Físicas

Segundo Eriksson *et al.* (2002) os parâmetros físicos dos efluentes domésticos mais relevantes são: temperatura, cor, turbidez e o teor de matéria sólida.

a) Temperatura: É caracterizada por ser ligeiramente superior a das águas de abastecimento, mas altas temperaturas podem ser indesejáveis devido ao favorecimento do crescimento microbiano. Possui variação conforme as estações do ano, sendo mais estável que a temperatura do ar. Também influencia na solubilidade dos gases e na viscosidade do líquido (GOIÁS, 2005; BAZZARELLA, 2005).

b) Cor: Segundo Jordão & Pessoa (1995), a cor do esgoto indica o estado de sua decomposição, e fornece dados que podem caracterizar o estado do despejo. Os componentes responsáveis pela cor são os sólidos dissolvidos presentes no efluente. Pode variar de ligeiramente cinza a cinza escuro ou preto, dependendo da sua fonte de geração.

c) Turbidez: Segundo Saneago (2005), a turbidez representa o grau de interferência com a passagem de luz através do líquido, sendo causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão.

d) Teor de matéria sólida: Segundo Jordão & Pessoa (1995), a matéria sólida presente nas águas residuárias pode ser classificada da seguinte forma:

- em função das dimensões das partículas: sólidos em suspensão, sólidos coloidais ou sólidos dissolvidos;
- em função da sedimentabilidade: sólidos sedimentáveis, sólidos flutuantes ou flotáveis ou sólidos não sedimentáveis;
- em função da secagem, a alta temperatura (550 a 600°C): sólidos fixos ou sólidos voláteis;
- em função da secagem em temperatura média (103 a 105°C): sólidos totais, sólidos em suspensão ou sólidos dissolvidos.

### 2.2.2 Características Químicas

Cerca de 70% dos sólidos no esgoto são de origem orgânica. Geralmente estes compostos são uma combinação de carbono, hidrogênio e oxigênio, e algumas vezes com nitrogênio. Compreendem principalmente os compostos de proteínas, carboidratos, gordura e óleos, e em menor parte, por uréia, surfatantes e fenóis (JORDÃO & PESSOA, 1995). As medições de parâmetros como DBO e DQO indicam o risco de depleção de oxigênio devido à degradação da matéria orgânica durante o transporte e armazenamento e contribuem para a produção de sulfetos.

Quanto à matéria inorgânica existente nos esgotos, esta é constituída, em geral, de areia e outras substâncias minerais dissolvidas, provenientes de águas de lavagens (SILVA, 2004). Entre os outros poluentes, o teor de metais pesados (por exemplo, Al, Fe, Mn, Cd, Cu, Pb, Hg, Zn, Ni, Cr) e COX's, além de componentes como pH, OD, alcalinidade e dureza são de grande importância para a determinação do tratamento a ser realizado (ERIKSSON *et al.*, 2002).

### 2.2.3 Características biológicas

Segundo Ottoson & Stenstrom (2003), diversas atividades de higiene e limpeza realizadas pelos moradores são fontes de microorganismos patogênicos, como por exemplo: a limpeza das mãos após o uso do toalete, lavagem de roupas fecalmente contaminadas (ex: fraldas) e/ou o próprio banho. Entre estes microorganismos estão os vírus, bactérias, protozoários e helmintos.

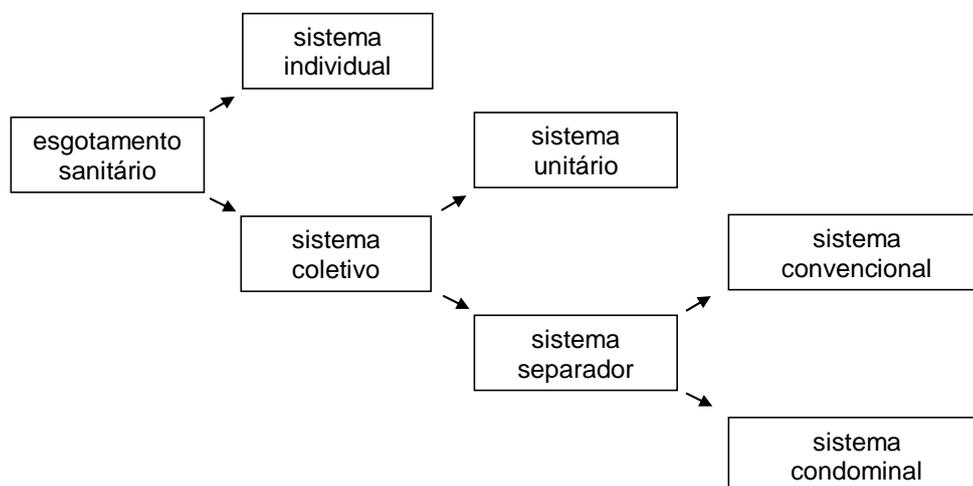
## 2.3 MODELOS DE GESTÃO DOS RESÍDUOS LÍQUIDOS DOMÉSTICOS

A legislação ambiental brasileira proíbe o lançamento de esgoto doméstico *in natura* nos mananciais hídricos, sendo necessária a coleta, o tratamento e uma destinação final adequada para este efluente. Entretanto, o próprio poder público comete arbitrariedades permitindo que as cidades despejem seus excrementos diretamente no ambiente, sem nenhuma forma de tratamento, o que acarreta no encaminhamento destes efluentes para ribeiras ou através dos poços, para a água subterrânea (JORDÃO & PESSOA, 1995).

Segundo Lima (2008) existe solução para este problema, porém existem desafios culturais e econômicos a serem vencidos, a fim de que haja integração dos parâmetros socioeconômico e técnico-ambiental. Do ponto de vista sócio-econômico, faz-se necessária uma identificação das necessidades das comunidades em relação aos problemas de saneamento ambiental. Na sequência devem ser atrelados estudos de viabilidade econômica para avaliar a melhor relação custo - benefício. Já as soluções técnico-ambientais dependem dos atributos/limitações técnicas dos sistemas de coleta, tratamento e disposição final dos efluentes, capazes de atender às exigências legais e aos princípios da conservação e do uso sustentável dos recursos naturais, melhorando conseqüentemente a qualidade de vida da população.

Basicamente, existem duas variantes dos sistemas de coleta, transporte e tratamento do esgoto doméstico: o sistema individual/estático e o sistema coletivo/dinâmico. O sistema coletivo subdivide-se em outros dois tipos de

soluções para o tratamento do esgoto doméstico: o sistema unitário e sistema separador, e o último subdivide-se em convencional ou condominal, conforme ilustração na Figura 2.5:



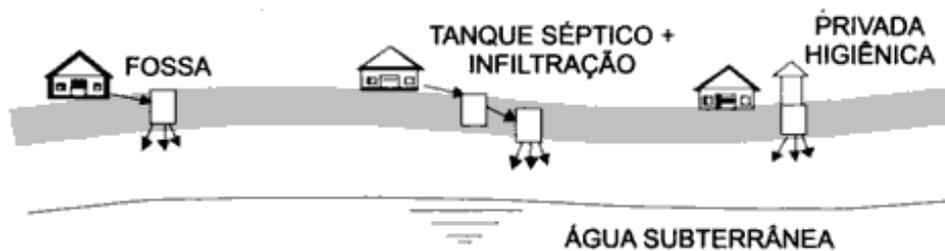
**Figura 2.5** Principais variantes do esgotamento sanitário.  
Fonte: VON SPERLING (2005).

### 2.3.1 Sistema individual/estático de coleta, transporte, tratamento e disposição final de esgotos

Segundo Von Sperling (2005), os sistemas individuais pressupõem a solução no local, sendo usualmente adotados para atendimento unifamiliar, embora possam também atender a um certo número de residências próximas entre si.

Para que estes sistemas “funcionem satisfatoriamente” as residências devem conter uma grande área livre para sua instalação, o solo deverá apresentar boas condições de infiltração e o lençol freático deve estar em uma profundidade adequada para não haver risco de contaminação por microorganismos transmissores de doenças (microorganismos patogênicos).

A Figura 2.6 apresenta alguns modelos de sistemas individuais de tratamento de esgoto doméstico:



**Figura 2.6** Sistemas de esgotamento sanitário do tipo individual ou estático.  
Fonte: VON SPERLING (2005).

### 2.3.1.1 Fossas ou poços absorventes

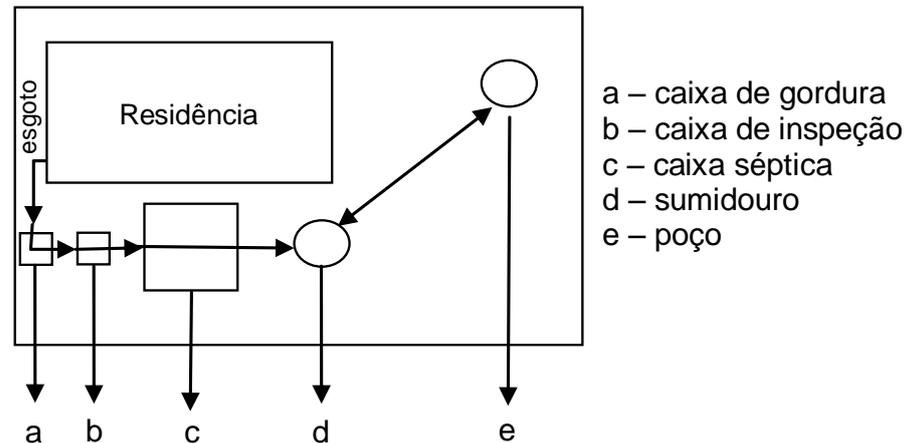
São poços escavados e não impermeabilizados destinados a receber esgoto sanitário, infiltrando-o no solo. Com o uso contínuo, o solo destas fossas tende à colmatação e não propicia a infiltração dos esgotos, transformando-se em fossa seca ou estanque, mesmo não tendo sido construída com esse propósito (RIOS, 2010).

### 2.3.1.2 Sistema de tanque séptico

Trata-se de um sistema composto por: caixa de gordura, caixa de inspeção, fossa séptica e sumidouro (Figura 2.7).

- Caixa de gordura: enterrada no solo, serve para coletar as águas servidas da cozinha e do tanque de lavar roupas antes que estas cheguem à fossa séptica;
- Caixa de inspeção: serve para inspecionar o fluxo de esgoto do vaso sanitário e reparar eventuais entupimentos da canalização;
- Caixa séptica ou fossa: enterrada no solo, recebe os dejetos provenientes de vasos sanitários, lavatórios, pias, tanques e ralos;
- Sumidouro: destino final do esgoto doméstico. Trata-se de uma escavação, onde são inseridos tubos de concreto perfurados, e o espaço entre eles é preenchido com areia grossa. As laterais e o fundo

desta escavação são revestidos com material filtrante, que funcionam como filtros para as águas que se depositam dentro dos tubos depois de tratadas na caixa séptica. O sumidouro deve ser mantido constantemente fechado por uma tampa resistente.



**Figura 2.7** Representação do sistema de tanque séptico.  
Fonte: Adaptado de OLIVEIRA & CARVALHO (2003).

### 2.3.1.3 Fossa seca

São sistemas rústicos, usados para disposições de excretas. Nesse sistema, não há transporte hídrico, sendo que os dejetos são depositados diretamente na fossa (MOTA, 2006).

### 2.3.1.4 Novas tecnologias para o tratamento do esgoto doméstico

Além destas variantes do sistema individual de tratamento do esgoto doméstico, existem novas tecnologias que vêm sendo utilizadas para este fim, como por exemplo:

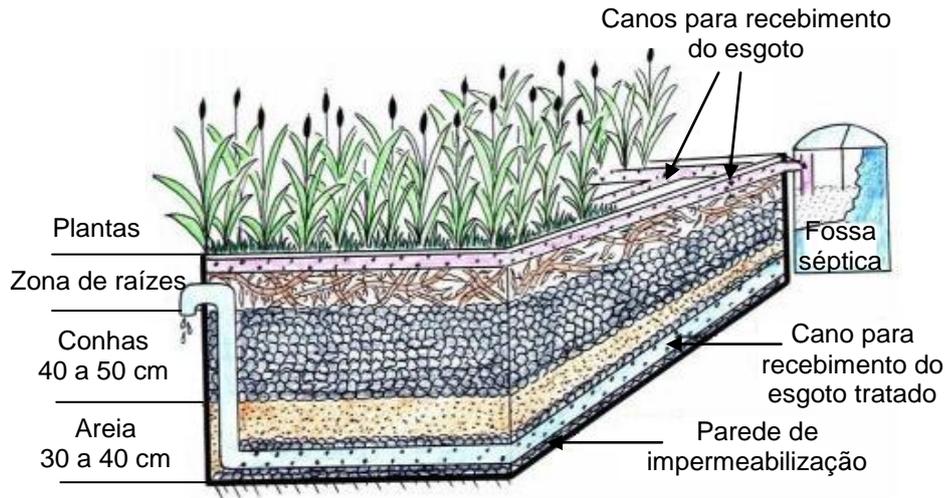
- Biodigestor anaeróbico + filtro biológico: Neste processo, a matéria orgânica contida no esgoto é digerida pelas bactérias anaeróbicas dentro do biodigestor. Esta digestão realizada pelas bactérias produz o

biogás que pode ser transformado em energia. Após este processo, o resíduo líquido passa por um sistema de limpeza, através de um filtro biológico para melhor eficiência do processo (Figura 2.8).



**Figura 2.8** Construção de um biodigestor (com tampa) seguido de filtro biológico.  
Fonte: [http://www.verdesaine.net/saneamento\\_ecologico](http://www.verdesaine.net/saneamento_ecologico)

- Fossas sépticas + zona de raízes: São sistemas baseados em princípios físicos (filtração) e biológicos, com parte do filtro constituído de plantas, sendo colocado à jusante de um tratamento primário (fossa séptica). As plantas utilizadas nesse sistema devem ter raízes do tipo cabeleira com aerênquimas bem desenvolvidos, como por exemplo, os copos-de-leite conforme apresentado na Figura 2.9 (LEMES *et al.*, 2008).



**Figura 2.9** Modelo de tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes.  
 Fonte: <http://projetovidagua.wordpress.com>

### 2.3.2. Sistema coletivo de coleta, transporte, tratamento e destinação final de esgotos

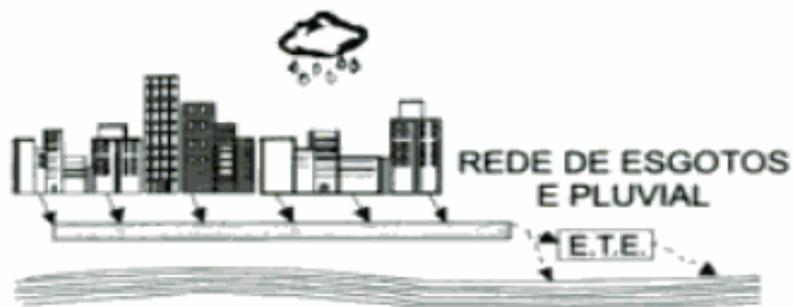
Segundo Barros *et al.* (1995), os sistemas coletivos são soluções que atendem a um número de edificações e contam com canalizações que realizam o afastamento do esgoto da área servida até o destino final. Estes sistemas são compostos por:

- Redes coletoras internas (ralos, pias e bacias sanitárias), tubos e conexões que recebem o esgoto e os transportam por ramais prediais das edificações para os coletores secundários. Os efluentes são então, encaminhados para os coletores-tronco, e daí para o interceptor, que é a tubulação final. Normalmente são implantadas sob vias públicas ou passeios, sendo dotada de poços de visita, para inspeção e introdução de equipamentos de limpeza;
- Estação de Tratamento de Esgotos (ETE): São locais destinados à depuração dos esgotos produzidos na cidade. Segundo Goiás (2011) existem vários processos de tratamento a serem selecionados em função dos seguintes fatores: tamanho da população, condições climáticas da região, área disponível para a estação, grau de poluição dos esgotos, porte do corpo receptor, entre outros; e

- Lançamento final em um corpo receptor.

Segundo Von Sperling (2005), nos sistemas coletivos existem duas principais variantes:

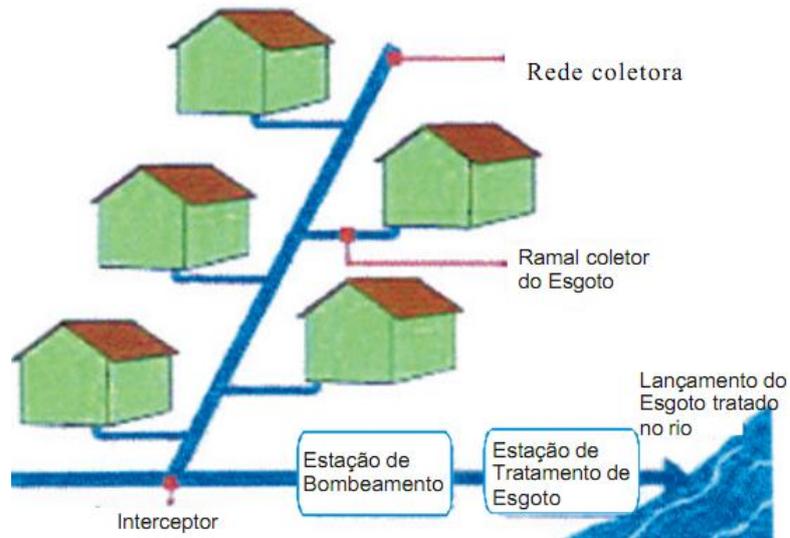
- Sistema unitário ou combinado: Os esgotos sanitários e as águas de chuva são conduzidos dentro da mesma canalização ao seu destino final, conforme pode ser observado na Figura 2.10:



**Figura 2.10** Sistema coletivo de coleta, transporte, tratamento e destinação final de esgotos (tipo unitário).

Fonte: VON SPERLING (2005).

- Sistema separador: Os esgotos sanitários e as águas de chuva são conduzidos ao seu destino final, em canalizações separadas. Este sistema, por sua vez, pode ser dividido em duas principais modalidades sendo:
  - Sistema convencional: utilizado na maior parte das cidades (Figura 2.11);
  - Sistema simplificado: Ex: condominial, utilizado como solução econômica de coleta dos esgotos em nível de quadra urbana, como unidade de esgotamento.



**Figura 2.11** Representação do sistema coletivo de coleta, transporte, tratamento e destinação final de esgotos (tipo separador convencional).  
 Fonte: Adaptado de Goiás (2005).

É muito comum o uso de equipamentos de pré-tratamento nos sistemas coletivos de coleta, transporte, tratamento e destinação final de esgotos, os quais possuem como função principal, o aumento da eficiência dos processos.

Sistemas como fossas sépticas e caixas de gordura, devido à simplicidade construtiva e operacional, são os equipamentos mais difundidos e presentes tanto em residências com sistemas individuais, como em residências com sistema coletivo de tratamento de esgoto.

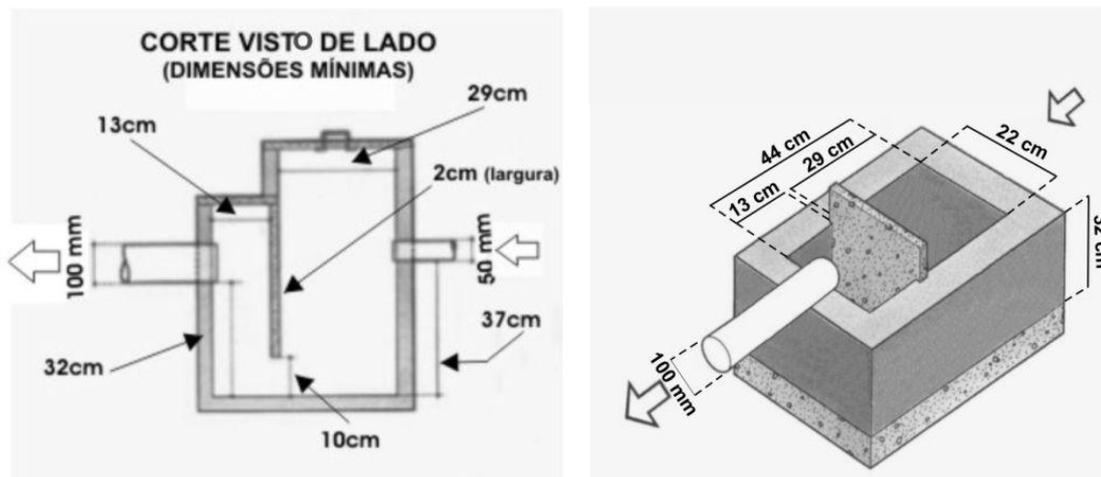
Segundo a NBR 8160 (ABNT, 1999), as caixas de gordura devem ser instaladas antes das fossas sépticas devido ao seu papel fundamental na separação de parte de partículas de alimentos, gorduras, óleos e graxas presentes no esgoto (GNIPPER, 2008). As caixas de gordura funcionam sob o princípio da flotação natural, a qual se constitui em um processo de elevação natural, por ação gravitacional de partículas discretas em suspensão em meio líquido ou da sedimentação gravitacional (FAIR *et al.*, 1979).

A garantia da eficiência deste equipamento deve-se à remoção periódica do resíduo retido na caixa, evitando que escoem pela rede e sigam para as fossas sépticas (ABNT, 1999). Esta remoção muitas vezes, é tratada com negligência, ao se permitir um longo intervalo de tempo entre as operações de manutenção e

também ao se descuidar do destino correto para o material coletado (GNIPPER, 2008).

As caixas de gordura podem ser encontradas no mercado em modelos pré-fabricados (em material como: fibra de vidro, cerâmica, placas de PVC, polietileno, polipropileno, ou outro material comprovadamente resistente à corrosão provocada pelos esgotos) ou então em modelos pré-moldados (COPASA, 2011).

A Figura 2.12 apresenta o modelo de uma caixa de gordura pré-moldada de base retangular:



**Figura 2.12** Representação de uma caixa de gordura de base retangular.  
Fonte: <http://www.copasa.com.br>

As do tipo pré-moldadas em concreto apresentam o inconveniente de não se adaptarem aos tubos em PVC, provocando trincas com o passar do tempo e posterior infiltração. Já as fabricadas em plásticos de engenharia (ABS, PVC) ou, mesmo, em fibra de vidro, permitem a conexão através de anel de PVC flexível e ainda possuem o cesto removível, facilitando o processo de limpeza da caixa (Figura 2.13).



**Figura 2.13** Modelo de caixa de gordura pré-fabricada com cesto de limpeza.  
Fonte: <http://www.tigre.com.br>

#### 2.4 PROBLEMAS E LIMITAÇÕES DOS ATUAIS MODELOS DE GESTÃO DOS EFLUENTES DOMÉSTICOS

Mota (2006) diz que o fato de muitas cidades não serem atendidas por serviços de esgotamento sanitário, torna necessária a adoção de sistemas individuais de coleta e tratamento do esgoto doméstico (considerados sistemas rudimentares). Embora estes sistemas possuam a vantagem do baixo custo de construção e manutenção e possibilitem o tratamento de pequenas quantidades de esgoto, quando mal dimensionados e operados, nem sempre constituem solução adequada, transformando-se em fonte de contaminação do solo e do lençol freático (LIMA, 2008; RIOS, 2010).

Já os sistemas coletivos têm maior controle na operação e manutenção, mas possuem altos custos de instalação/operação das redes coletoras de esgoto e dos sistemas de tratamento cujos efluentes apresentam grandes concentração de carga poluidora e são encaminhados para um único local, acarretando em saturação dos recursos hídricos, poluição do solo e das águas subterrâneas. Estes sistemas ainda possuem como desvantagem, a dificuldade de atender a demanda de tratamento de esgoto pelo crescimento da população (VAN KAICK *et al.*, 2008; WERNER *et al.*, 2004).

Segundo Langergraber & Muellegger (2005), os sistemas convencionais adotados atualmente para esgotamento sanitário usam grandes volumes de água potável como veículo de transporte dos efluentes, acarretando na mistura de pequenas quantidades de resíduos com grandes quantidades de água, o que multiplica a magnitude do problema. A segregação das diferentes contribuições de efluentes na residência é um caminho alternativo para evitar estas desvantagens, pois permite que cada efluente seja encaminhado para tratamento conforme as suas características, facilitando seu tratamento.

Equipamentos como caixas de gordura permitem um pré-tratamento do efluente da pia da cozinha antes deste ser encaminhado para as redes coletoras, mas ainda possuem baixa eficiência. Ghipper (2008) em seu estudo demonstra que o desempenho das caixas de gordura prescritas pela NBR 8160 (ABNT, 1999) é insatisfatório para a maioria das situações de operação.

Elas conseguem trabalhar razoavelmente bem enquanto são limpas periodicamente, caso contrário, os sólidos presentes no efluente juntamente com óleos e gorduras seguem pela rede de esgoto e causam diversos problemas como obstrução da rede. Não obstante, o conteúdo retirado das caixas após a limpeza causam problemas para sua correta destinação.

Alguns pedidos de patentes têm como objetivo o desenvolvimento de dispositivos que facilitem a limpeza das caixas de gordura, o qual aumentaria sua eficiência. É o caso, por exemplo, das patentes de registros números: US7540967B2 (Batten & Kyles, 2009), que inclui um tanque tendo um fundo em forma descendente, com divisor de forma ascendente que divide o tanque em câmara superior e câmara inferior. A gordura passa por um furo que separa as duas câmaras, ficando retida no tanque interno impedindo que entre em contato com o efluente. Os sólidos grosseiros ficam retidos na parte inferior e podem ser retirados por um furo localizados ao fundo desta parte. A patente n° US20010025811A1 (Batten, 2001), a qual consiste em um vaso de contenção, sendo um canal afluente para fim de admissão e uma extremidade de descarga. A parte inferior da caixa possui uma inclinação para baixo a partir da parte central em direção à periferia e é montado à jusante do fluxo, a partir da extremidade de descarga do canal afluente. O efluente é introduzido para a caixa pelo canal central, para permitir a circulação radial para fora do efluente de forma a dar

tempo de residência para separação gravitacional dos líquidos imiscíveis. Um canal na parte de cima da caixa permite a retirada da gordura, enquanto um canal na parte inferior permite a retirada dos sólidos mais grosseiros que decantaram). A patente nº US4235726 (SHIMKO & HEWITT, 1980) que consiste de recipiente de sedimentação, com paredes laterais, de entrada e de saída com fundo inclinado no sentido descendente a partir da parede de entrada, e possui dois defletores. O defletor de saída também se estende da altura da tampa até muito próximo ao fundo, permitindo que o líquido sem gordura saia do recipiente, enquanto que a gordura fica retida no interior para ser retirada pelo coletor de gordura montado dentro do recipiente, adaptado a um pivô que fica em contato com efluente) e outras como: US7427356 (Chapin, 1980), US5993646 (Powers, 1999), US6491830 (Batten & Kyles, 2002), MU88022765U2 (Roitmannn, 2010), BR9303885A (Cé, 1995) e BRPI09021469A2 (De Farias, 2011).

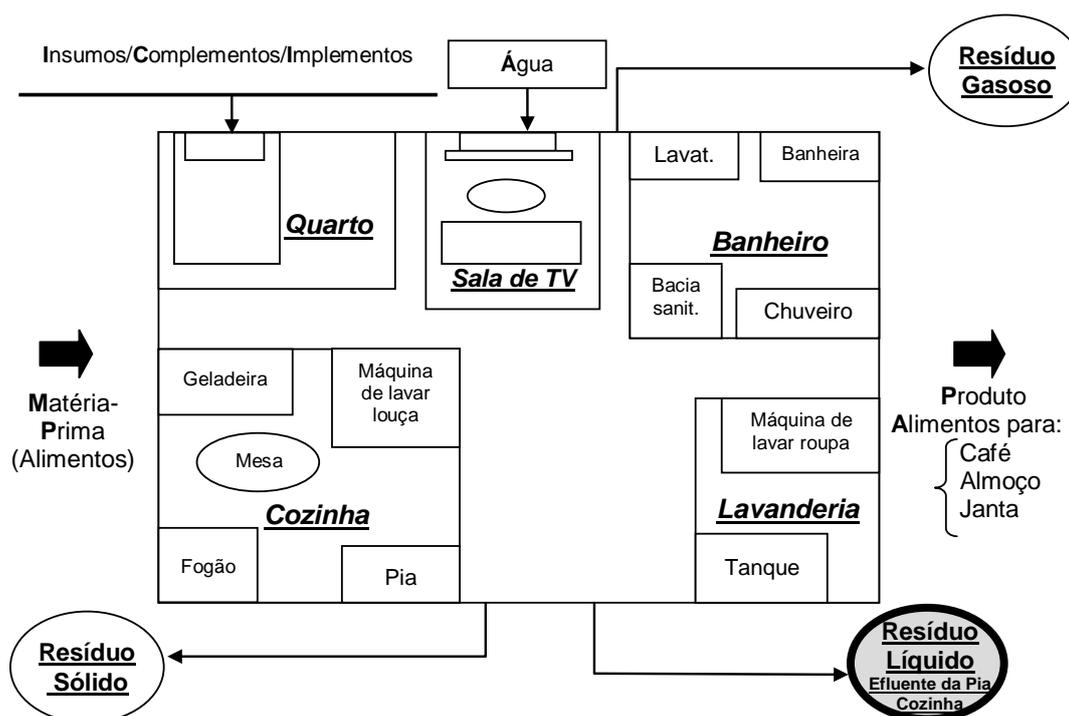
Outro grande problema das caixas de gordura é o odor. Quando os óleos e gorduras acumulam ao longo do seu armazenamento no compartimento, formam uma "tampa de lubrificante", onde o oxigênio é limitado, permitindo que naturalmente ocorra o crescimento de bactérias anaeróbias. Estas bactérias produzem metano, sulfeto de hidrogênio e outros gases de odor fétido. Estes gases não causam apenas odores desagradáveis, mas são gases inflamáveis e prejudiciais.

Neste sentido, percebe-se que ainda há a necessidade de se estudar os modelos de gestão de efluentes domésticos, bem como os equipamentos utilizados para o tratamento desses, seja para viabilizar melhorias com base de inovações incrementais e/ou inovações radicais.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 ESPECIFICAÇÃO DO ELEMENTO DE ANÁLISE

A Figura 3.1 representa o elemento de estudo e ilustra as fontes e os principais tipos de resíduos gerados em uma residência, são eles: resíduos sólidos, líquidos, gasosos e combinados. O processo de transformação que ocorre em uma residência tem como elementos de entrada a matéria prima (alimentos), insumos, complementos, implementos (predominando a água), e os produtos que resultam dessa transformação são os alimentos para as principais refeições.



**Figura 3.1** Representação dos principais resíduos gerados em uma residência, enfocando o elemento de análise – resíduos líquidos provenientes da pia da cozinha.

No presente trabalho, para a proposição da tecnologia alternativa considerou-se como elemento de análise o efluente proveniente da pia da

cozinha, por se tratar de um efluente com características diferenciadas das demais descargas residenciais. Para o caso da proposição do novo modelo de gestão considerou-se todas as fontes de geração de efluentes domésticos.

A metodologia contemplou a execução de oito etapas:

- **Etapa 1:** Caracterização da fonte geradora de efluentes domésticos;
- **Etapa 2:** Caracterização qualitativa e quantitativa dos métodos de coleta, transporte e tratamento convencional de efluentes domésticos;
- **Etapa 3:** Explicitação das vantagens, das desvantagens e dos pontos críticos dos métodos, processos e da tecnologia convencional praticada na atualidade;
- **Etapa 4:** Identificação do potencial de geração de efluentes da atividade doméstica;
- **Etapa 5:** Caracterização do efluente da pia da cozinha;
- **Etapa 6:** Proposição de método diferenciado de coleta, transporte, tratamento e destino final dos efluentes da atividade doméstica;
- **Etapa 7:** Desenvolvimento e proposição de tecnologia diferenciada para o tratamento de efluentes da atividade doméstica.
- **Etapa 8:** Testes preliminares para avaliação da viabilidade de implementação da metodologia e tecnologia alternativa para coleta, transporte e tratamento alternativo de efluentes domésticos.

### 3.2. CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DA FONTE GERADORA DE EFLUENTES DOMÉSTICOS

Para o estudo de caso, definiu-se inicialmente como padrão de fonte geradora de efluentes domésticos, uma residência unifamiliar, com 5 moradores.

Embora a última pesquisa realizada pelo IBGE (2009) demonstre que o número médio de moradores em uma residência seja de 3,4 moradores, optou-se por realizar o estudo de caso em uma residência localizada no Município de Medianeira-PR, com cinco moradores, cujos membros concordaram em auxiliar

na pesquisa. Optou-se por realizar a pesquisa com este número de moradores, devido à possibilidade de monitoramento das atividades de higiene e alimentação, e também pela possibilidade de se obter um maior número de informações a respeito das atividades e hábitos que influenciam na geração de efluentes, correspondente às atividades de higiene e alimentação.

Com os dados obtidos por meio do monitoramento das principais fontes de geração de efluentes na residência, foi possível realizar comparações com dados para famílias de classe baixa, média e alta, disponíveis na literatura.

### 3.3. CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DOS MÉTODOS DE COLETA, TRANSPORTE E TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS

A metodologia utilizada para a realização desta etapa contou com pesquisas em sites de companhias de saneamento (SANEPAR, SABESP e SANEAGO) e pesquisas em diversos artigos científicos e literaturas, a respeito dos principais métodos e tecnologias utilizadas para o gerenciamento do esgoto doméstico, tanto no Brasil como em outros países.

### 3.4. EXPLICITAÇÃO DAS VANTAGENS, DESVANTAGENS E PONTOS CRÍTICOS DOS MÉTODOS, PROCESSOS E DA TECNOLOGIA CONVENCIONAL PRATICADA NA ATUALIDADE

Para a realização desta etapa, foram realizadas diversas pesquisas sobre a oferta de esgotamento sanitário à população brasileira e os principais métodos utilizados para coleta, transporte e tratamento do esgoto doméstico.

Através destas pesquisas realizou-se um diagnóstico tanto sobre a situação do esgotamento na região Sul do Brasil (onde se inclui o estado do Paraná). Também foi feito um levantamento sobre os principais métodos utilizados para a destinação final e em quais regiões é feito o tratamento do esgoto doméstico (e os tipos de tratamento), para posterior análise das suas vantagens, desvantagens e dos seus pontos críticos.

### 3.5. IDENTIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE EFLUENTES DA PIA DA COZINHA

A identificação do potencial de consumo de água e conseqüente geração de efluentes da pia da cozinha baseou-se no monitoramento de atividades antes, durante e após o preparo das refeições (limpeza dos alimentos e utensílios em geral) dos moradores da residência padrão escolhida (estudo de caso). Durante estas atividades, foram monitoradas variáveis como: vazão de água, contribuições de resíduos sólidos, freqüência e tempo de uso da torneira da pia da cozinha.

Para a determinação da vazão da torneira da pia da cozinha, foi monitorado o tempo decorrido para encher um recipiente com capacidade de 1 L de água. Desta forma, pode-se obter a vazão em litros por segundo (L/s). As contribuições dos sólidos foram determinadas através da pesagem dos alimentos que restavam nos pratos após as refeições. Já a freqüência e tempo de uso foi monitorado através de formulários, os quais eram preenchidos após o uso da pia da cozinha.

Além da identificação do potencial de consumo de água e geração de efluente da pia da cozinha, foram realizados os monitoramentos da vazão de água, freqüência e tempo de uso do lavatório do banheiro, do tanque de roupas e também do chuveiro. Estes monitoramentos foram realizados de forma similar ao da torneira da pia da cozinha. Aparelhos nos quais não é possível realizar este monitoramento, como por exemplo, a bacia sanitária, as máquinas de lavar louça e roupa, e a banheira, tiveram seus potenciais de consumo de água e geração de efluentes obtidos por meio da freqüência de uso e dados técnicos fornecidos pelos fabricantes destes eletrodomésticos. Para determinar o potencial de geração de efluentes destes eletrodomésticos considerou-se o monitoramento dos tipos e quantidades de insumos utilizados (no caso da pia da cozinha) e os volumes de efluente complementados com balanços de massa totais e parciais.

Os dados coletados serviram para a criação de um banco de dados, que possibilitou o cálculo do potencial de consumo de água por morador, assim como o volume de efluente gerado nas diversas atividades domésticas.

### 3.6. CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DA PIA DA COZINHA

A etapa de caracterização do efluente da pia da cozinha foi realizada com base em dois procedimentos: I) caracterização por meio de balanços de massa totais e parciais considerando os materiais que foram utilizados em cada processo e características da operação realizada. O resultado foi a qualificação e quantificação diferenciada do efluente da pia e; II) amostragem de efluentes em diversas situações (efluentes em que as refeições eram mais gordurosas, refeições em dias festivos, etc.), seguida de análises laboratoriais.

#### 3.6.1. Caracterização qualitativa e quantitativa do efluente da pia da cozinha por meio dos balanços de massa

A etapa de caracterização qualitativa do efluente com base dos balanços de massa totais e parciais contou com a elaboração de um questionário, o qual foi aplicado junto aos moradores da casa. Entre as questões pesquisadas, foram considerados o tipo e quantidade de alimentos e líquidos consumidos nas refeições e a periodicidade/variabilidade do consumo. Para determinar as quantidades de resíduos após as refeições, os alimentos que sobravam nas louças e panelas foram pesados separadamente e a quantidade de líquido medido separadamente.

Antes do preparo das refeições, foram realizados monitoramentos da quantidade de água utilizada, o qual constou de medição em provetas da quantidade de água que era adicionada. O estabelecimento da quantidade de água utilizada no preparo das refeições através deste monitoramento, e a correspondente quantidade de água utilizada no processo de lavagem da louça, após as refeições, bem como as contribuições sólidas (restos de alimentos) e produtos utilizados possibilitaram o cálculo da quantidade de líquido proveniente do preparo e sobra das refeições, quantidade de água utilizada para a lavagem da louça e o efluente total gerado.

Assim, utilizando os dados quali-quantitativos complementado com balanços de massa (totais e parciais) obteve-se as quantidades de efluentes descartados na pia da cozinha.

### 3.6.2. Caracterização do efluente a partir dos parâmetros físico-químicos

Para a realização da caracterização físico-química do efluente da pia da cozinha foram coletadas no final da tubulação que encaminha o efluente da pia da cozinha para a caixa de gordura (antes da entrada nesta), amostras de 5 dias diferentes, após as refeições do café da manhã, almoço e janta, totalizando 15 amostras.

Os dias de coleta foram escolhidos criteriosamente, de forma a atender as características da fonte de geração de efluentes, ou seja, fornecer diferentes contribuições de efluente da pia da cozinha, como por exemplo: efluentes de refeições mais gordurosas, de refeições mais leves, com maior contribuição de leites e derivados, etc.

Com o propósito de obter dados que possibilitassem uma comparação com dados fornecidos em literatura, após a coleta, as amostras do efluente da pia da cozinha foram encaminhadas para o laboratório do GERPEL da Unioeste de Toledo/PR. Neste laboratório foram realizadas algumas análises físico-químicas como: DBO<sub>5</sub>, DQO, Nitrito, Nitrato e Nitrogênio Kjhedal.

As demais análises físico-químicas como pH, turbidez, dureza, condutividade, cálcio, magnésio, fósforo total, ortofosfato, ST, SD, SS, óleos e gorduras foram realizadas no Laboratório de Controle de Poluição da Unioeste de Toledo/PR. Todas as amostras foram acondicionadas e analisadas conforme os padrões do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA *et al.*, 1995).

### 3.7. PROPOSIÇÃO DE MÉTODO DIFERENCIADO DE COLETA, TRANSPORTE, TRATAMENTO E DESTINO FINAL DOS EFLUENTES DA ATIVIDADE DOMÉSTICA

Após caracterização qualitativa e quantitativa da fonte geradora de efluentes domésticos, dos métodos de coleta, transporte e tratamento convencional de efluentes domésticos, explicitação das vantagens, das desvantagens e dos pontos críticos dos métodos, processos e da tecnologia convencional praticada na atualidade, bem como após a identificação do potencial de geração de efluentes da atividade doméstica e caracterização do mesmo foi possível identificar oportunidades de melhoria nos métodos convencionais de gestão de efluentes domésticos.

O resultado apresentado no formato de fluxograma sugere um método alternativo para a coleta, transporte, tratamento e processamento dos efluentes domésticos, cuja característica principal é a separação seletiva na fonte, transporte individual e tratamento diferenciado (proposta de novo modelo de gestão dos resíduos líquidos domésticos).

### 3.8. DESENVOLVIMENTO E PROPOSIÇÃO DE TECNOLOGIA DIFERENCIADA PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES DA PIA DA COZINHA

Para desenvolver/propor uma tecnologia diferenciada para o tratamento do efluente da pia da cozinha foi realizada uma análise preliminar, que consistiu na avaliação das tecnologias convencionais, disponíveis no mercado (caixas de gordura). Desta forma, foi feito um projeto e instalação de um módulo experimental contendo 3 caixas de gordura de marcas diferentes (Cipla, Tigre e Durin) para realização dos experimentos para análise da eficiência das caixas de gordura disponíveis no mercado.

Para a construção do módulo experimental, foi feito um levantamento dos materiais necessários e na seqüência procedeu-se a montagem do mesmo. Entre os principais componentes tem-se: a pia de alumínio; caixas de gordura de três marcas diferentes; canos de PVC (50 mm e 100 mm); sifão; joelhos de PVC;

cruzeta de PVC; válvulas de abertura para os canos de PVC e tubos quadrados de ferro.

Na parte experimental considerou-se, numa fase preliminar a análise da eficiência das caixas de gordura comerciais. Em geral foram avaliadas a capacidade de retenção do óleo de cozinha, a capacidade de retenção de partículas sólidas, a capacidade de tratamento de um efluente com características similares ao produzido em uma residência e a capacidade de retenção das caixas de gordura quando submetidas a entrada de água.

### 3.8.1. Avaliação da capacidade de retenção do óleo de cozinha

Para a realização deste experimento, foram preparados três efluentes contendo 20 L de água e 1 L de óleo de cozinha cada um, de forma que cada caixa de gordura pudesse receber um efluente.

Antes de o primeiro efluente ser despejado na pia do módulo experimental, foram fechadas as válvulas de abertura do encanamento da caixa de gordura da marca Tigre e Durin, assim, somente a caixa de gordura da marca Cipla recebeu o efluente.

O efluente que saiu da caixa de gordura foi coletado em um balde de plástico, sendo logo na sequência, coletada uma amostra de 1000 mL em uma proveta. Esta amostra de efluente permaneceu em repouso pelo período de 1 hora para que todo o óleo presente no efluente pudesse flutuar para a medição da quantidade de óleo presente no mesmo.

Para as duas outras caixas, de marca Tigre e Durin foi realizado o mesmo procedimento e, após foi determinada a eficiência de retenção de óleo de cada uma delas.

### 3.8.2. Avaliação da capacidade de retenção de partículas sólidas

Para este experimento, foi utilizado em cada caixa de gordura um efluente contendo 150 g de arroz cozido misturado em 20 L de água cada.

A primeira caixa de gordura a receber o efluente foi da marca Cipla, sendo que as válvulas das duas outras caixas foram mantidas fechadas. O efluente desta caixa foi coletado num balde de plástico, previamente higienizado.

Novamente, coletou-se a amostra em uma proveta de 1000 mL para medição da quantidade de partículas de arroz que saíram com o efluente da caixa de gordura e por diferença a quantidade de arroz que ficou retido na caixa de gordura.

### 3.8.3. Avaliação da capacidade de tratamento de um efluente com características similares ao produzido em uma residência

O experimento III contou com o despejo de um efluente previamente preparado contendo características similares ao produzido após uma refeição em uma residência, neste caso, do almoço.

Optou-se por reproduzir o efluente do almoço, por este conter uma maior contribuição de alimentos, e pelo fato destes terem uma característica mais gordurosa, quando comparados aos alimentos consumidos no café da manhã e na janta. Para isto, foram utilizados os dados coletados neste estudo durante a etapa de caracterização qualitativa e quantitativa do efluente da pia da cozinha, de forma a se obter a mesma quantidade e o mesmo tipo de alimento que normalmente é encontrado em um efluente desta refeição.

Deste modo, após o preparo do efluente, foram realizados os mesmos procedimentos da etapa I e II nas três caixas de gordura e coletou-se uma amostra de 1000 mL do efluente que saiu das caixas de gordura.

#### 3.8.4. Avaliação da capacidade de retenção das caixas de gordura quando submetidos a entrada de água

O último experimento teve como objetivo analisar a capacidade de retenção das caixas de gordura após a passagem dos efluentes anteriores, neste caso pela alimentação de água. Assim o efluente contido dentro de cada uma delas permaneceu parado durante um dia após o término das experiências I, II e III e só então, recebeu um novo despejo, contendo apenas água (20 L).

Da mesma forma foram coletadas as mesmas quantidades de amostras (1000 mL), as quais permaneceram em repouso pelo período de 1 hora e só após determinou-se a quantidade de sólidos e de gordura que permaneceu na caixa de gordura.

Após a avaliação das tecnologias convencionais disponíveis no mercado, passou-se para a fase de proposição do novo modelo de caixa de gordura, a qual foi realizada por meio de pesquisas de anterioridade e avaliação de patentes com tecnologia similar à proposta no presente estudo.

Diversas pesquisas foram realizadas em bases como: Derwent, Esp@cenet, USPTO, Epoline, JPO, CIPO, Free Patents Online, INPI. As patentes encontradas foram analisadas minuciosamente e o resultado foi a identificação de novos elementos, arranjos e componentes que poderiam propiciar melhoria funcional às tecnologias tradicionais.

Na seqüência, esses elementos, componentes e arranjos diferenciados serviram de base para o projeto da tecnologia melhorada denominada de “Caixa de tratamento de efluentes da pia da cozinha com separação simultânea de gorduras e de sólidos sedimentáveis – Modelo UNIOESTE”.

Após a finalização do projeto, procedeu-se a construção do protótipo. Para tanto, foram utilizados diversos materiais, como: chapa galvanizada, acessórios de PVC (tubos, cantoneiras, luvas e flanges) e outros materiais/componentes não menos importantes.

### 3.9. AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA E TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA COLETA, TRANSPORTE E TRATAMENTO ALTERNATIVO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS

Após a montagem do protótipo “Caixa para tratamento de efluentes da pia da cozinha com separação simultânea de gorduras e sólidos sedimentáveis – Modelo UNIOESTE” passou-se para a fase de avaliação da eficiência da tecnologia proposta.

Num primeiro momento foram avaliadas as características físicas de cada um dos componentes presentes no efluente da pia da cozinha. Assim, foram avaliadas as densidades, solubilidades, cinéticas de decantação e flotação para os componentes com menor e maior densidade na água e os correspondentes tempos de residência. Os resultados serviram para avaliar se a nova tecnologia poderá atender a esses requisitos.

Após a determinação das características físicas dos componentes presentes no efluente proveniente da pia da cozinha, foi então realizado os correspondentes experimentos visando avaliar a eficiência da nova tecnologia. Para tanto, realizou-se dois planejamentos experimentais, sendo um para análise da eficiência da coleta de óleo pela canaleta, e o outro para análise da eficiência no tratamento de efluentes contendo sólidos particulados.

Os fatores avaliados foram: a concentração de óleo ( $C_{máx}$ ,  $C_{méd}$ ,  $C_{mín}$ ), a concentração de sólidos particulados ( $C_{máx}$ ,  $C_{méd}$ ,  $C_{mín}$ ) e a vazão de entrada do efluente na caixa de gordura ( $Q_{máx}$ ,  $Q_{méd}$ ,  $Q_{mín}$ ), cujos valores encontram-se na tabela abaixo:

**Tabela 3.1** Valores das concentrações utilizadas no planejamento experimental.

Constantes	Variantes	Concentração
Óleo	$C_{máx}$	18L
	$C_{méd}$	9L
	$C_{mín}$	1L
Sólidos Particulados	$C_{máx}$	1Kg
	$C_{méd}$	0,5Kg
	$C_{mín}$	0,25Kg
Vazão do efluente	$Q_{máx}$	0,3L/s
	$Q_{méd}$	0,1L/s
	$Q_{mín}$	0,04L/s

No primeiro planejamento experimental variaram-se diferentes concentrações de óleo em diferentes vazões de entrada do efluente na caixa de gordura. Os testes foram realizados em triplicata e encontram-se na Tabela 3.2.

**Tabela 3.2** Experimentos realizados no planejamento experimental para análise da eficiência da canaleta.

ENSAIOS	VARIÁVEIS EM NÍVEIS CODIFICADOS		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	
1	-	0	
2	-	0	
3	-	0	
4	0	0	
5	0	0	
6	0	0	
7	+	0	
8	+	0	
9	+	0	
10	0	-	
11	0	-	
12	0	-	
13	0	+	
14	0	+	
15	0	+	
Fatores	Níveis reais		
	+1	0	-1
X <sub>1</sub> – Concentração de óleo	1L	9L	18L
X <sub>2</sub> – Vazão do efluente	0,04 L/s	0,1 L/s	0,3 L/s

Já no segundo planejamento experimental, variaram-se diferentes concentrações de sólidos, em diferentes vazões de entrada do efluente na caixa de gordura. Todos os experimentos foram realizados em triplicata, conforme pode ser observado na Tabela 3.3.

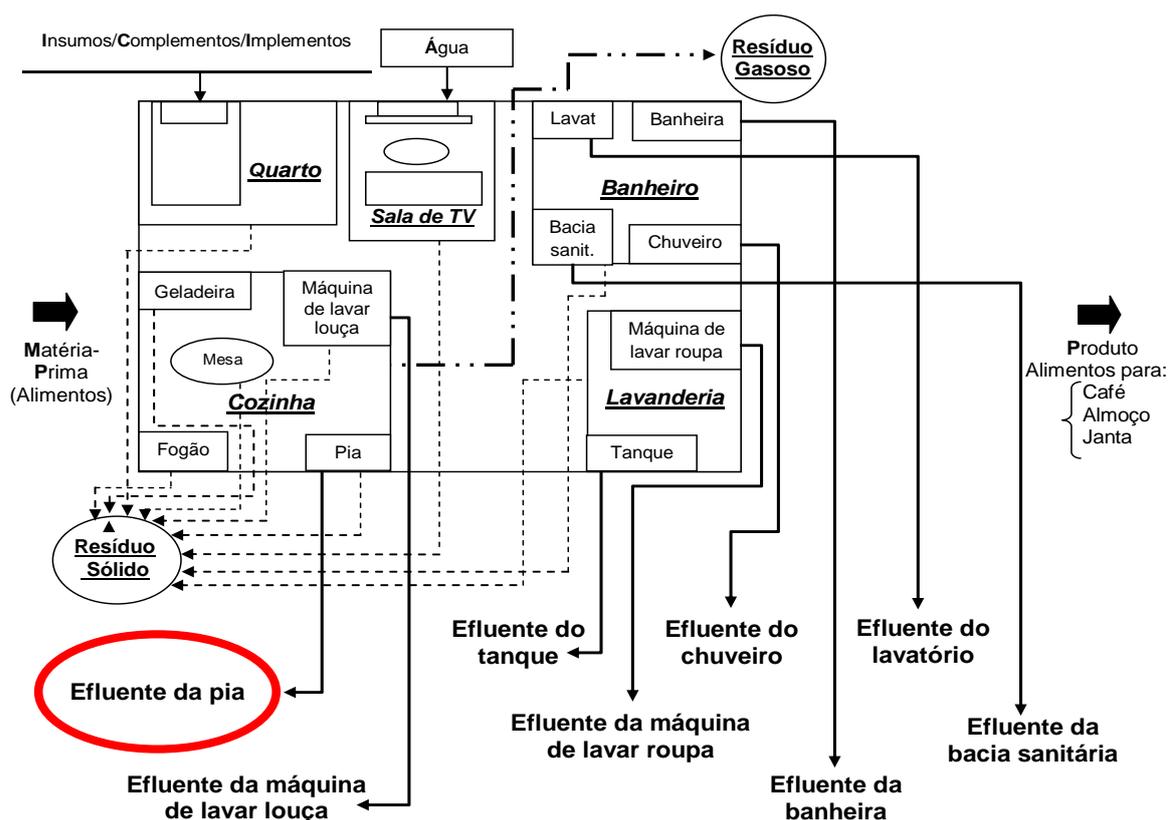
**Tabela 3.3** Experimentos realizados no planejamento experimental para análise da eficiência com efluente contendo sólidos particulados.

ENSAIOS	VARIÁVEIS EM NÍVEIS CODIFICADOS		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	
1	-	0	
2	-	0	
3	-	0	
4	0	0	
5	0	0	
6	0	0	
7	+	0	
8	+	0	
9	+	0	
10	0	-	
11	0	-	
12	0	-	
13	0	+	
14	0	+	
15	0	+	
Fatores	Níveis reais		
	+1	0	-1
X <sub>1</sub> – Concentração de sólidos	0,1 kg	0,5 kg	1 kg
X <sub>2</sub> – Vazão do efluente	0,04 L/s	0,1 L/s	0,3 L/s

## 4 RESULTADOS

### 4.1. CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DA FONTE GERADORA DE EFLUENTES DOMÉSTICOS

O monitoramento e caracterização das fontes de geração de efluentes domésticos (da pia da cozinha, da máquina de lavar louça, do tanque e da máquina de lavar roupas, do chuveiro, da banheira, do lavatório e da bacia sanitária) resultou num fluxograma (Figura 4.1) que detalha todos os componentes/elementos constitutivos, explicitando a relação entre materiais de entrada (alimentos e água), produtos e os diversos tipos de resíduos.



**Figura 4.1** Fluxograma que detalha as fontes de geração de efluentes domésticos e suas características qualitativas.

Por meio do monitoramento dos processos de transformação (envolvendo a entrada de alimentos, água, insumos, complementos, implementos) que ocorrem nas residências, foi possível determinar a geração de diversos tipos de resíduos, dentre eles: os resíduos gasosos, sólidos e líquidos.

Os resíduos gasosos são gerados basicamente pela combustão do gás de cozinha (GLP), e os resíduos sólidos são provenientes do consumo de alimentos nas refeições (embalagens, restos de alimentos no preparo e após o preparo).

Dentre todas as possíveis fontes de geração de efluentes, optou-se por estudar apenas o efluente proveniente da pia da cozinha, e como resultado do monitoramento realizado, pode-se perceber que este efluente possui características bem diferentes das encontradas nos demais efluentes, como: óleos, gorduras e partículas de alimentos.

#### 4.2. CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DOS MÉTODOS DE COLETA, TRANSPORTE E TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS

No esquema da Figura 4.2 apresentam-se resultados da caracterização qualitativa e quantitativa dos métodos de coleta, transporte e tratamento de efluentes domésticos. Conforme pode ser observado nessa figura, são considerados métodos individuais e coletivos de coleta, transporte, tratamento e destinação do esgoto doméstico.

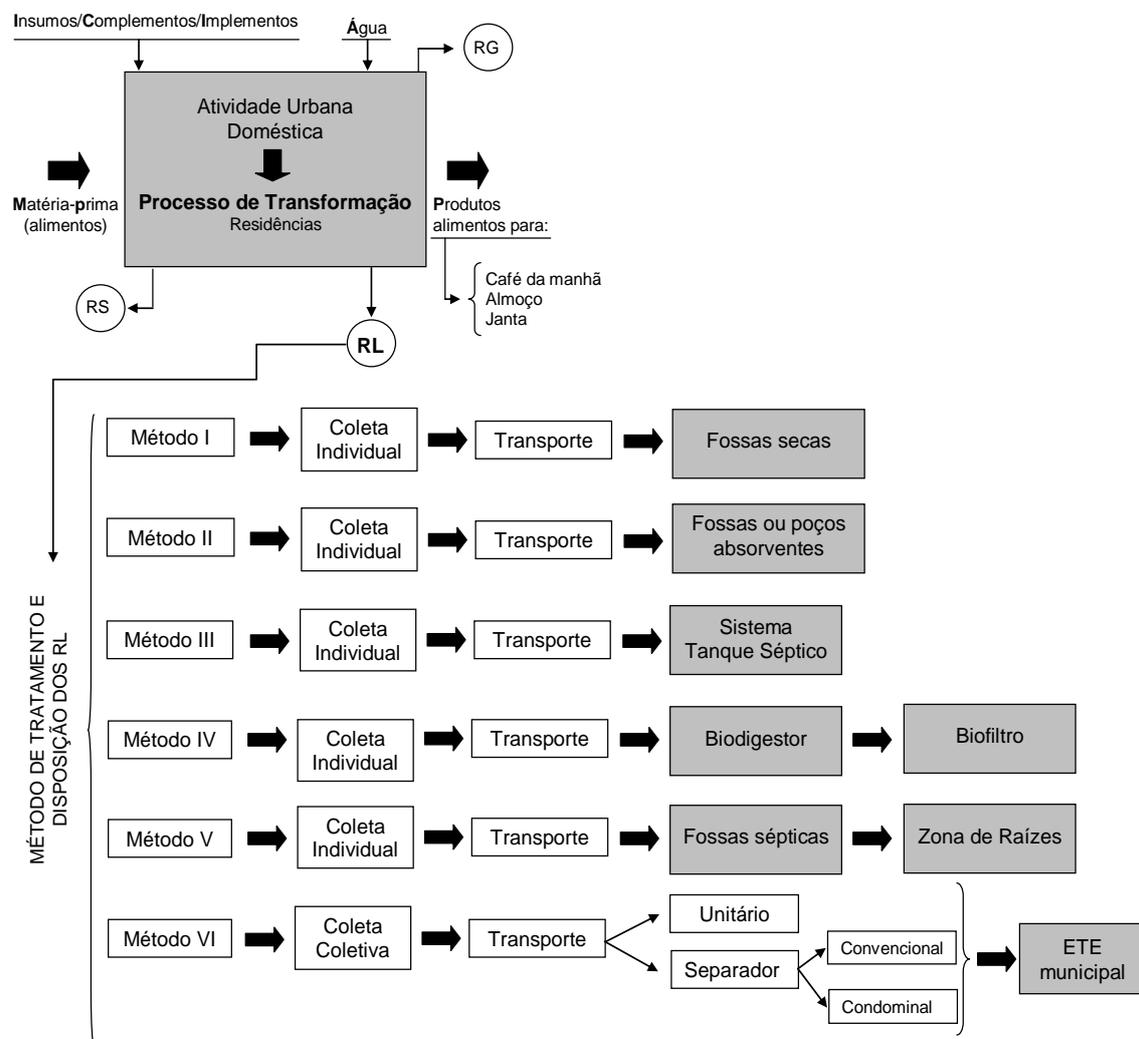
O primeiro método trata de um método individual de gestão do esgoto, criado essencialmente para encaminhamento de excretas. Este modelo é considerado o mais rudimentar de todos, pois nele as excretas são lançadas diretamente em um buraco (fossa) escavada no solo. Neste tipo de método, existem problemas quanto à contaminação do lençol freático com o passar do tempo, a proliferação de insetos e o mau cheiro.

O segundo método tem como destinação do esgoto doméstico as fossas ou poços absorventes. Este método é mais utilizado em casas onde o terreno/solo é permeável. O sistema de tanque séptico é o terceiro método apresentado, o qual consiste de uma série de equipamentos com a função de tratamento do esgoto doméstico na residência. Neste sistema, as diferentes contribuições de

esgoto doméstico são encaminhadas para um único ponto de coleta, e é composto por caixa de gordura, caixa de inspeção, fossa séptica e sumidouro.

Novos modelos de coleta, transporte, tratamento e destinação final do esgoto doméstico em sistemas individuais também são apresentados (método IV e V), onde utilizam-se biodigestores e zonas de raízes para um tratamento mais eficiente do esgoto que é coletado na residência.

Já o sexto modelo, trata dos sistemas coletivos. Nestes sistemas, são coletados os esgotos de uma comunidade/cidade, sendo posteriormente encaminhados para um sistema unitário de tratamento. Estes sistemas têm principal problema não conseguir atender à toda a população.



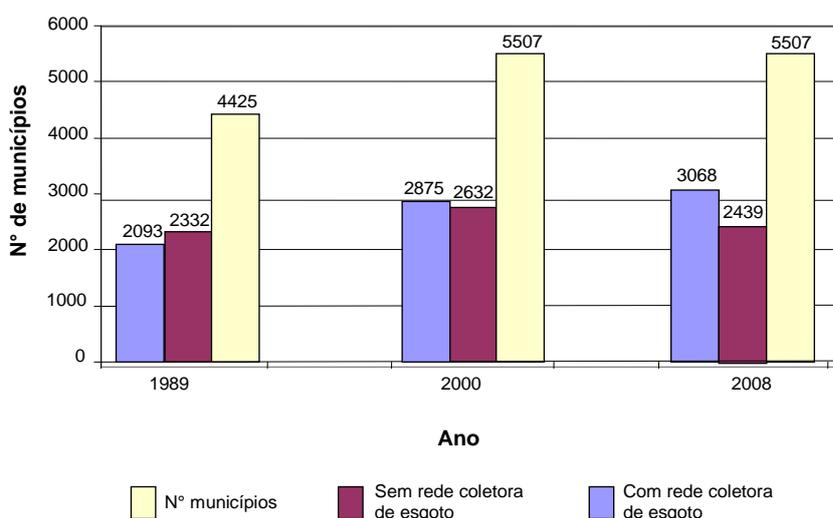
**Figura 4.2** Representação esquemática do contexto de geração até a disposição final de resíduos líquidos domésticos.

### 4.3. EXPLICITAÇÃO DAS VANTAGENS, DESVANTAGENS E PONTO CRÍTICOS DOS MÉTODOS, PROCESSOS E TECNOLOGIA CONVENCIONAL PRATICADA NA ATUALIDADE

Baseado nos resultados das pesquisas realizadas e em dados divulgados pelo IBGE (2000, 2008) sobre o esgotamento sanitário, percebe-se que no ano de 1989, dos 4425 municípios, apenas 2093 (47%) possuíam rede coletora de esgoto.

No ano de 2000, além do aumento no número de municípios brasileiros, houve aumento na oferta deste serviço (52% dos municípios possuíam rede coletora de esgoto). No ano de 2008, dos 5507 municípios, 3068 já contavam com o serviço, o equivalente a 56% dos municípios sendo atendidos pelo serviço, conforme pode ser observado no gráfico da Figura 4.3.

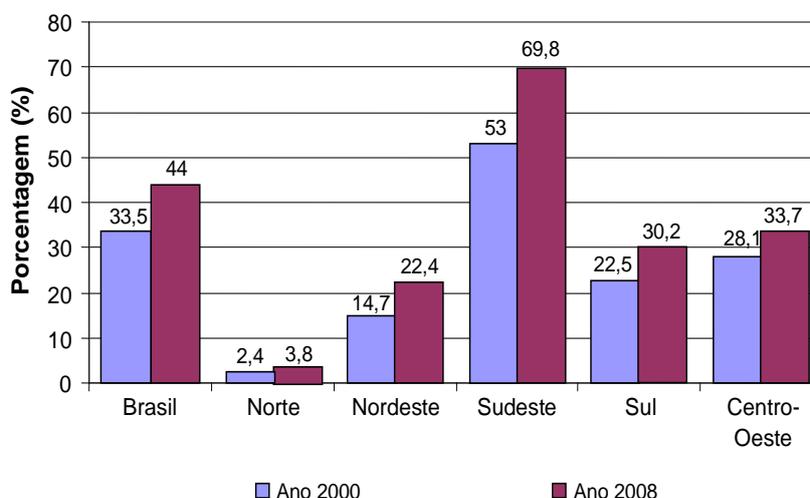
Esta porcentagem de municípios atendidos não significa dizer que, os municípios que não recebiam este serviço passaram a recebê-lo com o tempo. O que pode ter acontecido, é que os municípios que surgiram neste período estejam sendo atendido pelo serviço, e os municípios mais antigos ainda estivessem sofrendo com a falta dele.



**Figura 4.3** Oferta de esgotamento sanitário no Brasil nos anos de 1989 a 2008. Fonte: Adaptado de IBGE (2000) e IBGE (2008).

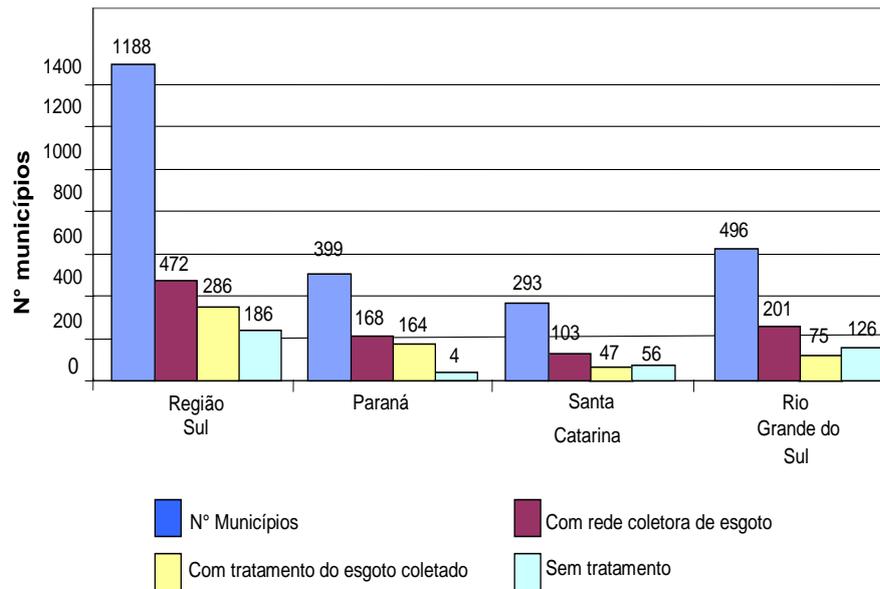
No gráfico da Figura 4.4, para o período de 2000 e 2008 é apresentada uma comparação entre as regiões do Brasil e a situação dos domicílios em relação ao acesso à rede de esgotamento sanitário. Nesse gráfico, pode-se perceber que as regiões Norte e Nordeste foram as mais prejudicadas, com apenas 3,8% dos domicílios atendidos na região Norte e 22,4% na região Nordeste no ano de 2008. Já regiões onde a economia e o desenvolvimento são mais favorecidos, a exemplo da região Sudeste, estes serviços atendem 69,8% dos domicílios.

Ao analisarmos o mesmo gráfico, pode-se perceber que é discrepante a diferença da oferta deste serviço para os domicílios das regiões norte-nordeste, em comparação às regiões sul, sudeste e centro-oeste. Até o ano de 2008, a pesquisa constatou que o estado do Paraná encontra-se entre os estados da região Sul com maior número de municípios atendidos por rede coletora de esgoto (168 municípios do total de 399 municípios eram atendidos).



**Figura 4.4** Percentual de domicílios com acesso à rede de esgotamento sanitário segundo as Grandes Regiões do Brasil - 2000/2008.  
Fonte: Adaptado de IBGE (2008).

Dos municípios paranaenses que já eram atendidos, 98% tinham o seu esgoto tratado, o que não ocorre nos demais estados da região, conforme pode ser observado no gráfico da Figura 4.5.

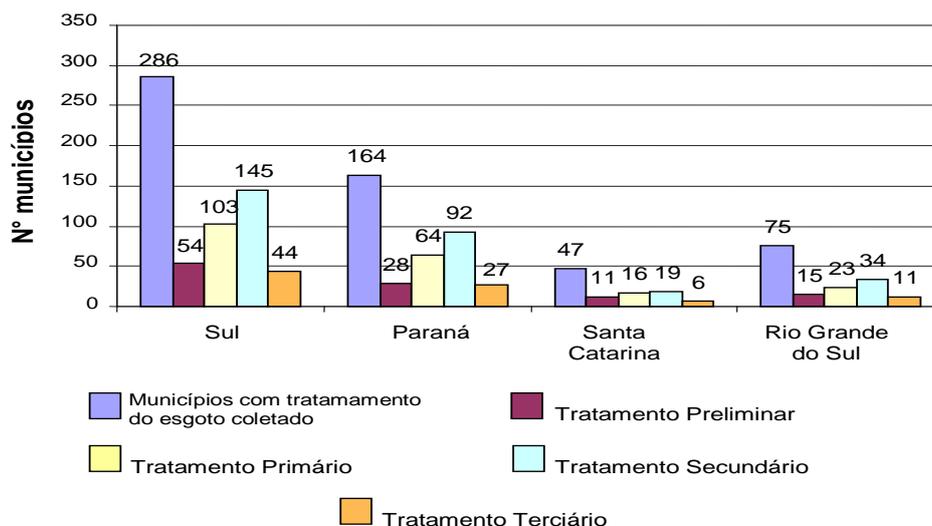


**Figura 4.5** Total de municípios da região Sul do Brasil com ou sem rede coletora de esgotos e com tratamento do esgoto coletado.

Fonte: Adaptado de IBGE (2008).

Em relação ao tipo de tratamento do esgoto doméstico, pode-se perceber que os estados da região Sul realizam quatro tipos de tratamento (Figura 4.6), o que não significa dizer que todos os tratamentos estejam sendo realizados em conjunto. Os tipos de tratamento em questão são:

- Preliminar: Remoção dos sólidos grosseiros;
- Primário: Remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis, óleos e graxas e também parte da matéria orgânica em suspensão;
- Secundário: Remoção de matéria orgânica dissolvida e da matéria orgânica em suspensão não removida no tratamento primário;
- Terciário: Desinfecção do efluente, ou seja, remoção de poluentes.



**Figura 4.6** Tipos de tratamento realizados nos municípios com rede coletora.  
Fonte: Adaptado de IBGE (2008).

Assim, com base nos resultados apresentados nas tabelas, constata-se que a oferta do serviço de esgotamento sanitário para a população brasileira é ainda muito escassa, apresentando um pequeno crescimento de 10% entre os anos de 1989 a 2008.

Desta forma constata-se a fragilidade do sistema, no qual os moradores de localidades onde é remota a possibilidade de se instalar sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgoto (como por exemplo, as áreas rurais) esses moradores tenham que utilizar-se de outros meios para dar uma destinação ao esgoto, sendo que na maioria dos casos, tem-se como principais receptores do esgoto, os rios e córregos, o que conseqüentemente acaba comprometendo sua qualidade.

De um modo geral os sistemas convencionais de tratamento dos esgotos possuem vantagens significativas, pois além de minimizar os impactos ambientais contribuem para a criação de ambientes salubres. A evolução dessas tecnologias demonstrou que houve melhorias, porém ainda são alvos de questionamentos técnicos por não atenderem aos parâmetros exigidos por lei.

#### 4.4. IDENTIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE EFLUENTES DA ATIVIDADE DOMÉSTICA

O monitoramento das atividades domésticas possibilitou a identificação do potencial de geração de efluentes da atividade doméstica cujo consumo médio de água em uma residência unifamiliar com cinco pessoas é de 18 a 20 m<sup>3</sup>/mês. Este consumo está dividido entre as diversas atividades de limpeza e higiene dos moradores, como a pia da cozinha (3 m<sup>3</sup>/mês), máquina de lavar louça (0,56 m<sup>3</sup>/mês), tanque de lavar roupa (2,52 m<sup>3</sup>/mês), máquina de lavar roupa (1,74 m<sup>3</sup>/mês), chuveiro (6,3 m<sup>3</sup>/mês), efluente da banheira (1,71 m<sup>3</sup>/mês), efluente do lavatório (1,13 m<sup>3</sup>/mês) e da bacia sanitária (3,6 m<sup>3</sup>/mês).

Durante o monitoramento, pôde-se observar que cada habitante utiliza em média o chuveiro uma vez ao dia, durante um período de 10 minutos. Levando em consideração a vazão medida de 0,07 L/s, este consumirá 42 L de água por banho, totalizando ao final do mês a geração de 1,26 m<sup>3</sup>/mês de efluente por morador. Já a bacia sanitária é acionada em média 4 vezes ao dia por morador, com um consumo de 6 litros de água a cada acionamento (dado fornecido pelo fabricante). Assim, ao final do mês, cada morador estará gerando 0,72 m<sup>3</sup>/mês de efluente.

Outros usos de água na residência como o lavatório, o tanque e a máquina de lavar roupa também exercem a sua influência no aumento de geração de efluentes: o lavatório do banheiro é utilizado em média 5 vezes ao dia por morador para hábitos higiênicos como a escovação dos dentes e lavagem do rosto e mãos, gerando um efluente diário de 7,5 L/habitante.

A máquina de lavar roupa possui uma capacidade de lavagem de 9 kg de roupas, e a cada ciclo, utiliza em média 145 L de água (informação dada pelo fabricante). Ela é utilizada numa freqüência de 3 vezes na semana, para a lavagem da roupa de todos os moradores da casa, tendo um consumo de 1,74 m<sup>3</sup>/mês. Já o tanque de lavar roupa é utilizado para a lavagem de peças pequenas de roupas que não podem ser lavadas na máquina, como por exemplo, peças íntimas e meias. Seu consumo diário chega a 25 L de água, gerando ao final do mês 0,5 m<sup>3</sup> de efluente por habitante.

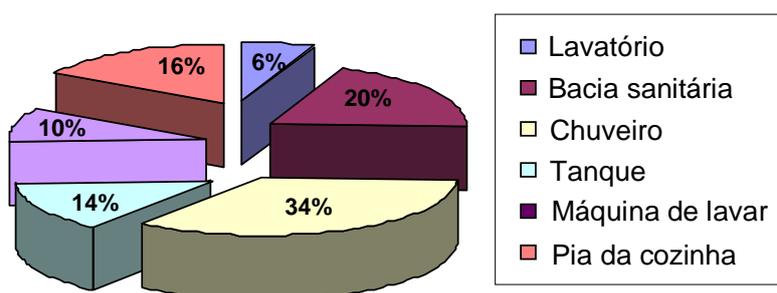
Em relação ao objeto de estudo (pia da cozinha), demonstrou-se que esta é utilizada diversas vezes durante o dia, sendo que ao final deste, o consumo de água pelos 5 moradores pode chegar a 100 L, conforme pode ser observado na Tabela 4.1, que também traz o resultado do monitoramento dos outros equipamentos geradores de efluente doméstico:

**Tabela 4.1** Monitoramento das atividades, do consumo de água e da geração de efluentes em uma residência.

Tipo de aparelho	Por habitante da casa								Família com 5 pessoas
	Vazão do aparelho (L/s)	Duração de uso (s)	Consumo (L)	Frequência de uso/dia	Consumo (L/dia)	Consumo (L/semana)	Usos por mês	Consumo total (m <sup>3</sup> /mês)	Consumo total (m <sup>3</sup> /mês)
Lavatório	0,05	30	1,5	5	7,5	52,5	30	0,225	1,13
*Bacia sanitária	-	-	6	4	24	168	30	0,72	3,6
Chuveiro	0,07	600	42	1	42	294	30	1,26	6,3
Tanque	0,07	360	25,2	1	25,2	126	20	0,504	2,52
*Máquina de lavar	-	-	145	1	145	435	12	1,74	1,74
Pia da cozinha	0,1	-	-	-	20	140	30	0,6	3
<b>TOTAL</b>									<b>18,29</b>

\* Dados fornecidos pelo fabricante

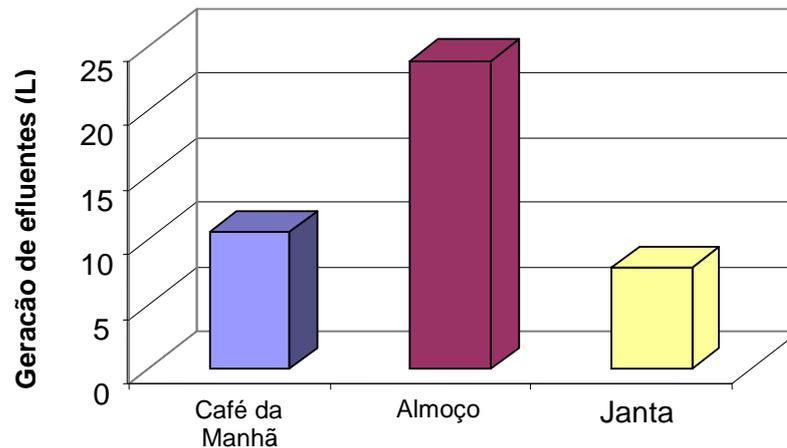
Por meio do monitoramento do consumo de água e geração de efluentes da residência, pode-se constatar que as maiores contribuições de efluentes são provenientes do chuveiro, seguido pelos efluentes provenientes da bacia sanitária e da pia da cozinha, conforme ilustrado no gráfico da Figura 4.7:



**Figura 4.7** Efluentes gerados em uma residência e a sua representatividade.

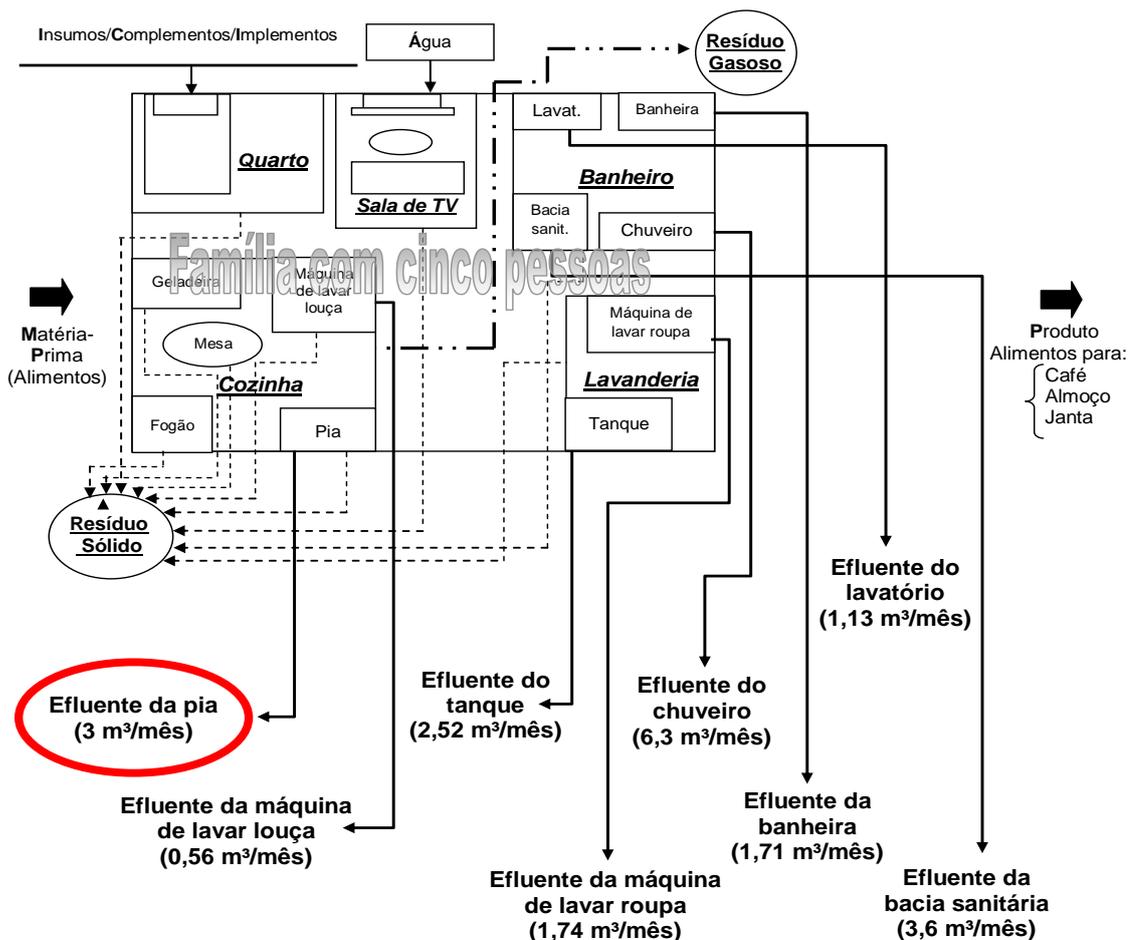
O gráfico da Figura 4.8 traz os dados de referência com relação à caracterização quantitativa da geração de efluente após cada uma das refeições

da família, onde constatou-se que o horário de maior geração de efluente da pia da cozinha foi o horário de almoço, visto que a quantidade de louças e panelas sujas é muito maior que as demais refeições, e a quantidade de água requerida para a limpeza é muito maior.



**Figura 4.8** Média de geração de efluente nas refeições: café da manhã, almoço e janta (dados para cinco pessoas).

A partir dos resultados obtidos, desenvolveu-se uma correlação (esquema do processo de transformação da atividade doméstica com dados qualitativos e quantitativos) que possibilita o cálculo do potencial de geração de resíduos líquidos para uma família com cinco pessoas, conforme apresentado na Figura 4.9:



**Figura 4.9** Esquema do processo de transformação da atividade doméstica e o potencial de geração de resíduos líquidos.

Esta correlação pode variar, devido aos hábitos das famílias e nível de consciência ambiental, porém mesmo nessas situações, para efeitos de estimativa do potencial de consumo de água e correspondente geração de efluentes, atende de forma satisfatória.

#### 4.5. CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DO EFLUENTE DA PIA DA COZINHA

Os resultados do monitoramento das refeições dos moradores da residência padrão durante os cinco dias, estão apresentados nas Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4, as quais apresentam a quantidade total de cada alimento consumido durante o período de monitoramento e a quantidade total que sobra da refeição e

que acaba sendo encaminhada para a pia da cozinha nas louças e panelas que serão higienizadas (descontando o que vai para o lixo).

A Tabela 4.2 apresenta os resultados para a refeição do café da manhã, a qual tem como principal característica, o consumo de alimentos mais leves, como leite e derivados, frutas e pães.

**Tabela 4.2** Caracterização qualitativa do efluente da pia da cozinha no café da manhã.

<b>CAFÉ DA MANHÃ</b>			
<b>Alimento</b>	<b>Total que Entra (g) em 5 dias</b>	<b>Total que Sobra (g) em 5 dias</b>	<b>% Sobra refeições</b>
Banana	490	0	0%
Mamão	40	2	5%
Pão integral	600	11	2%
Pão francês	460	26	6%
Leite de soja	580	41	7%
Leite integral	1509	103	7%
Queijo	115	6,5	6%
Presunto	50	6	12%
Peito de peru	10	0	0%
Omelete	65	4	6%
Açúcar	120	3,8	3%
Café	30	0,7	2%
Geléia de frutas	241	9	4%
Doce de leite	120	5	4%
Nata	30	1,5	5%
Margarina	95	5,8	6%
Bolo chocolate	150	20	13%
Iogurte	200	10	5%
Mucilon	16	1,4	9%
Achocolatado	15	0,8	5%
Detergente	25,1	25,1	100%
<b>TOTAL</b>	<b>4961,1</b>	<b>282,6</b>	<b>6%</b>

A Tabela 4.3 apresenta o perfil de consumo e de sobra de alimentos após a principal refeição da família, o almoço. É importante salientar que durante os cinco dias de monitoramento, foram preparados diversos tipos de pratos, os quais possuíam contribuições de alimentos mais gordurosos, como carnes e molhos, assim como massas, grãos e também, legumes e verduras.

**Tabela 4.3** Caracterização qualitativa do efluente da pia da cozinha no almoço.

<b>ALMOÇO</b>			
<b>Alimento</b>	<b>Total que Entra (g) em 5 dias</b>	<b>Total que Sobra (g) em 5 dias</b>	<b>% Sobra refeições</b>
Arroz	1050	118	11%
Macarrão	800	144	18%
Polenta	500	35	7%
Feijão	840	53	6%
Carne	950	20	2%
Mandioca	500	60	12%
Moranga	300	25	8%
Milho	150	5	3%
Batata-frita	200	3	2%
Queijo	150	2	1%
Cebola	100	15	15%
Maionese	100	25	25%
Molho bolonhesa	800	95	12%
Molho branco	600	47	8%
Panqueca	800	5	1%
Bolo de chocolate	93	40	43%
Vinagre	36	64	2%
Suco	163	78	48%
Detergente	100	15	15%
<b>TOTAL</b>	<b>12670</b>	<b>849</b>	<b>7%</b>

Já a Tabela 4.4 apresenta a quantidade total de alimentos que foram consumidos e a contribuição de alimentos que sobraram da refeição noturna (jantar). Esta refeição tem como característica a presença de alimentos que também são consumidos no café da manhã e alimentos que sobram do almoço.

**Tabela 4.4** Caracterização qualitativa do efluente da pia da cozinha na janta.

<b>JANTA</b>			
<b>Alimento</b>	<b>Total que Entra (g) em 5 dias</b>	<b>Total que Sobra (g) em 5 dias</b>	<b>% Sobra refeições</b>
Pão integral	270	8,5	3%
Pão francês	720	24,8	3%
Geléia de frutas	245	10,5	4%
Nata	30	3	10%
Margarina	20	3	15%
Doce de leite	30	10	33%
Leite integral	2514	10	8%
Leite de soja	820	194,5	9%
Molho bolonhesa	780	76	12%
Molho branco	40	93,8	13%
Polenta	50	5	20%
Macarrão	100	10	10%
Maionese	100	10	20%
Queijo	125	20	6%
Peito de peru	35	8	17%
Presunto	20	6	0%
Peito de frango	1000	0	3%
Arroz	150	30	7%
Feijão	70	10	4%
Milho	100	3	5%
Batata-palha	100	5	5%
Suco	850	30	4%
Café	30	0,7	2%
Açúcar	92	1,8	2%
Achocolatado	10	0,5	5%
Detergente	64	64	100%
<b>TOTAL</b>	<b>8365</b>	<b>633,1</b>	<b>8%</b>

#### 4.6. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO EFLUENTE DA PIA DA COZINHA

As amostras para realização da caracterização físico-química do efluente foram coletadas na saída do cano da pia da cozinha (Figura 4.10), antes de este ser conectado ao cano de entrada na caixa de gordura e na sequência, levadas ao Laboratório do GERPEL e ao Laboratório de Controle de Poluição da Unioeste de Toledo/PR para as correspondentes análises (figura 4.11). Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 4.5.



**Figura 4.10** Ponto de coleta do efluente, e coleta de uma amostra do efluente.



**Figura 4.11** Algumas das análises realizadas em laboratório: Fósforo e óleos e gorduras.

Na Tabela 4.5 apresenta-se uma comparação dos resultados obtidos no presente estudo, com os correspondentes obtidos por Bazzarella (2005) e Siegrist (1976). Nessa tabela, observa-se para o caso dos resultados das análises de cálcio, magnésio, SD, SS,  $\text{PO}_4^{-2}$ , óleos e gorduras (principal parâmetro a ser estudado em relação ao efluente da pia da cozinha) não foi possível a sua

comparação devido a inexistência de dados na literatura, o que torna o trabalho de grande relevância.

**Tabela 4.5** Características físico-químicas do efluente da pia da cozinha.

Parâmetros	Unidades	Valor médio encontrado	Bazzarella (2005)	Siegrist* (1976)
pH	-	4,56	5,14	-
Turbidez	NTU	882	250	-
Condutividade	uS/cm	882,67	528	-
Dureza	mg/L	49,33	12,1	-
Cálcio	mg/L	16,65	-	-
Magnésio	mg/L	1,89	-	-
ST	mg/L	3020	2160	2410
SD	mg/L	1920	-	-
SS	mg/L	1247	-	-
P-total	mg/L	5	9,1	-
PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	4,33	-	-
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	154,93	13,7	-
Nitrato	mg/L	2,51	0,65	-
Nitrito	mg/L	0,53	0,09	-
DBO <sub>5</sub>	mg/L	7111, 32	633	1460
DQO	mg/L	21839,08	1712	-
Óleos e Gorduras	mg/L	28068	-	-

\* citado por Eriksson (2001)

Os valores de pH, condutividade, e P-Total obtidos na pesquisa são muito próximos aos encontrados na literatura. Já os demais parâmetros apresentaram variações quando comparados com os resultados de Bazzarella (2005) e Siegrist (1976). Os motivos destas variações podem ter sido a devido a fatores como: tipos de alimentos consumidos pela família, quantidade de alimento que sobra nas louças e panelas e que segue para a caixa de gordura junto com a água de lavagem, e principalmente, o tamanho dos furos do ralo da pia. Isto permite que uma maior concentração de partículas acabe sendo levada com a água de lavagem, o que aumenta a concentração de partículas de alimento no efluente e por conseqüência, eleva parâmetros como turbidez, DBO<sub>5</sub>, DQO e de nutrientes (N e P).

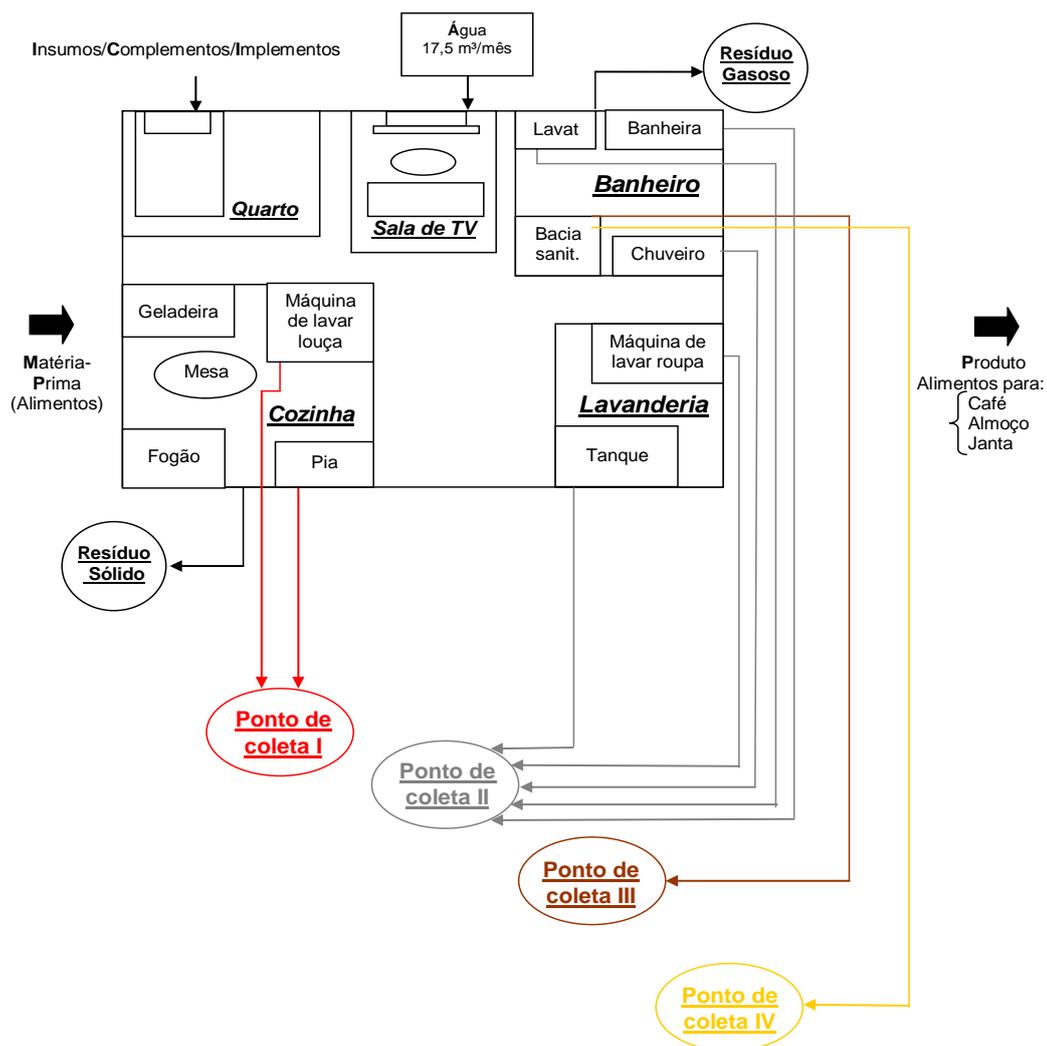
#### 4.7. PROPOSIÇÃO DE MÉTODO DIFERENCIADO DE COLETA, TRANSPORTE, TRATAMENTO E DESTINO FINAL DOS EFLUENTES DA ATIVIDADE DOMÉSTICA

A partir das pesquisas realizadas sobre os principais tipos de efluentes gerados nas residências, e sobre as características destes, foi possível constatar que os efluentes das diversas atividades domésticas (pia da cozinha, máquina de lavar louças, tanque e máquina de lavar roupas, lavatório, chuveiro, banheira e bacia sanitária) podem, em função das suas características semelhantes, serem coletados, transportados e tratados de forma diferenciada.

Deste modo, propõe-se que os efluentes sejam segregados para tratamento da seguinte forma:

- Efluentes provenientes da cozinha, como os da máquina de lavar louças e os da pia da cozinha: possuem alta carga orgânica e de óleos e gorduras, devendo ser encaminhados separadamente dos outros efluentes para tratamento;
- Efluentes provenientes da área de serviços, como tanque e máquina de lavar roupas: São efluentes que possuem alta concentração de sabão, detergentes, amaciantes e partículas insolúveis (sujeira das roupas), por isso devem ser tratados separadamente dos demais efluentes.
- Efluentes provenientes do banheiro: Nesta área da casa, apenas os efluentes do lavatório, do chuveiro e da banheira podem ser misturados e encaminhados para o mesmo tratamento. O efluente proveniente da bacia sanitária deve ser segregado, de forma que a urina e as fezes recebam encaminhamentos e destinos diferentes.

Desta forma, sugere-se que a canalização de esgoto das residenciais seja estruturada de forma que haja quatro pontos de coleta e com posterior tratamento segregado, conforme demonstrado na Figura 4.12.

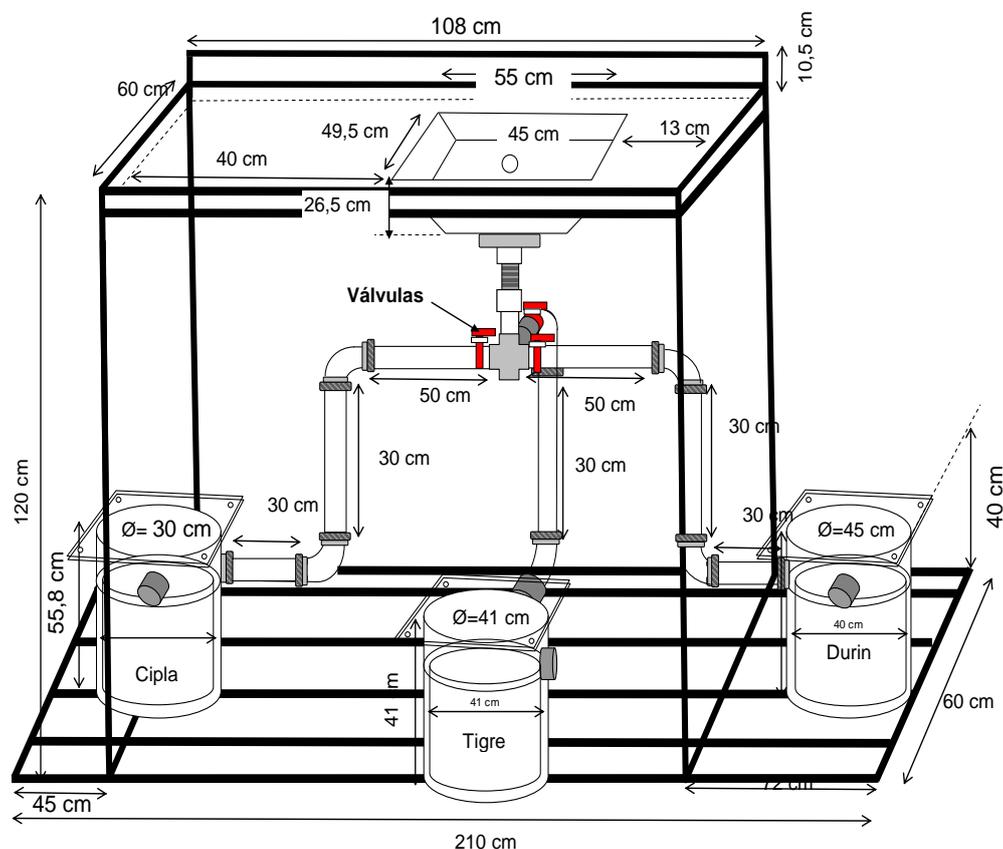


**Figura 4.12** Representação do sistema alternativo de gestão de efluentes domésticos.

#### 4.8. DESENVOLVIMENTO E PROPOSIÇÃO DE TECNOLOGIA DIFERENCIADA PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES DA PIA DA COZINHA

Para a proposição da tecnologia alternativa de tratamento de efluente da pia da cozinha, primeiramente foi avaliado o desempenho das atuais tecnologias disponíveis no mercado e posteriormente, com base das limitações/deficiências técnicas foi desenvolvido uma nova tecnologia. Para tanto considerou-se um módulo experimental (com base de um projeto), composto de três caixas de gordura de marcas diferentes (Cipla, Durin e Tigre) o qual serviu de base para a realização dos experimentos.

A Figura 4.13 apresenta o projeto para a construção/montagem do módulo experimental e a disposição das caixas de gordura:



**Figura 4.13** Módulo experimental para avaliação das tecnologias atuais de tratamento de efluente da pia da cozinha.

O módulo experimental foi construído/montado nas dependências da Unioeste, campus Toledo, sendo que para a sua construção foram utilizados os seguintes materiais:

- Pia de alumínio (01 unidade);
- Caixas de gordura de três marcas diferentes (Cipla, Tigre e Durin);
- Canos de PVC de 50 mm (3,5 m)
- Canos de PVC de 100 mm (1 m);
- Sifão (01 unidade);
- Joelhos de PVC (07 unidades);

- Cruzeta de PVC (01 unidade);
- Válvulas de abertura para os canos de PVC (03 unidades); e
- Tubos quadrados de ferro para a construção do apoio para a pia.

As fotos das Figuras 4.14 e 4.15 apresentam o módulo experimental montado, e com as três caixas de gordura já instaladas.



**Figura 4.14** Vista frontal do módulo experimental pronto.



**Figura 4.15** Visão lateral do módulo experimental pronto.

Com o módulo experimental já instalado, foram então realizados os quatro experimentos para a determinação da eficiência das caixas de gordura. E os resultados são apresentados a seguir:

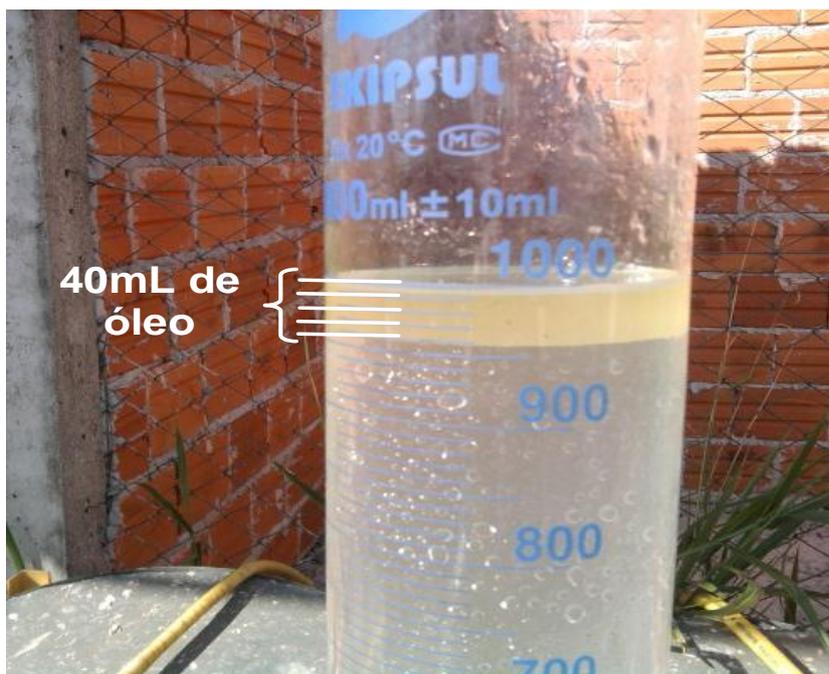
#### 4.8.1. Avaliação da capacidade de retenção do óleo de cozinha

As fotos das Figuras 4.16 a 4.18 apresentam as amostras que foram coletadas do efluente despejado na pia do módulo contendo óleo de cozinha e água, após passarem pelas caixas de gordura. O efluente que passou pelo tratamento na caixa de gordura Cipla apresentou a quantidade de 30 mL de óleo residual (Figura 4.16), ou seja, a caixa de gordura apresentou uma eficiência de retenção do óleo de cozinha de 40%.

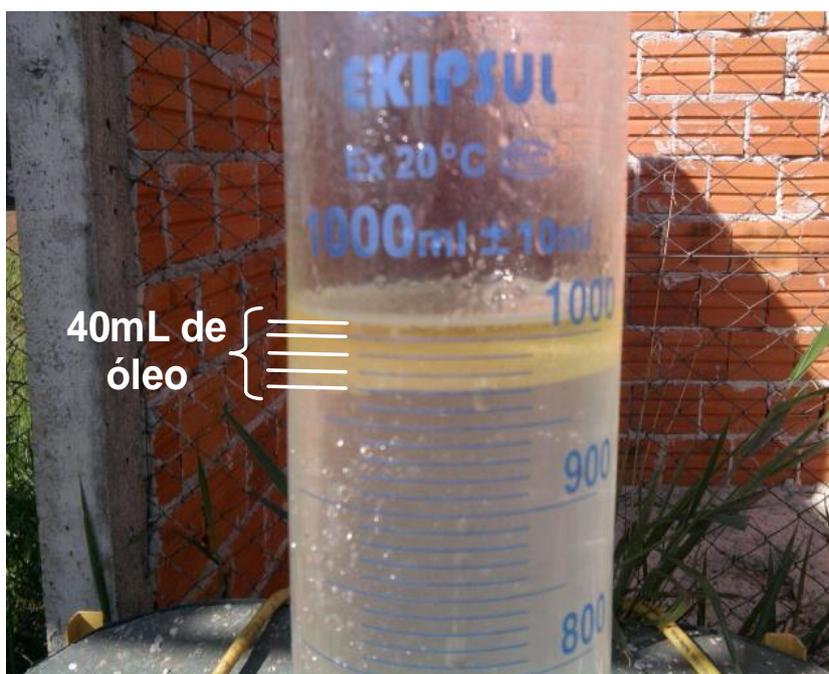


**Figura 4.16** Aspecto do efluente contendo água e óleo após passagem pela caixa de gordura da marca Cipla.

A Figura 4.17 apresenta o efluente coletado após passar pela caixa de gordura da marca Tigre, sendo que este efluente apresentou uma quantidade aproximada de 40 mL de óleo residual, assim como o efluente coletado após passar pela caixa de gordura da marca Durin (Figura 4.18).



**Figura 4.17** Aspecto do efluente contendo água e óleo após passagem pela caixa de gordura da marca Tigre.



**Figura 4.18** Aspecto do efluente contendo água e óleo após passagem pela caixa de gordura da marca Durin.

#### 4.8.2. Avaliação da capacidade de retenção de partículas sólidas

A foto da Figura 4.19 apresenta o aspecto da amostra coletada do efluente contendo água e arroz após a passagem pela caixa de gordura da marca Cipla. Na foto, pode-se perceber que embora o efluente não contenha partículas de alimento (arroz), o mesmo ainda possui resto de óleo do experimento anterior (água+óleo).



**Figura 4.19** Aspecto do efluente contendo água e arroz após a passagem pela caixa de gordura da marca Cipla.

A foto da Figura 4.20 apresenta o aspecto da amostra de efluente coletada após a passagem pela caixa de gordura da marca Tigre. É possível perceber pela foto, que embora este efluente também não apresente partículas de arroz, percebe-se que mesmo após a passagem de grande quantidade de água pela caixa, o óleo continua presente no efluente.

Já o efluente proveniente da caixa de gordura de marca Durin é apresentado na foto da Figura 4.21. O efluente, assim como os demais não contém partículas de alimento, e também apresenta óleo residual do experimento anterior realizado na caixa, embora em menor quantidade. O aspecto menos turvo

do efluente quando comparado à amostra proveniente da caixa de gordura da marca Tigre demonstra que o efluente possui menor quantidade de óleo.



**Figura 4.20** Aspecto do efluente contendo água e arroz após a passagem pela caixa de gordura da marca Tigre.



**Figura 4.21** Aspecto do efluente contendo água e arroz após a passagem pela caixa de gordura da marca Durin.

#### 4.8.3. Avaliação da capacidade de tratamento de um efluente com características similares ao produzido em uma residência após o almoço

O terceiro experimento realizado contou com a reprodução de um efluente sintético, com características similares ao efluente produzido após o almoço em uma residência. Para a reprodução deste efluente, foi preparada uma amostra (Figura 4.22) contendo os mesmos alimentos e as mesmas quantidades destes, que sobra após esta refeição e que acaba sendo encaminhada para a pia da cozinha após a higienização das louças, panelas e utensílios.

Os alimentos utilizados para a reprodução do efluente foram: arroz (50 g), feijão (45 g), carne (10 g), molho de tomate (30 g), maionese de batata (25 g), suco de frutas (16 mL), detergente (520 mL) e vinagre (4 mL), sendo posteriormente misturados em 20 L de água. Cada uma das caixas de gordura recebeu um efluente com estas mesmas características.



**Figura 4.22** Restos de alimentos para reprodução do efluente produzido em uma residência.

Após o despejo dos efluentes sintéticos na pia do módulo experimental, foram coletadas amostras de cada uma das caixas de gordura. A foto da Figura 4.23 apresenta o efluente coletado após a passagem pela caixa de gordura da marca Cipla.

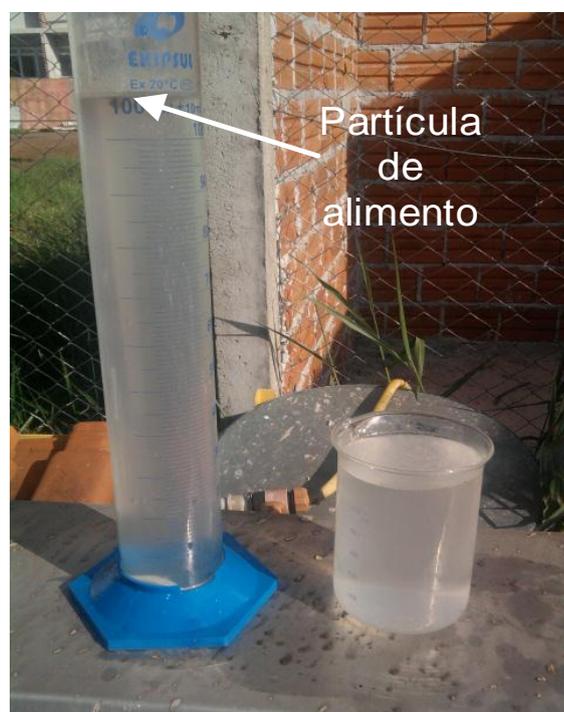


**Figura 4.23** Aspecto do efluente reproduzido após passagem pela caixa de gordura Cipla.

A foto da Figura 4.24 apresenta o aspecto do efluente que foi coletado após a passagem pela caixa de gordura da marca Tigre. Na foto, é possível perceber que o efluente possuía uma coloração rósea (característica da presença dos alimentos contidos no efluente, principalmente o molho de tomate que foi misturado à água para a reprodução do efluente da pia da cozinha), e embora tenham sido realizados dois experimentos anteriores a este, o efluente ainda continha significativa quantidade de óleo residual. Já o efluente que passou pelo tratamento na caixa de gordura da marca Durin apresentou uma coloração similar ao da caixa de gordura da marca Cipla, e também possuía óleo residual do primeiro experimento e, conforme pode-se notar pela foto da Figura 4.25, este efluente continha partículas de alimentos (grãos de arroz cozido despejado com a água).



**Figura 4.24** Aspecto do efluente reproduzido após passagem pela caixa de gordura Tigre.



**Figura 4.25** Aspecto do efluente reproduzido após passagem pela caixa de gordura Durin.

#### 4.8.4. Avaliação da capacidade de retenção das caixas de gordura quando submetidos a entrada de água

O último experimento realizado contou com o despejo na pia do módulo experimental de 20 L de água pura, com o objetivo de comprovar que mesmo após vários despejos, os efluentes continuam contendo óleo residual. A foto da Figura 4.26 apresenta o efluente coletado após despejo da água pura na caixa de gordura da marca Cipla. Nela, é possível perceber que neste último experimento, partículas de alimento passaram a sair com o efluente, e que este ainda continha óleo residual.



**Figura 4.26** Aspecto do efluente da caixa de gordura Cipla após um dia.

O efluente da caixa de gordura da marca Tigre está apresentado na foto da Figura 4.27, onde pode-se perceber que o mesmo continha algumas partículas de alimentos e óleo residual.



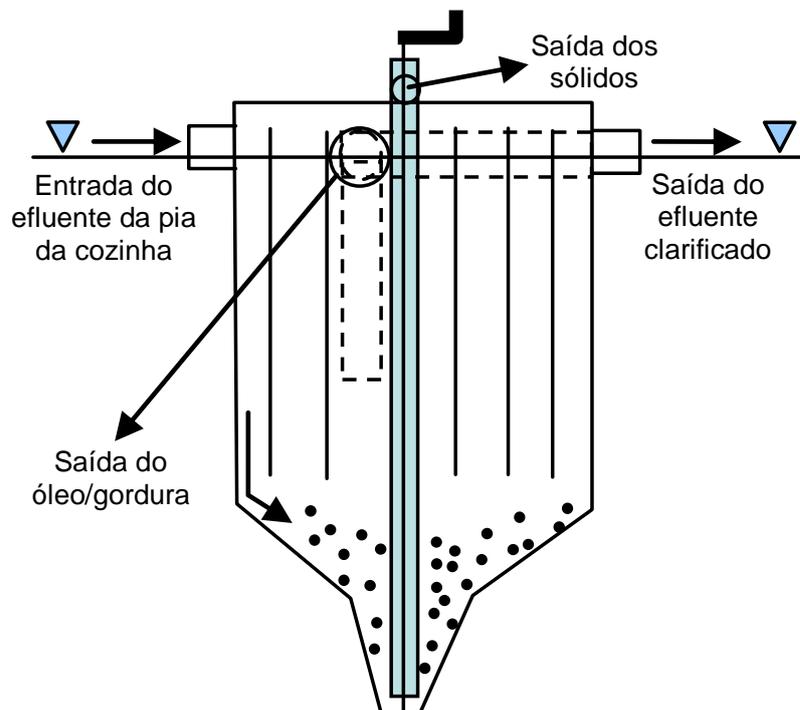
**Figura 4.27** Aspecto do efluente da caixa de gordura Tigre após um dia.

A amostra de efluente coletada na caixa de gordura da marca Durin, é apresentada na foto da Figura 4.28. Quando comparada às amostras coletadas nas outras caixas de gordura esta apresentou um aspecto melhor, contendo menor quantidade de partículas de alimentos e de óleo residual.



**Figura 4.28** Aspecto do efluente da caixa de gordura Durin após um dia.

A partir dos resultados obtidos nos experimentos para avaliação das tecnologias existentes no mercado e análise das vantagens e desvantagens das tecnologias utilizadas nas patentes para tratamento de efluentes da pia da cozinha ou similares, foi possível desenvolver um novo modelo de caixa de gordura, qual seu projeto é apresentado na Figura 4.29.



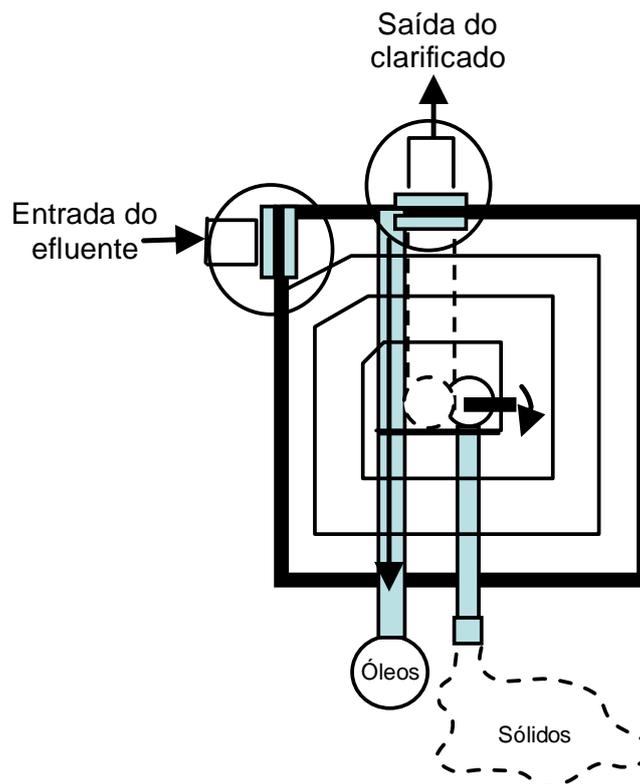
**Figura 4.29** Vista do corte lateral da caixa de gordura modelo UNIOESTE.

Para a construção da nova tecnologia (caixa para tratamento de efluentes da pia da cozinha com separação simultânea de gordura e sólidos sedimentáveis - modelo UNIOESTE) foram utilizados: chapa galvanizada para a estrutura da caixa, canos de PVC para entrada do efluente e saída do clarificado, canaleta para coleta do óleo/gordura e uma rosca-sem-fim para coleta dos resíduos sólidos.

A caixa de gordura desenvolvida possui no seu interior uma chapa (tipo chicana) em formato espiral formando compartimentos, o que torna maior a trajetória pelo qual o efluente deve percorrer (Figura 4.30). Desta forma, com maior tempo de permanência na caixa, o óleo e a gordura presente no efluente

tendem a subir para a superfície, sendo coletado na canaleta. Já as partículas sólidas presentes no efluente se depositam no fundo da caixa de gordura e são retiradas da caixa por uma rosca-sem-fim, e então, coletadas em uma espécie de sacola acoplada ao cano, que pode ser retirada quando estiver cheia.

O efluente clarificado, que fica abaixo da camada de gordura é retirado por um cano que fica situado no centro da caixa de gordura, na parte final da espiral em um nível intermediário, como pode ser observado na Figura 4.30.



**Figura 4.30** Vista superior da caixa de gordura.

As fotos das Figuras 4.31 e 4.32 apresentam a caixa para tratamento de efluentes da pia da cozinha com separação simultânea de gordura e sólidos sedimentáveis - modelo UNIOESTE já montada. A Figura 4.33 apresenta a rosca-sem-fim que é encaixada no interior na caixa de gordura.



**Figura 4.31** Vista lateral da caixa de gordura modelo UNIOESTE pronta.



**Figura 4.32** Vista superior da caixa de gordura modelo UNIOESTE pronta A) sem tampa; B) com tampa.



**Figura 4.33** Rosca-sem-fim para coleta dos resíduos sólidos do fundo da caixa de gordura modelo UNIOESTE.

#### 4.9. AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA E TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA COLETA, TRANSPORTE E TRATAMENTO ALTERNATIVO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS

A realização dos experimentos para a determinação das características dos alimentos que podem estar presentes no efluente da pia da cozinha permitiu a separação destes, em 3 grupos: gordurosos, dissolvidos, sólidos.

As Tabela 4.6a e 4.6b apresentam esta distribuição:

**Tabela 4.6a** Caracterização dos alimentos presentes em um efluente da pia da cozinha.

<b>Alimento</b>	<b>Classificação</b>
Arroz	Sólido
Feijão	Sólido
Carne	Sólido
Batata	Sólido
Mandioca	Sólido

**Tabela 4.6b** Caracterização dos alimentos presentes em um efluente da pia da cozinha.

<b>Alimento</b>	<b>Classificação</b>
Polenta	Sólido
Macarrão	Sólido
Pão Integral	Sólido
Pão francês	Sólido
Leite de soja	Dissolvido
Leite integral	Dissolvido
Queijo	Sólido
Presunto	Sólido
Peito de peru	Sólido
Açúcar	Dissolvido
Café	Dissolvido
Queijo-ralado	Sólido/Gordura
Geléia de frutas	Sólido/Gordura
Doce de leite	Gordura
Nata	Gordura
Molhos Diversos	Gordura
Maionese	Gordura
Milho	Sólido
Alface	Sólido
Refrigerante	Dissolvido
Iogurte	Dissolvido
Vinagre	Dissolvido
Suco	Dissolvido
Detergente	Dissolvido

Os alimentos que possuem característica gordurosa (diversos tipos de molhos, margarina, maionese) passam pela caixa de gordura e migram para a superfície do efluente que se encontra dentro da caixa de gordura e são coletados na canaleta. Ao passo que a cada novo despejo que entra na caixa, o nível de água sobe e a gordura é coletada novamente na canaleta, em um processo contínuo.

Os alimentos que ficam dissolvidos, com o passar do tempo podem flutuar ou decantar. Caso se depositem na superfície, são coletados na canaleta e, caso decantem, são coletados pela rosca-sem-fim juntamente com os outros sólidos que se depositam no fundo da caixa de gordura.

O propósito de identificar os alimentos que possuem característica sólida é o de determinar se o trajeto que o efluente deve fazer ao passar pela caixa atende ao tempo de residência destas partículas. A Tabela 4.7 apresenta os valores encontrados de tempo de residência destes alimentos:

**Tabela 4.7** Determinação do tempo de residência das partículas sólidas presentes no efluente.

<b>Alimento</b>	<b>Classificação</b>	<b>Tempo de residência</b>
Arroz	Sólido	2s
Feijão	Sólido	4s
Carne	Sólido	2s
Batata	Sólido	3s
Mandioca	Sólido	5s
Polenta	Sólido	3s
Macarrão	Sólido	3s
Pão integral	Sólido	10s
Pão francês	Sólido	8s
Queijo	Sólido	2s
Presunto	Sólido	3s
Peito de peru	Sólido	3s
Milho	Sólido	2s
Alface	Sólido	30s

O cálculo para determinação do tempo de residência no interior da caixa de gordura modelo UNIOESTE foi determinado por meio das seguintes equações:

Primeiramente, determinou-se a velocidade de entrada do efluente na caixa de gordura, a qual pode ser calculada por meio da equação (1):

$$v = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

Onde: Q é a vazão do efluente, em (m<sup>3</sup>/s); A é a área transversal ao fluxo, em (m<sup>2</sup>).

Para o cálculo do tempo de residência, utilizou-se a equação (2):

$$v = \frac{L_{\text{total}}}{t} \quad (2)$$

Onde: L é o perímetro da caixa de gordura, incluindo as repartições em (m); t é o tempo de residência, em (s).

Desta forma, os sólidos particulados presentes no efluente devem ter tempo de residência menor ou igual a 34 s.

Os resultados demonstram que, a nova tecnologia (caixa para tratamento de efluentes da pia da cozinha com separação simultânea de gordura e sólidos sedimentáveis – modelo UNIOESTE) atende perfeitamente aos valores de tempo de residência destas partículas, ou seja, os sólidos que entram na caixa de gordura junto com o efluente possuem tempo de permanência suficiente para decantar até o fundo, para posterior coleta pela rosca-sem-fim.

Visando a avaliação da eficiência da nova tecnologia foram realizados diversos experimentos contendo diferentes concentrações tanto de óleo, como também de sólidos particulados, os quais são descritos na sequência.

#### 4.9.1. Avaliação da capacidade de retenção de óleo na canaleta variando a concentração de óleo no efluente e vazão padronizada

No primeiro experimento foram preparados três efluentes, cada um deles com 20L de água (volume este, igual ao gerado em uma residência) e concentrações diferentes de óleo. O objetivo foi analisar a eficiência da canaleta da caixa de gordura em diferentes situações, ou seja, em situações onde o efluente pudesse conter concentrações extremas de óleo e em situações mais comuns, com média e baixa concentração de óleo.

O efluente 1 com concentração elevada de óleo (18 L), o efluente 2 com concentração média de óleo (9 L) e o efluente 3 com concentração mais baixa de óleo (1 L) foram alimentados sequencialmente na caixa de gordura modelo UNIOESTE. As concentrações iniciais destes efluentes são apresentados na Tabela 4.8.

**Tabela 4.8** Concentração inicial de óleo nos efluentes.

Volume de óleo	1 L		9 L		18 L	
	Entra na caixa		Entra na caixa		Entra na caixa	
	mL	%	mL	%	mL	%
Volume total (Vo)	20000	100	20000	100	20000	100
ÓLEO (Xa)	1000	5	9000	45	18000	90
ÁGUA (Xb)	19000	95	11000	55	2000	10
SÓLIDOS (Xc)	0	0	0	0	0	0

Cada um destes efluentes foi alimentado na caixa de gordura modelo UNIOESTE a uma vazão média de  $Q_m = 0,1$  L/s, sendo que todos estes testes foram realizados em triplicata para uma melhor validação dos resultados.

Os resultados obtidos nos testes são apresentados nas Tabelas 4.9 a 4.11:

**Tabela 4.9** Resultados obtidos no Efluente 1 quanto à recuperação de óleo pela canaleta.

	Teste1		Teste2		Teste3	
	mL	%	mL	%	mL	%
Volume total (Va) <sub>c</sub>	1000	100	1000	100%	1100	100%
ÓLEO (Xa) <sub>c</sub>	700	70	750	75%	825	75%
ÁGUA (Xb) <sub>c</sub>	300	30	250	25%	275	25%
SÓLIDOS (Xc) <sub>c</sub>	0	0	0	0%	0	0%
<b>Média da composição de óleo que sai pela canaleta</b>	<b>73%</b>					

A Tabela 4.9 apresenta os resultados dos testes com o Efluente 1, o qual continha 1 L de óleo em 19 L de água. Do volume inicial despejado na caixa de gordura (20 L) a canaleta da caixa conseguiu coletar 1 L de efluente contendo óleo e uma pequena concentração de água, sendo que o total de óleo presente foi de 700 mL.

Assim, do total de 1 L de óleo que entrou na caixa de gordura no efluente inicial, 700 mL foram coletados pela canaleta da caixa de gordura, ou seja, houve uma média de recuperação de 73% de óleo. Já a Tabela 4.10 apresenta os resultados obtidos nos testes feitos com o Efluente 2:

**Tabela 4.10** Resultados obtidos no Efluente 2 quanto à recuperação de óleo pela canaleta.

	Teste1		Teste2		Teste3	
	mL	%	mL	%	mL	%
Volume total (Va) <sub>c</sub>	9000	100	10500	100	10000	100
ÓLEO (Xa) <sub>c</sub>	7350	82	7600	72	8000	80
ÁGUA (Xb) <sub>c</sub>	1650	18	2900	28	2000	20
SÓLIDOS (Xc) <sub>c</sub>	0	0	0	0	0	0
<b>Média da composição de óleo que sai pela canaleta</b>	<b>78%</b>					

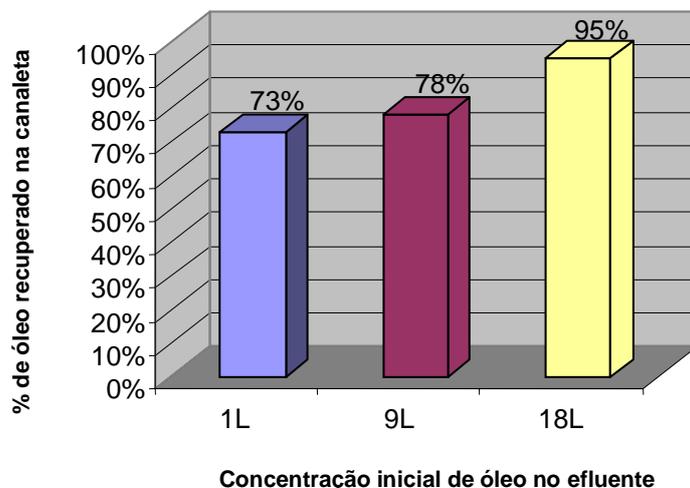
Este efluente continha um volume inicial de 20 L, onde 9 L era de óleo e 11 L de água. Após a passagem do efluente pela caixa de gordura, o total de óleo recuperado com o efluente coletado pela canaleta foi em média 78% do óleo que entrou com o efluente inicial.

Já a Tabela 4.11 apresenta os resultados dos testes realizados com o efluente 3:

**Tabela 4.11** Resultados obtidos no Efluente 3 quanto à recuperação de óleo pela canaleta.

	Teste1		Teste2		Teste3	
	mL	%	mL	%	mL	%
Volume total (Va) <sub>c</sub>	17000	100	16800	100	18000	100
ÓLEO (Xa) <sub>c</sub>	16300	96	16350	97	16500	92
ÁGUA (Xb) <sub>c</sub>	700	4	450	3	1500	8
SÓLIDOS (Xc) <sub>c</sub>	0	0	0	0	0	0
<b>Média da composição de óleo que sai pela canaleta</b>	<b>95%</b>					

Neste teste, do total de óleo que entrou (18 L) com o efluente, em média 95% foi recuperado no efluente que foi coletado pela canaleta da caixa de gordura. Desta forma, a partir dos resultados obtidos, foi possível construir um gráfico (Figura 4.34) que traz a relação entre concentração de óleo no efluente e a capacidade de recuperação pela canaleta da caixa de gordura desenvolvida.



**Figura 4.34** Gráfico da relação entre a concentração inicial de óleo no efluente e a porcentagem de recuperação de óleo na canaleta.

#### 4.9.2. Avaliação da eficiência da caixa de gordura variando as concentrações de sólidos particulados com vazão padronizada

Este experimento teve como objetivo avaliar a capacidade da caixa de gordura em tratar um efluente contendo diversas concentrações de sólidos particulados, o que é muito comum em despejos provenientes da pia da cozinha.

Para isso, foram preparados três tipos de efluentes, cada um com uma concentração diferente de sólidos particulados, num volume fixo de 20 L. O efluente 1 continha 1 kg de sólidos particulados (alimento), o efluente 2 possuía 0,5 kg e o efluente 3 continha 0,1 kg, conforme apresentado na Tabela 4.12.

**Tabela 4.12** Concentração inicial de sólidos particulados nos efluentes.

Concentração de sólidos	0,1 kg		0,5 kg		1 kg	
	Entra na caixa		Entra na caixa		Entra na caixa	
	(g)	%	(g)	%	(g)	%
Volume total (Vo)	20000	100	20000	100	20000	100
ÓLEO (Xa)	0	0	0	0	0	0
ÁGUA (Xb)	19900	99,5	19500	98	19000	95
SÓLIDOS (Xc)	100	0,5	500	2	1000	5

A vazão de despejo do efluente foi igual em todos os experimentos ( $Q_m = 0,1 \text{ L/s}$ ), os quais foram realizados em triplicata. Na Tabela 4.13 são apresentados os resultados dos testes feitos com o efluente 1, onde a concentração inicial de sólidos particulados era de 0,1 kg em um volume de efluente inicial de 20 L e vazão de  $Q_m = 0,1 \text{ L/s}$ .

**Tabela 4.13** Resultados obtidos no Efluente 1 quanto à eficiência no tratamento do efluente contendo 0,1 kg de sólidos particulados.

	Teste1		Teste2		Teste3	
	mL	%	mL	%	mL	%
Volume total $(V_a)_c$	14000	100	14000	100	14000	100
ÓLEO $(X_a)_c$	0	0	0	0	0	0
ÁGUA $(X_b)_c$	14000	100	14000	100	14000	100
SÓLIDOS $(X_c)_c$	0	0	0	0	0	0
<b>Eficiência Média</b>	<b>100%</b>					

Nela, pode-se perceber que houve 100% de eficiência no tratamento do efluente, ou seja, não houve presença de sólidos particulados no efluente que saiu da caixa de gordura.

O efluente 2 possuía uma concentração de 0,5kg de sólidos particulados em um efluente de 20 L e vazão de  $Q_m = 0,1 \text{ L/s}$ . Assim como o efluente 2, não havia presença de sólidos particulados no efluente final, como pode ser observado na Tabela 4.14:

**Tabela 4.14** Resultados obtidos no Efluente 2 quanto à eficiência no tratamento do efluente contendo 0,5 kg de sólidos particulados.

	Teste1		Teste2		Teste3	
	mL	%	mL	%	mL	%
Volume total $(V_a)_c$	14000	100	14000	100	14000	100
ÓLEO $(X_a)_c$	0	0	0	0	0	0
ÁGUA $(X_b)_c$	14000	100	14000	100	14000	100
SÓLIDOS $(X_c)_c$	0	0	0	0	0	0
<b>Eficiência Média</b>	<b>100%</b>					

Já a Tabela 4.15 apresenta os resultados do efluente 3, que possuía uma concentração inicial de 1 kg de sólidos particulados. Novamente houve 100% de eficiência no tratamento do efluente.

**Tabela 4.15** Resultados obtidos no Efluente 2 quanto à eficiência no tratamento do efluente contendo 1 kg de sólidos particulados.

	Teste1		Teste2		Teste3	
	mL	%	mL	%	mL	%
Volume total (Va) <sub>c</sub>	14000	100	14000	100	14000	100
ÓLEO (Xa) <sub>c</sub>	0	0	0	0	0	0
ÁGUA (Xb) <sub>c</sub>	14000	100	14000	100	14000	100
SÓLIDOS (Xc) <sub>c</sub>	0	0	0	0	0	0
<b>Eficiência Média</b>	<b>100%</b>					

A foto da Figura 4.35 mostra um dos efluentes coletados após passagem pela caixa de gordura modelo UNIOESTE.



**Figura 4.35** Efluente contendo 1kg de sólidos particulados após passagem pela caixa de gordura modelo UNIOESTE

Desta forma, pode-se constatar que em todos os testes não houve presença de partículas sólidas no efluente que saía da caixa de gordura, concluindo-se que a caixa de gordura modelo UNIOESTE atendeu perfeitamente ao requisito de retenção e separação de sólidos particulados.

#### 4.9.3. Avaliação da capacidade de retenção de óleo na canaleta variando as vazões do efluente e concentração padrão de óleo

Assim como nos experimentos anteriores, neste também foram utilizados três efluentes, os quais possuíam diferentes vazões de entrada na caixa de gordura e mesma concentração de óleo (9 L) em cada um, conforme pode ser observado na Tabela 4.16:

**Tabela 4.16** Concentração inicial de óleo no efluente em diferentes vazões.

	$Q_{\min} = 0,04 \text{ L/s}$		$Q_{\text{méd}} = 0,1 \text{ L/s}$		$Q_{\max} = 0,3 \text{ L/s}$	
	Entra na caixa		Entra na caixa		Entra na caixa	
	mL	%	mL	%	mL	%
Volume total ( $V_o$ )	20000	100	20000	100	20000	100
ÓLEO ( $X_a$ )	9000	45	9000	45	9000	45
ÁGUA ( $X_b$ )	11000	55	11000	55	11000	55
SÓLIDOS ( $X_c$ )	0	0	0	0	0	0

Todas as vazões dos efluentes foram controladas no cano de entrada da caixa de gordura por meio de uma espécie de tampa, e os testes foram realizados em triplicata.

A Tabela 4.17 traz os resultados obtidos nos testes realizados com o efluente 1, o qual possuía um volume de 20 L, concentração inicial de óleo de 9 L e uma vazão de entrada na caixa de gordura de ( $Q_{\min}$ ) de 0,04 L/s.

**Tabela 4.17** Resultados obtidos no Efluente 1 quanto à recuperação de óleo pela canaleta na vazão ( $Q_{\min}$ ) de 0,04 L/s.

	Teste1		Teste2		Teste3	
	mL	%	mL	%	mL	%
Volume total ( $Va$ ) <sub>c</sub>	9000	100	8600	100	8000	100
ÓLEO ( $Xa$ ) <sub>c</sub>	8100	90	8300	96,51	7350	91,88
ÁGUA ( $Xb$ ) <sub>c</sub>	900	10	300	3,49	650	8,13
SÓLIDOS ( $Xc$ ) <sub>c</sub>	0	0	0	0,00	0	0,00
<b>Média da composição de óleo que sai pela canaleta</b>	<b>93%</b>					

No efluente coletado pela canaleta, a composição média de óleo presente na amostra era de 93%, ou seja, dos 9 L de óleo que entraram na caixa de gordura com o efluente, em média 8 L foi recuperado.

A Tabela 4.18 apresenta os resultados do efluente 2, onde a mesmo volume de efluente e mesma concentração de óleo utilizada no teste com o efluente 1 (9 L de óleo), mas com vazão de ( $Q_{\text{méd}}$ ) de 0,1 L/s.

**Tabela 4.18** Resultados obtidos no Efluente 2 quanto à recuperação de óleo pela canaleta na vazão ( $Q_{\text{méd}}$ ) de 0,1 L/s.

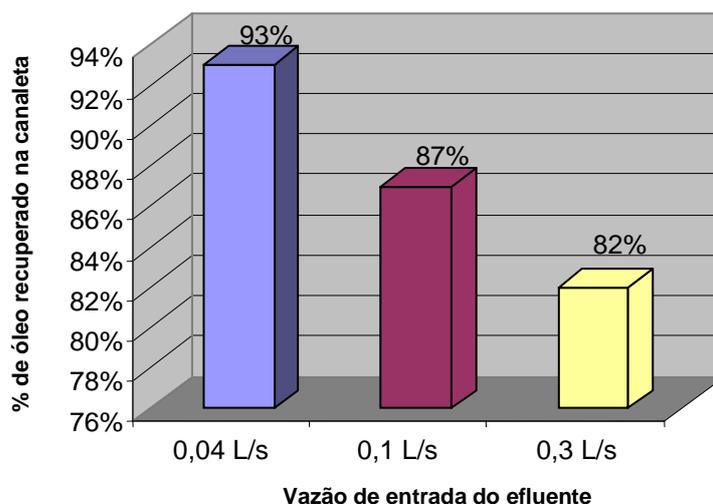
	Teste1		Teste2		Teste3	
	mL	%	mL	%	mL	%
Volume total ( $Va$ ) <sub>c</sub>	9500	100	8000	100	9000	100
ÓLEO ( $Xa$ ) <sub>c</sub>	7350	77	7600	95	8000	89
ÁGUA ( $Xb$ ) <sub>c</sub>	2150	23	400	5	1000	11
SÓLIDOS ( $Xc$ ) <sub>c</sub>	0	0	0	0	0	0
<b>Média da composição de óleo que sai pela canaleta</b>	<b>87%</b>					

Pode-se perceber que dos 9L de óleo que entraram na caixa, houve uma recuperação média de 87% (em torno de 7,5 L) no efluente coletado pela canaleta. Embora sua eficiência tenha sido alta, esta sofreu interferência com o aumento da vazão de entrada do efluente, assim como a eficiência no teste do efluente 3, que foi de 82% (Tabela 4.19). No teste com o efluente 3 a vazão de entrada foi ainda maior, sendo esta ( $Q_{\text{máx}}$ ) igual a 0,3 L/s.

**Tabela 4.19** Resultados obtidos no Efluente 3 quanto à recuperação de óleo pela canaleta na vazão ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) igual a 0,3 L/s.

	Teste1		Teste2		Teste3	
	mL	%	mL	%	mL	%
Volume total ( $Va$ ) <sub>c</sub>	9000	100	8300	100	8500	100
ÓLEO ( $Xa$ ) <sub>c</sub>	6600	73	7100	85,54	7300	85,88
ÁGUA ( $Xb$ ) <sub>c</sub>	2400	27	1200	14,46	1200	14,12
SÓLIDOS ( $Xc$ ) <sub>c</sub>	0	0	0	0,00	0	0,00
<b>Média da composição de óleo que sai pela canaleta</b>	<b>82%</b>					

Nos testes, pode-se constatar que quanto maior a vazão, maior a quantidade de água que é coletada junto com o óleo na canaleta. O gráfico da Figura 4.36 mostra a relação entre a vazão de entrada do efluente na caixa de gordura com a eficiência de coleta de óleo na canaleta:



**Figura 4.36.** Gráfico da relação entre a vazão e a porcentagem de recuperação de óleo na canaleta

A foto da Figura 4.37 mostra um dos efluentes coletados após passagem pela caixa de gordura modelo UNIOESTE.



**Figura 4.37** Amostra de efluente após passagem pela caixa de gordura modelo UNIOESTE

#### 4.9.4. Avaliação da eficiência da caixa de gordura variando as vazões dos efluentes e concentração padrão de sólidos particulados

Por fim, neste último experimento em cada um dos efluentes foi utilizada a mesma concentração de sólidos particulados, sendo esta uma concentração média de 0,5 kg, e vazões de entrada na caixa de gordura sendo variadas (Tabela 4.20).

**Tabela 4.20** Concentração inicial de sólidos em diferentes vazões.

	$Q_{\text{mín}} = 0,04 \text{ L/s}$		$Q_{\text{méd}} = 0,1 \text{ L/s}$		$Q_{\text{máx}} = 0,3 \text{ L/s}$	
	Entra na caixa		Entra na caixa		Entra na caixa	
	(g)	%	(g)	%	(g)	%
Volume total ( $V_o$ )	20000	100	20000	100	20000	100
ÓLEO ( $X_a$ )	0	0	0	0	0	0
ÁGUA ( $X_b$ )	19500	97,50	19500	97,5	19500	97,50
SÓLIDOS ( $X_c$ )	500	2,50	500	2,50	500	2,50

Assim como no experimento anterior, as vazões foram controladas no cano de entrada da caixa de gordura por meio de uma espécie de tampa colocada na saída do cano, e os experimentos foram realizados em triplicata.

As Tabelas 4.21 a 4.23 apresentam os resultados dos testes com os efluentes 1, 2 e 3. Assim como no Teste III, não houve presença de sólidos particulados nos efluentes que saíram da caixa de gordura.

**Tabela 4.21** Resultados obtidos no Efluente 2 quanto à eficiência no tratamento do efluente contendo 0,5 kg de sólidos particulados na vazão ( $Q_{\min}$ ) de 0,04 L/s.

	Teste1		Teste2		Teste3	
	mL	%	mL	%	mL	%
Volume total ( $Va$ ) <sub>c</sub>	14000	100	14000	100	14000	100
ÓLEO ( $Xa$ ) <sub>c</sub>	0	0	0	0	0	0
ÁGUA ( $Xb$ ) <sub>c</sub>	14000	100	14000	100	14000	100
SÓLIDOS ( $Xc$ ) <sub>c</sub>	0	0	0	0	0	0
<b>Média da Eficiência</b>	<b>100%</b>					

**Tabela 4.22** Resultados obtidos no Efluente 2 quanto à eficiência no tratamento do efluente contendo 0,5 kg de sólidos particulados na vazão ( $Q_{\text{méd}}$ ) de 0,1 L/s.

	Teste1		Teste2		Teste3	
	mL	%	mL	%	mL	%
Volume total ( $Va$ ) <sub>c</sub>	14000	100	14000	100	14000	100
ÓLEO ( $Xa$ ) <sub>c</sub>	0	0	0	0	0	0
ÁGUA ( $Xb$ ) <sub>c</sub>	14000	100	14000	100	14000	100
SÓLIDOS ( $Xc$ ) <sub>c</sub>	0	0	0	0	0	0
<b>Média da Eficiência</b>	<b>100%</b>					

**Tabela 4.23** Resultados obtidos no Efluente 2 quanto à eficiência no tratamento do efluente contendo 0,5 kg de sólidos particulados na vazão ( $Q_{\max}$ ) igual a 0,3 L/s.

	Teste1		Teste2		Teste3	
	mL	%	mL	%	mL	%
Volume total ( $Va$ ) <sub>c</sub>	14000	100	14000	100	14000	100
ÓLEO ( $Xa$ ) <sub>c</sub>	0	0	0	0	0	0
ÁGUA ( $Xb$ ) <sub>c</sub>	14000	100	14000	100	14000	100
SÓLIDOS ( $Xc$ ) <sub>c</sub>	0	0	0	0	0	0
<b>Média da Eficiência</b>	<b>100%</b>					

Analisando os resultados destes testes, pode-se constatar que nem mesmo a variação da vazão influenciou no tratamento deste efluente. A foto da Figura

4.38 mostra um destes efluentes após passagem pela caixa de gordura modelo UNIOESTE.



**Figura 4.38** Efluente contendo 0,5Kg após passagem pela caixa de gordura modelo UNIOESTE com vazão máxima de  $Q_{\text{máx}} = 0,3\text{L/s}$

## 5 CONCLUSÃO

As principais conclusões obtidas a partir dos resultados deste estudo foram:

- A caracterização das principais fontes de geração de efluentes domésticos e o monitoramento de atividades e hábitos de uma família com cinco moradores permitiu determinar o consumo de água e conseqüente geração de efluentes em cada uma das fontes, sendo que o valor total médio é de 18 a 20 m<sup>3</sup>/mês. Estes resultados permitiram a determinação de uma correlação (equipamento/atividade X consumo de água) que poderá auxiliar em diagnósticos da capacidade de geração/produção de efluentes domésticos nas residências, permitindo o desenvolvimento de processos de gestão mais eficientes nas cidades.
- Os atuais modelos de gestão dos efluentes domésticos ainda são muito precários e sua característica principal é a coleta com base da mistura de todas as contribuições de efluentes na residência para posterior transporte até o ponto de tratamento. O estudo demonstrou a importância da segregação das diversas contribuições de esgoto doméstico, permitindo dessa forma, um tratamento diferenciado e mais eficiente destes efluentes.
- A tecnologia disponível no mercado para tratamento de efluentes da pia da cozinha (caixas de gordura) possui sérias limitações técnicas quanto à capacidade de retenção dos óleos e gorduras, e também na capacidade de retenção de sólidos particulados. Conforme demonstrado, a pequena quantidade de óleos e gorduras que eventualmente as caixas de gordura disponíveis no mercado conseguem reter são arrastadas pelas novas cargas de efluente que passa pelo equipamento. O mesmo comportamento foi constatado na capacidade de retenção de sólidos particulados. Sendo assim, a eficiência de retenção tanto de óleos e gorduras, como de sólidos particulados é próxima de zero. Outro fator limitante é a dificuldade da

retirada e manutenção destas caixas, pois os orifícios das cestas nem sempre conseguem reter o sólido particulado e/ou o material gorduroso no momento em que os cestos de limpeza são retirados. Assim, quase que na totalidade dos casos, as caixas de gordura convencionais atuam como simples elemento de passagem.

- A nova tecnologia (caixa para tratamento de efluentes da pia da cozinha com separação simultânea de gordura e sólidos sedimentáveis – Modelo UNIOESTE) mostrou-se de fácil coleta dos resíduos, já que possui locais separados para acúmulo do óleo/gordura e dos sólidos particulados evitando a obstrução dos canos, o que pode acarretar em despejo de efluente no solo. Esta tecnologia também permite que os resíduos (óleo/gordura e sólidos) sejam retirados sem que haja contato com o efluente, como também evita que haja inalação do odor fétido proveniente da caixa, como ocorre nas tecnologias convencionais.
- Por meio da avaliação dos parâmetros operacionais estabelecidos no planejamento experimental, verificou-se que o novo modelo de caixa de gordura desenvolvida neste estudo comportou-se satisfatoriamente tanto em condições normais, quanto em condições extremas de concentração de óleo e sólidos particulados no efluente. Sua tecnologia inovadora, com chapa (tipo chicana) em formato espiral no seu interior, faz com que seja maior a trajetória pelo qual o efluente deve percorrer aumentando seu tempo de permanência na caixa. Desta forma, o óleo/gordura tende a subir para a superfície, sendo coletado na canaleta e as partículas sólidas a se depositarem no fundo da caixa.
- Diferentemente das tecnologias convencionais, que não conseguem reter o óleo presente no efluente, a caixa de gordura proposta consegue coletar pela canaleta, até 95% do óleo que entra no efluente. Esta tecnologia ainda possui o diferencial de que, à medida que novos despejos entram na caixa, o nível da água sobe e o óleo/gordura que ainda permanecia dentro da caixa é retirada juntamente com as novas contribuições, em um processo contínuo. O mesmo acontece com os sólidos, que são retirados pela rosca-sem-fim conforme acumulam no fundo da caixa.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE NETO, C.O. de; CAMPOS, J.R. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.** CAMPOS, J.R. (coordenador). Rio de Janeiro: ABES – PROSAB, 1999. Acesso em: 23/09/2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA - *et al.* **Conservação e Reúso da Água em Edificações.** São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. 152p.

APHA – AWWA - WPCF. **Standart methods for the examination of water and wastewater.** 19<sup>th</sup> edition. Wasghington D.C. American Public Health Association.1995. 953p.

ARAUJO, R. **Esgoto Sanitário Destino e Origem.** NUVOLARI, Ariovaldo. (Org). Esgoto Sanitário. São Paulo. Edgard Blucher Ltda, 2003. p. 15-39.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-8160:** Sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

BARROS, R.T.V.; CHERNICHARO, C.A.L.; HELLER, L. & von SPERLING, M. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios.** Vol 1: Saneamento – Capítulo 4, Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1995, 221p.

BATTEN, W. C. Inventor. **Separation tank module for kitchen effluent.** US. Registro patente n° US20010025811A1. Outubro 4, 2001.

BATTEN, W. C.; KYLES, B. W. Inventores. **Kitchen grease removal system.** US. Registro patente n° US6491830. Dezembro 10, 2002.

BATTEN, W. C.; KYLES, B. W. Inventores. **Passive grease trap using separator technology.** US. Registro n° US7540967B2. Junho 2, 2009.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações.** Espírito Santo, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo.

BLUM, J. R. C. **Critérios e padrões de qualidade da água.** In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de água. São Paulo: Manole, 2003.

CÉ, R. L. Inventor. **Filtro descartável para caixa de gordura sifonada.** Brasil. Registro patente n° PI93038852A. 1995 02 de Maio.

CHAMUM, C. C. **Avaliação da poluição difusa de esgoto doméstico veiculado à bacia hidrográfica urbana.** Rio Grande do Sul, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria.

CHAPIN, P. Inventor. **Fats, oil and grease interceptor.** US. Registro patente n° US7427356. Setembro 23, 1980.

CHRISTOVA-BOAL, D.; EDEN, R. E.; MACFARLANE, S. **An investigation into greywater reuse for urban residential properties.** Desalination. V.106, n. 1-3, p. 391- 397, 1996.

Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA. **Ligação de Esgoto: Esgoto doméstico.** Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inoid=657&sid=259>> Acesso em: 07/12/2010.

DE FARIAS, F. D. C. Inventor. **Dispositivo e processo para coleta de resíduos em caixa de gordura.** Brasil. Registro patente n° BRPI09021469A2. Março 1, 2011.

DEL PORTO, D. STEINFELD, C. **The composting toilet system book.** Massachusettes, USA. The Center for Ecological Pollution Prevention, 2000.

ERCOLE, L. A. D. S. **Sistema modular de gestão de águas residuárias domiciliares: uma opção mais sustentável para gestão de resíduos líquidos.** Rio Grande do Sul, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; HENZE, M.; LEDIN, A. **Characteristics of grey wastewater.** Urban Water. Volume 4. Issue 1. March, 2002. Pages 85-104.

FAIR, G. M.; GEYER, J. C.; OKUN, D. A. **Ingeniería sanitaria y de aguas residuales. v. 2: Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales.** Ciudad de México: Limusa, 1979. 764 p.

FIORI, S. **Avaliação qualitativa e quantitativa do potencial de reuso de água cinza em edifícios residenciais multifamiliares.** Rio Grande do Sul, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de Passo Fundo.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de taque de evapotranspiração**. Mato Grosso do Sul, 2009. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.

GELT, J. *et al.* **Water in the Tucson Area: Seeking Sustainability**. Arizona, 2001.

GNIPPER, S. F. **Avaliação da eficiência das caixas retentoras de gordura prescritas pela NBR 8160:1999 como tanques de flotação natural**. Ambiente Construído. Porto Alegre, 2008. Volume. 8, n. 2, p. 119-132.

GOIÁS. Saneamento de Goiás S/A. **Manual de Operação de Estação de Tratamento de Esgoto**. Revisão 01. Dezembro/2005. Pg. 122.

GOIÁS. Saneamento de Goiás S/A. **Sistema de esgoto sanitário**. Descrição das unidades componentes. Estação de Tratamento de Esgotos. Disponível em: <<http://www.saneago.com.br/>> Acesso em: 05/07/2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional do Saneamento Básico 2008 (PNSB)**. 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: 19/03/2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios 2009 (PNAD)**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2009/tabelas\\_pdf/sintese\\_ind\\_6\\_2.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2009/tabelas_pdf/sintese_ind_6_2.pdf)> Acesso em: 15/11/2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da população do Brasil - Revisão 2008**. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP300&sv=35&t=revisao-2008-projecao-da-populacao-do-brasil>> Acesso em: 15/11/2010.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3º Edição. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 702p.

LANGERGRABER, G.; MUELLEGGER, E. E. **Ecological Sanitation - a way to solve global sanitation problems?** Environment International. Volume. 31, n. 3, p. 433-444, 2005.

LEMES, J. L. V. B.; SCHIRMER, W. N.; CALDEIRA, M. V. W.; KAICK, T. V.; ABEL, O. **Estação de tratamento de efluentes domésticos por zona de raízes**

**(ETEZR) numa comunidade rural.** In: VI Semana de Estudos da Engenharia Ambiental. Irati – PR, 02 a 05 de Junho, 2008

LIMA, R. G. **Tratamento descentralizado de efluentes como alternativa a despoluição dos recursos hídricos da região metropolitana de Aracaju/SE.** Sergipe, 2008. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

MESQUITAS, F. C. de. Inventor. **Dispositivo e processo para coleta de resíduos em caixa de gordura.** Brasil. Registro patente nº PI0902146-9ª2. 2011 01 de Março.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental.** 4º Edição. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006, 388p.

NOLDE, E. **Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-story buildings** – over ten years experience in Berlin. Urban Water. v. 1, n. 4, p. 275-284, 1999.

OLIVEIRA, M. V. C.; CARVALHO, A. R. **Princípios básicos de saneamento do meio.** São Paulo: Editora Senac. São Paulo, 2003.p. 18

OTTERPOHL, R. **Black, brown, yellow, grey - the new colors of sanitation.** Water 21. p. 37-41, out. 2001.

OTTOSON, J.; STENSTROM, T. A. **Faecal contamination of greywater and associated microbial risks.** Volume 37. Issue 3. February 2003. Pages 645-655.

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. **O esgoto sanitário – A origem.** Publicado em 10/01/2011. Disponível em: <[http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Biblioteca\\_Detalhe.aspx?codigo=1183](http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Biblioteca_Detalhe.aspx?codigo=1183)> Acesso em: 13/06/2011.

POWERS, J. S. Inventor. **Grease trap.** US. Registro patente nº US5993646. Novembro 30, 1999.

REBOUÇAS, T. C. *et al.* **Características físico-químicas e microbiológicas de diferentes tipos de águas residuárias de origem residencial.** In.: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, 24, 2007. Anais. Minas Gerais: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

RIDDERSTOLPE, P. Introduction to greywater management. Stockholm Environment Institute – SEI, Uppsala. 2004.

RIOS, F. P. **Avaliação de sistemas individuais de disposição de esgotos e das empresas limpa-fossas na região metropolitana de Goiânia.** Goiás, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

ROITMANN, R. N. Inventor. **Recipiente interno para limpeza da caixa de gordura.** Brasil. Registro patente nº MU88022765U2. Maio 4, 2010.

ROCHA, A. L.; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. **Caracterização e monitoramento do consumo predial de água.** Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretária de Política Urbana, 38 p. (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Documento Técnico de Apoio; E1), 1998.

SHIMKO, D. I.; HEWITT, N. J. Inventores. **Automatic grease separating apparatus.** US. Registro patente nº US4235726. Novembro 25, 1980.

SIEGRIST, H., WITT, M., & BOYLE, W. C. **Characteristics of rural household wastewater.** Journal of the Environmental Engineering Division, 1976. 102(EE3), 533–548.

SILVA, G. H. **Sistema de alta eficiência para tratamento de esgoto residencial – estudo de caso na lagoa da conceição.** Santa Catarina, 2004. Monografia (Programa de Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

VAN KAICK, T. S.; MACEDO, C. X.; PRESZNHUK, R. A. **Jardim ecológico – Tratamento de esgoto por zona de raízes:** Análise e comparação da eficiência de uma tecnologia de saneamento apropriada e sustentável. In: VI Semana de Estudos da Engenharia Ambiental. Irati/PR. 02 a 05 de junho 2008.

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

WERNER C, AVENDANˆO V, DEMSAT S, EICHER I, HERNANDEZ L, JUNG C, KRAUS S, LACAYO I, NEUPANE K, RABIEGA A, WAFLER M. **Ecosan - closing the loop.** Proceedings of the 2nd International Symposium on ecological sanitation. 07–11 April 2003, Lubeck, Germany; 2004c.

ZANCHETA, P. G. **Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola.** Vitória, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE 1

A – Modelo do questionário entregue aos moradores da residência para determinação do consumo de alimentos nas refeições

	<b>Alimento consumido</b>		
	<b>Café da Manhã</b>	<b>Almoço</b>	<b>Janta</b>
Morador 1			
Morador 2			
Morador 3			
Morador 4			
Morador 5			

## APÊNDICE 2

B – Modelo da tabela de monitoramento das quantidades de alimento preparadas e que foram consumidas durante os dias de monitoramento

	<b>Café da Manhã</b>		<b>Almoço</b>		<b>Janta</b>	
	Preparo	Sobra	Preparo	Sobra	Preparo	Sobra
Dia 1						
Dia 2						
Dia 3						
Dia 4						
Dia 5						

### APÊNDICE 3

C – Modelo da tabela de monitoramento de equipamentos geradores de efluentes na residência

	Lavatório		Bacia Sanitária		Chuveiro		Tanque		Máquina de lavar roupa	
	Nº de vezes que foi utilizado	Tempo (min)	Nº de vezes que foi utilizado	Tempo (min)	Nº de vezes que foi utilizado	Tempo (min)	Nº de vezes que foi utilizado	Tempo (min)	Nº de vezes que foi utilizado	Tempo (min)
Morador 1										
Morador 2										
Morador 3										
Morador 4										
Morador 5										

<sup>1</sup> Os monitoramentos foram realizados após a determinação da vazão de equipamentos como: lavatório, chuveiro e tanque de lavar roupa.