

**FACULDADE CAPIXABA DE NOVA VENÉCIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**PROPOSTA DE MODELO ALTERNATIVO DE  
TRATAMENTO ESGOTO RURAL UTILIZANDO GARRAFA  
PET**

**ANA PAULA NICOLI VAZ  
THAMYRIS BREDOFF CONRADO**

**NOVA VENÉCIA-ES  
2017**

**PROPOSTA DE MODELO ALTERNATIVO DE  
TRATAMENTO ESGOTO RURAL UTILIZANDO GARRAFA  
PET**

**ANA PAULA NICOLI VAZ  
THAMYRIS BREDOFF CONRADO**

Projeto de pesquisa do Curso de Graduação em Engenharia Civil apresentado à Faculdade Capixaba de Nova Venécia – MULTIVIX, como requisito parcial para avaliação. Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Jéssica Rodrigues Andrade.

**NOVA VENÉCIA-ES  
2017**

# **PROPOSTA DE MODELO ALTERNATIVO DE TRATAMENTO ESGOTO RURAL UTILIZANDO GARRAFA PET**

**ANA PAULA NICOLI VAZ  
THAMYRIS BREDOFF CONRADO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil apresentado à Faculdade Capixaba de Nova Venécia - MULTIVIX, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em \_\_\_\_ de Dezembro de 2017

## **COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Jéssica Andrade / Engenheira Civil  
Faculdade Capixaba de Nova Venécia - MULTIVIX  
Orientador

---

Titulação e nome do Prof<sup>o</sup>  
Faculdade Capixaba de Nova Venécia - MULTIVIX  
Examinador

---

Titulação e nome do Prof<sup>o</sup>  
Faculdade Capixaba de Nova Venécia - MULTIVIX  
Examinador

## **PROPOSTA DE MODELO DE ALTERNATIVA DE TRATAMENTO ESGOTO RURAL UTILIZANDO GARRAFA PET**

**ANA PAULA NICOLI VAZ<sup>1</sup>**

**THAMYRIS BREDOFF CONRADO<sup>2</sup>**

**JÉSSICA RODRIGUES ANDRADE<sup>3</sup>**

### **RESUMO**

O esgotamento sanitário do Brasil apresenta atualmente índices que demonstram um cenário de alerta, 45% da população não possuem qualquer tipo de sistema de coleta e tratamento de esgoto, a maior parte desse percentual cabe à carência na zona rural que hoje apresenta déficits preocupantes na maioria dos municípios de nosso país. Assim a Política Nacional de Saneamento Básico através da Lei 11.445/2007 e Lei 7.217/2010 vem com a finalidade de planejar, regular, fiscalizar e principalmente universalizar o acesso. Portanto este estudo tem o objetivo de propor um modelo alternativo para o tratamento de esgoto para residências rurais tendo como referência a fossa biodigestora, contudo inovando com a utilização de garrafa pet como material construtivo. Assim ampliar o acesso através de uma solução com visão sustentável e de menores custos de implantação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento. Esgoto. Zona Rural. Garrafa PET.

### **ABSTRACT**

The sanitary sewage of Brazil currently has indices that show an alert scenario, 45% of the population do not have any type of sewage collection and treatment system, most of this percentage is due to the lack in the countryside that today presents major deficits in most of the municipalities of our country. Thus, the National Policy on Basic Sanitation through Law 11,445/2007 and Law 7,177/2010 comes with the purpose of planning, regulating, supervising

---

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Civil na Faculdade Capixaba de Nova Venécia – Multivix – Ecoporanga ES – E-mail: anapaula\_nicoli@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduada em Administração de Empresas formada pela Faculdade Vale do Cricaré – Campus São Mateus ES; Graduanda em Engenharia Civil na Faculdade Capixaba de Nova Venécia – Multivix – Mucurici ES – E-mail: tbconrado@gmail.com

<sup>3</sup> Engenheira Civil, Engenheira de Segurança do Trabalho, Graduada pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Mestranda em Ambiente, Tecnologia e Sociedade pela mesma universidade, Engenheira Civil na Prefeitura Municipal de Mucurici e Docente do curso de Engenharia Civil da Multivix – Faculdade Capixaba de Nova Venécia.

and, above all, universalizing access. Therefore, this study aims to propose a model of alternative solution for the treatment of sewage for rural residences with reference to the biodigestory tank, however innovating with the use of pet bottle as a construction material. This will increase access through a solution with a sustainable vision and lower implementation costs.

**KEYWORDS:** Treatment. Sewer. Countryside. PET bottle.

## 1 INTRODUÇÃO

Saneamento Básico trata-se de um conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de quatro vertentes sendo elas o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza pública e manejo de resíduos sólidos e por fim drenagem e manejo de águas pluviais. A Política Federal de Saneamento Básico que é regida pela Lei 11.445/2007, estabelece em um dos seus princípios a universalização do acesso ao saneamento, fato que ainda é uma realidade distante em nosso país (BRASIL, 2007).

O esgotamento sanitário é considerado adequado quando existe um processo de coleta e de tratamento seja ele através de Estações de Tratamento Esgoto (ETE) ou através de soluções alternativas como as fossas sépticas.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico os índices diagnosticados mostram que somente de 55% dos domicílios totais possuem rede coletora de esgoto. Da população que não possui a rede coletora apenas 56% utilizam soluções alternativas adequadas como fossas sépticas e 44% realizam o esgotamento sanitário de forma inadequada através de fossas rudimentares, valas a céu aberto e lançamento em corpos d'água (IBGE, 2008).

Os índices nacionais demonstram que a concentração do serviço público de saneamento está geralmente concentrada na área urbana, sendo a área rural desprovida desse atendimento.

No Brasil são cerca de 29.800.000 de habitantes da zona rural, o representa 15,6% da população total do País, 75% da população rural não possuem coleta e tratamento de esgoto (IBGE, 2008).

Considerando que de acordo com Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento 2015 (SNIS) o consumo médio de água é de 150 l/hab. dia, e que o coeficiente de retorno adotado é 0,80 temos que, o volume médio de esgoto produzido no Brasil seja de 120 l/hab. dia (SNIS, 2016).

Diante disso observa-se que, a população rural produz cerca de 2.760.000.000 l/dia de esgoto onde 2.070.000.000 l/dia são lançados, sem nenhum tipo tratamento, diretamente nos corpos d'água provocando a contaminação do solo e do lençol freático e conseqüentemente aumentando os riscos de contaminação e doenças.

Deve-se considerar que a poluição dos corpos hídricos acontecerá quando a capacidade de autodepuração for insuficiente em receber cargas poluentes provocando alterações em suas características naturais (ANDRADE, 2010).

Diante dos índices é perceptível que há déficits alarmantes na zona rural em relação ao esgotamento sanitário bem como no desenvolvimento de alternativas de tratamento deste. Esse déficit pode ocasionar diversos impactos socioambientais, dentre eles a poluição dos corpos d'água, contaminação do solo e lençol freático.

O descarte do esgoto na zona rural é realizado predominantemente através de fossas negras. Sendo elas muitas vezes executadas de forma simples, onde a funcionalidade é ineficiente podendo ocasionar a contaminação da população através do consumo e/ou contato com água contaminada.

Existem residências rurais que já aplicam alternativas eficientes para o tratamento de esgoto, uma delas é a fossa biodigestora.

A fossa biodigestora trata-se de uma instalação desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) com o objetivo de garantir saneamento básico para a área rural através do processo de biodigestão sendo considerada uma tecnologia social por se tratar de uma técnica de baixo custo que pode ser replicada em qualquer ponto do país e que significa uma solução de transformação social (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2010).

Dessa forma a abordagem deste estudo é propor um modelo alternativo de tratamento de esgoto para atender as residências rurais, tendo como referência a metodologia e funcionamento da fossa biodigestora. Porém utilizando no seu método construtivo a garrafa

de Polietileno tereftalato (PET). No intuito de buscar uma solução sustentável na qual um material que seria descartado, muitas vezes de forma inadequada, seja reutilizado como matéria prima para execução do método ambientalmente mais vantajoso que o comumente utilizado. E conseqüentemente obter uma redução de custos de implantação que estimule a disseminação da sua aplicabilidade.

Esse modelo de solução alternativa será denominado como Fossa de Tratamento Esgoto Rural com garrafa PET (TERPET).

## **2 METODOLOGIA**

O presente estudo trata-se de uma pesquisa exploratória, esse tipo de pesquisa tem uma abordagem voltada ao aprimoramento de ideias ou a descobertas de intuições (GIL, 2002).

A metodologia adotada foi desenvolvida por meio de uma vasta revisão bibliográfica, com o intuito de obter o conhecimento sobre o assunto proposto. Após a familiarização sobre o tema, foram realizadas consultas à legislação pertinente como a Lei nº 11.445/2007 que rege a Política Nacional de Saneamento Básico e o Decreto nº 7.217/2010 que estabelece normas para o cumprimento dessa lei. Através do conhecimento da legislação adquiriu embasamento legal para prosseguir com as atividades.

Para a consolidação do estudo realizou-se um levantamento de informações e dados secundários, através de consultas a instituições do governo como o IBGE e o SNIS. Para obter um embasamento ambiental realizaram-se consultas as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e para embasamento técnico as Normas Técnicas Brasileiras (NBR).

Para o dimensionamento da fossa TERPET utilizou-se como referência os manuais da fossa biodigestora e os parâmetros da NBR 7229/1993 – Projeto, Construção e operação de sistemas de tanque séptico, como: número de moradores, consumo diário de água, período de detenção dos dejetos.

De acordo com a NBR 7229 (ABNT, 1993, p. 04), obtém-se o volume útil total do tanque séptico através da seguinte expressão:

$$V_u = 1000 + N \times (C \times T + k \times L_f) \quad (1)$$

Onde:

N = número de contribuintes

C = Contribuição de despejos em litros/pessoa dia

T = período de detenção, em dias

Lf = contribuição de lodo fresco em litros/pessoa

K= taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação do lodo fresco.

Os dados utilizados são baseados em valores médios para a elaboração da proposta de uma fossa modelo. Considerando que de acordo com o Censo Demográfico, a média de moradores por residência na zona rural é de cinco pessoas. Desta forma determinou-se que o número de contribuintes é baseado nessa média nacional (IBGE, 1991).

Como a fossa TERPET só recebe o esgoto do vaso sanitário considera-se de acordo com os estudos da Embrapa que a contribuição de despejos é 50 litros/ pessoa dia. (FUNDAÇÃO BANCO BRASIL, 2010).

Apresentamos abaixo a Tabela 01 com os dados extraídos da NBR 7229/1993 para o dimensionamento do volume útil.

Tabela 1 - Dados para cálculo da fossa TERPET

<b>Dados</b>	<b>Valores</b>
Nº de Contribuintes (N)	05
Contribuição em litros por pessoa/dia	50 litros
Tempo de detenção (T) Tabela 2 NBR 7229/1993	1,0
Lodo Fresco (Lf) Tabela 1 NBR 7229/1993	0,10
Taxa de acumulação de lodo (K) Tabela 3 NBR 7229/1993 – Considerando o intervalo de limpeza de um ano.	57

Fonte: ABNT 7229, 1993.

Determinado todos os valores necessários o dimensionamento do volume útil da fossa TERPET é descrita abaixo (Eq. 02)



$$V = 1000 + 5 (50 \times 1 + 57 \times 0,10) \quad (2)$$

$$V = 1278 \text{ litros ou } 1,3 \text{ m}^3 \quad (2)$$

Com o volume útil necessário de 1,3 m<sup>3</sup>, deve-se determinar o diâmetro e a profundidade da fossa TERPET para atender ao volume solicitado, as medidas devem está dentro do recomendado pela NBR 7229/1993, que estipula que o diâmetro mínimo interno é de 1,1 m e a profundidade mínima para volume útil de até 6,0 m<sup>3</sup> deve está entre 1,20 a 2,20 metros.

Utilizou-se para diâmetro e profundidade os valores de 1,20 m e 1,30 m respectivamente. Para verificar se essas dimensões vão atender ao volume útil necessário de 1,3 m<sup>3</sup> utilizou a Equação 03.

$$V = (\pi \times D^2 / 4) \times P \quad (3)$$

Onde:

D = Diâmetro Interno da Fossa

C = Profundidade útil

Desta forma temos a seguinte expressão na Equação 04.

$$V = (\pi \times 1,20^2 / 4) \times 1,30 \quad (4)$$

$$V = 1,50 \text{ m}^3 \quad (4)$$

Portanto as dimensões determinadas atendem ao volume necessário da fossa TERPET.

Tabela 2 - Dimensionamento da Fossa TERPET

<b>Dados</b>	<b>Valores</b>
Diâmetro interno adotado	1,20 m
Profundidade adotada	1,30 m
Volume útil resultante	1,50 m <sup>3</sup>

Fonte: Autoras, 2017.

### 3 SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

De acordo com a NBR 9648 (ABNT, 1986, p.01) pode-se definir esgoto doméstico como: “despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas”.

Em média, a composição do esgoto consiste em 99,9% de água e apenas 0,1% de sólidos, sendo 75% dos sólidos constituídos de matéria orgânica em processo de decomposição. Nesses sólidos, proliferam microrganismos, podendo ocorrer organismos patogênicos (NUVOLARI, 2011, p. 189).

Ainda é comum se deparar em situações em que o esgoto sanitário é lançado *in natura*, ou seja, sem nenhum tipo de tratamento, no corpo receptor. Dessa forma a contaminação acontece quando o corpo receptor não tem capacidade suficiente de se recuperar através da autodepuração, ou seja, a vazão da carga poluidora é superior da vazão do corpo receptor, podendo ocorrer à contaminação da água, sendo assim necessário o sistema de tratamento do esgoto (FAUSTINO, 2007).

Visto isso à resolução 430/2011 do CONAMA dispõe de classificação e enquadramento de corpos d'água e estabelece condições e padrões de lançamentos de efluentes nos corpos receptores.

A resolução trata do controle do lançamento de cargas poluidoras com níveis que possam comprometer a qualidade da água e afetar a saúde e o bem-estar da população e provocar um desequilíbrio ambiental aquático. E também determina que os efluentes só possam ser lançados nos corpos receptores após o tratamento adequado (CONAMA, 2011).

Portanto para que isso aconteça o esgotamento sanitário deve proceder de maneira correta e de acordo com que é previsto na legislação.

De acordo com a Política Federal de Saneamento Básico, (BRASIL, 2007, Art 3º):

Esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infra-estruturas (sic) e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;

Da população rural somente 25% possuem rede coletora ou fazem tratamento através de fossa séptica, 26% realizam o descarte *in natura* em valas ou em rios e não possuem sanitários em suas residências e 49% utilizam fossas rudimentares (IBGE, 2008).

A fossa negra é uma das alternativas mais aplicadas na zona rural conforme os índices apresentados.

A estrutura consiste em um buraco que não possui revestimento, onde os dejetos tem contato direto com o solo. Devido à infiltração pode-se ocorrer a contaminação das águas subterrâneas ocasionando infecções caso seja consumida e assim minimizando a

disponibilidade de água potável. Como as fossas negras não possuem uma vedação hermética e com o acúmulo dos dejetos tais fatos são fatores que contribuem com a proliferação de vetores de doenças (COSTA; GUILHOTO, 2014).

Devido à necessidade de saneamento básico das áreas rurais que se encontram desprovidas de rede coletora e sistema de tratamento. E também com a preocupação em proteger o meio ambiente e os recursos hídricos, as opções alternativas vem com o intuito de proporcionar uma solução que preserve a saúde pública e ambiental e beneficie a população com a melhoria da qualidade de vida.

O sistema local de tratamento de esgoto segundo a NBR 13969 é define como:

Sistema de saneamento onde as distâncias entre as fontes geradoras de esgoto, seu tratamento e disposição final são próximos entre si, não necessitando normalmente de rede coletora extensa, coletor tronco, poços de visitas, emissários, elevatórias, etc. (ABNT, 1997, p.02).

Nota-se a relevância de uma infraestrutura adequada para o tratamento do esgoto rural, visto que o método construtivo deve ser simples, de fácil manutenção e com baixo custo. Desta forma a implantação de uma alternativa de tratamento teria uma aplicabilidade ampliada dentre as residências rurais. E conseqüentemente obtendo uma melhoria nos índices do cenário nacional.

### **3.1 Alternativas de Tratamento de Esgoto**

Decorrentes da necessidade de saneamento básico na zona rural de forma a garantir a universalização do acesso para a população existem várias alternativas de sistemas locais de tratamento de esgoto, algumas soluções são apresentadas através da NBR 13969/1997.

Desta forma a NBR 13969/1997 tem como objetivo fornecer procedimento técnico para o projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos através de tanque séptico. E assim trata e detalha algumas opções que podem ser utilizadas e complementadas entre si conforme as necessidades e condições locais e não impede que o fabricante ou usuário desenvolva outros processos mais compactos, econômicos e eficientes (ABNT, 1997).

A Fossa Séptica Biodigestora é um sistema de tratamento de esgoto sanitário, cujo processo elimina os micróbios e bactérias dos dejetos sanitários através da digestão fermentativa.

Utiliza-se esterco bovino fresco, pois o mesmo possui microrganismos anaeróbios que auxiliam e aceleraram o processo de decomposição da matéria orgânica, resultando um efluente que pode ser utilizado como fertilizante para fins agrícolas (GALINDO et. al., 2010).

A biodigestão é um processo bioquímico que ocorre através de estágios ocasionados pela presença de quatro tipos de bactéria que dependem entre si, são elas: bactérias acidogênicas<sup>4</sup>, hidrolíticas<sup>5</sup>, heteroacetogênicas<sup>6</sup> e metanogênicas<sup>7</sup>. Esse processo trata-se da decomposição da matéria orgânica que é realizada pelos microorganismos na ausência de oxigênio e assim gera gás carbônico, gás metano e matéria orgânica sólida ou solúvel estabilizada (FAUSTINO, 2007).

Esse sistema foi desenvolvido pelo Embrapa através de pesquisas realizadas pelo o médico veterinário Antônio Pereira de Novaes tendo como finalidade o incentivo ao tratamento de esgoto na zona rural a fim de promover a sua viabilização produzindo um efluente que não ocasionasse contaminação (NOVAES, et al.,2002).

A fossa séptica biodigestora para uma residência com cinco moradores, média nacional para zona rural, consiste na montagem de três compartimentos circulares em série de 1000 litros. Geralmente é utilizado caixas d'água de fibra de vidro ou de alvenaria (FUNDAÇÃO BANCO BRASIL, 2010).

A instalação das caixas deve ser local seco e abaixo do nível do sanitário, no mínimo, 40 cm. Devem ficar semienterradas para manter o isolamento térmico e as tampas expostas ao sol para facilitar o processo de fermentação (NOVAES et al, 2002).

As águas provindas das pias de cozinha, lavatórios, chuveiro e máquina não podem ser conectadas a fossa, pois possuem sabão ao qual prejudica o processo de biodigestão. Portanto somente o vaso sanitário pode ser conectado a esse tipo de fossa (FUNDAÇÃO BANCO BRASIL, 2010).

A mistura de 10 litros de esterco fresco com 10 litros de água deve ser mensalmente despejada em uma válvula de retenção, instalada antes da primeira caixa, dessa forma a

---

<sup>4</sup> Bactérias Acidogênicas são responsáveis pela hidrólise de biopolímeros orgânicos complexos (proteínas, carboidratos e lipídeos).

<sup>5</sup> Bactérias Hidrolíticas são responsáveis pela fermentação dos aminoácidos e açúcares.

<sup>6</sup> Bactérias Heteroacetogênicas são responsáveis pela oxidação anaeróbia dos ácidos graxos.

<sup>7</sup> Bactérias Metanogênicas são responsáveis pela conversão de hidrogênio e acetato para metano.

mistura é direcionada para a primeira caixa onde fermenta e elimina cerca de 70% da carga microbiana e das verminoses, na segunda caixa consegue eliminar os outros 30% (FUNDAÇÃO BANCO BRASIL, 2010).

A biodigestão ocorre em um período de 25 dias e através do processo são gerados gases que devem ser eliminados da caixa através de válvulas de escape (NOVAES et. al, 2002).

A temperatura ideal para o processo é de 36°C devido à presença de bactérias mesofílicas<sup>8</sup> provenientes do esterco bovino. Estas bactérias são responsáveis pela degradação da biomassa, e apresentam atividade a partir dos 15°C, mas com maior eficiência entre 30° e 37°C (GALINDO et al., 2010, p. 20).

A fossa biodigestora não necessita de limpeza, pois não existe o acúmulo de resíduos sólidos. O efluente gerado ao final do processo deve ser retirado da última caixa, pode ser retirado por gravidade, auxílio de bombas e ou por baldes. Mesmo tratado recomenda-se que não tenha contato com a pele e olhos. Obtém aspecto líquido, levemente amarelado, de odor leve e característico (GALINDO et. al, 2010).

Segundo Faustino (2007, p. 96) “a reutilização do efluente, além de ser uma alternativa mais adequada sob o aspecto ambiental também é muito útil do ponto de vista agrícola, pois demonstrou uma fonte de macro e micronutrientes para as plantas e matéria orgânica para o solo”.

A utilização de corpos d’água, que recebem efluentes domésticos, na irrigação é prática antiga. Diversos fatores vieram a contribuir para que recentemente, o interesse pela irrigação com o efluente tratado fosse renovado. O avanço do conhecimento sobre o potencial e as limitações diretamente nas folhas das hortaliças (GALINDO et al., 2010)

Caso não haja interesse do usuário em utilizar o efluente como biofertilizante, o adequado é dimensionar uma vala de infiltração ou sumidouro, onde o líquido ocorrerá à infiltração no solo. Para o descarte em cursos d’água deve-se está conforme as condicionantes da Resolução CONAMA N° 357/2005.

---

<sup>8</sup> Mesofílicas são bactérias que apresentam maior atividade em temperaturas entre 30° e 37°C. Vivem bem em temperaturas acima de 15° C, mas em temperaturas acima de 40° C começam a morrer. Como o processo de biodigestão anaeróbia gera pouco calor, a temperatura do sistema basicamente é a ambiente mais o calor proporcionado pelo Sol.

do reuso agrícola e suas vantagens, controle da poluição, racionalização do uso da água, economia com fertilizantes, reciclagem de nutrientes e aumento da produção agrícola (NUVOLARI, 2011).

### **3.2 Utilização de Garrafa PET no Método Construtivo**

O polietileno tereftalato popularmente conhecido como PET trata-se um polímero termoplástico que foi criado em 1941 pelos químicos britânicos Whinfield e Dickson. As pesquisas para sua aplicação tiveram ênfase na década de 50, após a Segunda Guerra Mundial, nos Estados Unidos e em países da Europa. Sua aplicabilidade inicialmente era predominante na indústria têxtil e apenas na década de 70 começou a ser aplicada na indústria de embalagens (ARAGON; GHIRALDELLO, 2014).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos apresenta informações através dos dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, que a categoria do plástico ao qual a PET está inserida representa 13,5% dos resíduos sólidos coletados no Brasil cerca de 24.847,90 t/dia (IBGE, 2008).

De acordo com dados da Associação de Fabricantes de Embalagens em PET (ABIPET), apenas 15% dessas embalagens são recicladas, aumentar esse percentual significaria menos embalagens depositados em rios, lixões, terrenos abandonados, ou seja, menos prejuízo ao meio ambiente que leva 450 anos para decompor esse material (GUELBERT et al., 2007).

Decorrente do crescente consumo de produtos que utilizam a garrafa PET e diante da problemática relacionada ao descarte inadequado, criar alternativas de reutilização e reciclagem desse material torna-se uma saída adequada e que proporcionam benefícios ao meio ambiente.

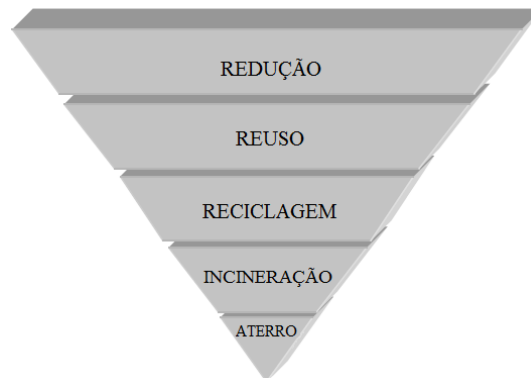
Por se tratar de um material versátil, resistente e de alto poder calorífico, o plástico deve ser considerado como matéria prima e não como lixo. O Brasil ainda carece de uma gestão de resíduos sólidos, os índices conquistam melhorias, porém ainda encontram dificuldades (OLIVIERA, 2012).

O grande volume de material gerado e o descarte inadequado pós-consumo provocam impactos ambientais por ser um material não biodegradável. Diante desse problema e de diversas preocupações aos demais resíduos em 2010 foi sancionada a Política Nacional de

Resíduos Sólidos através da Lei nº 12.305, o objetivo é desenvolver estratégias e ações de desenvolvimento sustentável e incentivar o princípio dos 3 (três) R's ou seja, reduzir, reutilizar e reciclar. (OLIVEIRA, 2012).

Através da Figura 1 é possível identificar a hierarquia da gestão de resíduos sólidos por ordem de preferência.

Figura 1 - Hierarquia da gestão de resíduos



Fonte: AZAPAGIC, apud OLIVEIRA, 2012.

Diante da figura 1 nota-se que o cenário mais favorável para a gestão é reduzir a geração do resíduo. Em seguida o reuso de materiais, nesse caso específico o plástico, é a maneira mais simplificada por não ser necessário nenhum processo de transformação. O material pode ser utilizado na forma original adquirindo outra função. A reutilização pode ser realizada de várias maneiras e para diversos fins.

A reciclagem do plástico deve ocorrer quando o material findou o ciclo de uso sendo necessário o seu reprocessamento.

Quando se trata da reciclagem das embalagens PET, podem ocorrer através de três processos, sendo eles, mecânico, energético ou químico. O processo mecânico é o mais utilizado no Brasil por possuir menores custos, nesse processo as características técnicas do material permanecem próximas ao original (ARAGON; GHIRALDELLO, 2014).

O aterro deve ser a última opção, porém não é a atual realidade. Diante disso alternativas de reuso e reciclagem

A garrafa PET é um material utilizado em grande escala pela indústria de embalagens, e por ter várias características vantajosas, a indústria da construção civil vem desenvolvendo vários

estudos para aplicação de PET reaproveitada como um material de construção, sem necessidade de passar por reprocessamento.

No mercado já existem diversas técnicas voltadas para a construção sustentável onde é dado maior ênfase a materiais voltados para reciclagem e reutilização no método construtivo.

O bloco ISOPET é uma solução onde são utilizadas garrafas PET inteiras posicionadas no sentido vertical ou horizontal, que se encaixam e cobertas com argamassa leve. Os blocos possuem dimensões de 40x40x15 que pesa em média 12 kg ou 40x20x15 que pesa em média 6 kg. Os blocos têm uma resistência a compressão superior a 2,1 Mpa, sofrendo apenas deformação (PEREIRA, 2003).

Os ensaios laboratoriais dos blocos ISOPET mostram que os resultados de resistência compressão simples e compressão simples em paredes mostram a viabilidade dos blocos para a utilização como vedação (KANNING et al, 2004)

Outro estudo realizado pela Universidade Federal de Viçosa trata-se da utilização da garrafa PET juntamente com argamassa armada na confecção de painéis de fechamento para construções de casas. Foram realizados vários ensaios como: ensaio de compressão horizontal, submetido a carga de 200 kN apresentando deformações lineares sem possibilidade de ruptura; ensaio a compressão vertical apresentou uma resistência a ruptura de 319,76 kN para os painéis; nos ensaios de impacto de corpo duro apresentaram ótimo desempenho; os ensaios de flexão e cisalhamento dos painéis da laje com carregamento de 8kN apresentaram deslocamentos verticais adequados. Além disso, verificou-se uma redução 25% quando comparado à alvenaria convencional (OLIVEIRA, 2013).

O reaproveitamento da garrafa PET na construção civil ainda não é expressivo, porém esse material apresenta um grande potencial. Em países como a Nigéria e Bolívia já usam dessa técnica para a construção de residências, porém não estão disponíveis referências bibliográficas acerca do tema.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Diante dos alarmantes índices de doenças feco-orais provocadas devido a contaminação das águas e do solo ocasionados pela falta de esgotamento sanitário.



E na busca de melhorar o cenário nacional, priorizando alguns objetivos da Política Federal de Saneamento Básico como:

[...] contribuir para o desenvolvimento nacional, a redução das desigualdades regionais, a geração de emprego e de renda e a inclusão social; priorizar planos, programas e projetos que visem à implantação e ampliação dos serviços e ações de saneamento básico nas áreas ocupadas por populações de baixa renda; proporcionar condições adequadas de salubridade ambiental às populações rurais e de pequenos núcleos urbanos isolados; minimizar os impactos ambientais relacionados à implantação e desenvolvimento das ações, obras e serviços de saneamento básico e assegurar que sejam executadas de acordo com as normas relativas à proteção do meio ambiente, ao uso e ocupação do solo e à saúde [...] (BRASIL, 2007, Art. 49).

Através das NBRs, manuais e cartilhas da fossa biodigestora foi possível obter uma proposta de modelo alternativo que realiza o tratamento do esgoto, esse modelo foi denominado como Fossa TERPET e tem como finalidade atender as residências da zona rural que são desprovidas de sistema de coleta de esgoto sanitário.

A fossa TERPET consiste em uma infraestrutura composta por três reservatórios com volume 1,5 m<sup>3</sup>, 1,20 de diâmetro interno e 1,30 de profundidade.

O detalhamento da fossa TERPET contendo o layout e os cortes são apresentados no Apêndice A.

Para a construção da fossa TERPET serão necessárias 1200 unidades de garrafa PET e outros materiais de acordo com a Tabela 3:

Tabela 3 - Lista de Materiais

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
<b>01</b>	1200	Garrafas PET 1,5 L
<b>02</b>	variável	Tubo PVC 100 mm para esgoto
<b>03</b>	01	Válvula de Retenção de PVC de 100 mm
<b>04</b>	04	Curva de 90° longa de PVC de 100 mm
<b>05</b>	03	Luva de PVC 100 mm

<b>06</b>	02	Tê de inspeção de PVC de 100 mm
<b>07</b>	02 metros	Tubo de PVC soldável de 25 mm
<b>08</b>	02	Cap de PVC soldável de 25 mm
<b>09</b>	01 metro	Tubo de PVC soldável de 50 mm
<b>10</b>	01	Registro de esfera de PVC de 50 mm
<b>11</b>	02 tubos	Cola de Silicone de 300 g

---

Fonte: NOVAES et al., 2002.

A proposta sugere que as garrafas PET devem ser preenchidas com areia ou terra seca para garantir uma maior resistência. Para proporcionar uma estabilidade e permeabilidade recomenda-se que seja utilizada argamassa para a união e revestimento das garrafas. O traço da argamassa deve ser elemento para uma próxima abordagem.

Para a instalação e operação deverá ser aplicada a metodologia da fossa biodigestora.

Considerando que de acordo com Oliveira (2013) a aplicação da garrafa PET comparado à alvenaria convencional representa um custo 2,5 vezes menor.

No presente trabalho não foi realizada estimativa de custo de implantação, somente foi analisada a viabilidade baseando-se nos benefícios proporcionados pela instalação.

Um estudo realizado por Costa e Guilhoto (2014) aponta que investimentos em soluções simples na área de saneamento rural obtém um retorno econômico favorável para a economia do país. A construção desse sistema de tratamento poderia minimizar os índices de mortalidade e cerca de 5,5 milhões de infecções causadas pela contaminação da água, reduziria a poluição dos cursos d'água e o retorno de investimento seria cerca 60% em renda interna bruta.

Ganhos adicionais ainda podem ser obtidos como a utilização do efluente biofertilizante gerado nesse sistema e também a obtenção de biogás, porém não foi abordado detalhadamente no presente estudo. Posteriormente podem ser avaliados através de novos estudos esses aspectos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o término do estudo em questão, foi possível obter o modelo alternativo, a fossa TERPET, além disso, através da pesquisa bibliográfica foi perceptível a importância da implantação de soluções, como essa apresentada, para realizar o tratamento de esgoto na zona rural.

A fossa TERPET pode ser considerado um modelo simples, de fácil implantação e que contribui para o desenvolvimento local. A com a sua utilização é possível prevenir doenças, evitar a contaminação do solo e o lençol freático e produz um efluente biofertilizante muito útil no aspecto agrícola.

Por se tratar de uma solução baseada na Fossa Biodigestora que já possui uma grande ênfase e histórico de sucesso, a Fossa TERPET é um modelo promissor, que une a funcionalidade da biodigestora com a modificação de utilizar um material que teria como destino o descarte, muitas vezes inadequado, o tornando protagonista do sistema.

O biogás gerado através do processo de biodigestão também é um fator interessante e que pode ser explorado em próximos estudos.

Nesse estudo não é abordado à viabilidade econômica, porém percebe-se que a aplicação é viável do ponto de vista do beneficiamento proporcionado à população rural e ao meio ambiente.

Pode-se também perceber o quanto é necessária aplicação da Política Federal de Saneamento Básico, que tem como uma de suas diretrizes, garantir a universalização do acesso.

Desta forma a expectativa é que a fossa TERPET torne-se uma solução aplicável e que tenha a oportunidade de se disseminar e assim assegurar a ampliação do acesso, a qualidade de vida e a proteção à saúde pública da população rural.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. N. **Autodepuração dos corpos d'água**. Revista Biologia. Vitória, v. 05, p. 16-19, jul./dez., 2010. Disponível em: <<http://www.ib.usp.br/revista/node/45>>. Acesso em: 17 nov.2017.

ARAGON. A. T.; GHIRALDELLO. L. Produtos a base de polietileno (PET) na construção civil: Um estudo diagnóstico no município de Poços de Caldas. **Gestão e Conhecimento**. Poços de Caldas, ed. 2014 dez. 2014. Disponível em: <[https://www.pucpcaldas.br/graduacao/administracao/revista/artigos/v2014/Artigo03\\_2014.pdf](https://www.pucpcaldas.br/graduacao/administracao/revista/artigos/v2014/Artigo03_2014.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informações, documentação e referências. Rio de Janeiro: 2002.

\_\_\_\_\_. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: 1993.

\_\_\_\_\_. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: 1986.

\_\_\_\_\_. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: 1997.

BRASIL. Decreto-lei n. 7.217, de 21 de junho de 2010. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 21 de jun. 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm)>. Acesso em: 03 ago. 2017.

BRASIL. Lei no 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a Política Federal de Saneamento Básico. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 05 de jan. 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: 05 de ago. 2017.

CONSELHO FEDERAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 13 mai. 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

CONSELHO FEDERAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 04 nov. 2017.

COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M. **Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestor**. Eng. Sanit. Ambient. São Paulo, 08 abr. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522014000500051&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522014000500051&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 02 nov. 2017.

FAUSTINO, A. S. **Estudos físicos-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/6439/1923.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 nov. 2017.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Tecnologia Social, fossa séptica biodigestora: Saúde e renda no campo**. Brasília: Fundação Banco do Brasil, 2010. Disponível em: <[http://nuaimplementation.org/wp-content/uploads/commit\\_files/zPIfHnM3JeC2v2wQk0.pdf](http://nuaimplementation.org/wp-content/uploads/commit_files/zPIfHnM3JeC2v2wQk0.pdf)>. Acesso em: 01 nov. 2017.

GALINDO, N. et al. **Perguntas e Respostas: Fossa Séptica Biodigestora**. 1. ed. São Carlos, SP. Embrapa Instrumentação, 2010.

GUELBERT et al. **A embalagem PET e a reciclagem: Uma visão econômica sustentável para o planeta**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. **Artigo:** Foz do Iguaçu, Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2007, p. 1-11. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007\\_tr680488\\_9965.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr680488_9965.pdf)>. Acesso em: 05 nov. 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Pesquisa nacional de saneamento básico 2008**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?&t=downloads>>. Acesso em: 19 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. **Censo demográfico 1991**: Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censodem/tab161.shtm>>. Acesso em: 11 ago. 2017.

KANNING, R. C. **Estudo das características mecânicas de paredes executadas com bloco isopet**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/17135/rodrigo.PDF?sequence=1>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

NOVAES, A. P. de et al. **Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica**. Separata de: Embrapa Instrumentação Agropecuária. São Carlos, 2002. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/28989/utilizacao-de-uma-fossa-septica-biodigestora-para-melhoria-do-saneamento-rural-e-desenvolvimento-da-agricultura-organica>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 564p.

OLIVEIRA, M. C. B. R. de. **Gestão de resíduos plásticos pós-consumo: perspectivas para a reciclagem no Brasil**. Dissertação (mestrado em Planejamento Energético) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <[http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/maria\\_deoliveira.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/maria_deoliveira.pdf)>. Acesso em: 04 nov. 2017.

OLIVEIRA, R. C. de. **Desenvolvimento e avaliação de Painéis de argamassa armada para aplicação em casas de agrovilas**. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013. Disponível em: <<http://locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3647/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 04 nov. 2017.

PEREIRA, L. A. - **Tecnologia Aliada ao Meio Ambiente**. Desenvolvimento de Blocos de Concreto Leve para Alvenaria de Vedação utilizando Materiais Reciclados. Monografia, CEFET-PR. p 1-63. Curitiba, 2002.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO (Brasil). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2015**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>>. Acesso em: 19 jul. 2017.