

XII-049 – CÂMARA DE RECEPÇÃO E DIGESTÃO ANAERÓBIA DE TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (TEVAP) COMPOSTA POR PAINÉIS DE ARGAMASSA ARMADA

Tarcísio Couto Carneiro Santos⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Viçosa.

Rafael Kopschitz Xavier Bastos

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Doutorado e pós-doutorado em Public Health Engineering - University of Leeds, UK., professor da Universidade Federal de Viçosa

Bernardo Viana de Souza

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Viçosa.

Gabriela Vieira Capobiango

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa.

Amanda de Oliveira Andrade

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa.

Endereço⁽¹⁾: Av. PH Rolfs. 425/312 – Centro – Viçosa-MG – CEP: 36570-000 – Brasil – Tel: (32)3331-0546 – e-mail: tarcisiocoutocsantos@gmail.com

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho a concepção e a experiência de implantação de tanques de evapotranspiração (TEvap), com câmara de digestão composta por painéis de argamassa armada moldados *in loco*. São apresentados detalhes de projeto e de execução das peças de argamassa, bem como estimativas de materiais e de custos para a confecção. É ainda ilustrada a implantação em campo de TEvap com a solução proposta para a câmara de digestão.

PALAVRAS-CHAVE: Esgotamento Sanitário, Saneamento Rural, Tanque de Evapotranspiração.

INTRODUÇÃO

Conforme dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD/2015 (IBGE, 2015), apenas 34,5% dos domicílios nas áreas rurais estão ligados a redes de abastecimento de água com ou sem canalização interna; apenas 5,45% dos domicílios estão ligados à rede de coleta de esgotos, 4,47% utilizam a fossa séptica ligada a rede coletora e 28,78% possuem fossa séptica não ligada a rede coletora e os demais domicílios (61,27%) depositam os dejetos em fossas rudimentares, lançam em cursos d'água ou diretamente no solo a céu aberto. Em outros números, no cenário rural brasileiro despontam 23 milhões de pessoas sem acesso a práticas adequadas de afastamento dos excretas / esgotos sanitários (MORAES, 2014).

Nas zonas rurais, sobretudo devido à dispersão dos domicílios, muitas vezes torna-se inviável a implantação de redes coletoras de esgotos e isso tem estimulado o aprofundamento de estudos sobre soluções descentralizadas de esgotamento sanitário. A zona rural apresenta características particulares e, como tal, as soluções para os esgotos domésticos devem estar baseadas não somente em aspectos técnicos, mas também institucionais, socioeconômicos e culturais. Assim, como destacado em publicação do Ministério da Cidade, a “factibilidade do saneamento rural supõe o uso de tecnologias apropriadas que possibilitem inovações e apropriação pelos usuários, bem como a prestação de serviços de saneamento em condições sanitárias seguras eficientes e que contemple aspectos construtivos, operacionais e de custo compatíveis com as características socioeconômicas, ambientais e culturais das comunidades rurais” (IPEA, 1990). Neste sentido, o tanque de evapotranspiração (TEvap) constitui uma inovação relativamente recente, de forma que ainda há muito o que explorar / conhecer em termos de critérios de projeto e sobre o próprio funcionamento do sistema, em que pesem importantes contribuições já disponíveis neste sentido (GALBIATI, 2009; PIRES, 2012).

Os TEvap são constituídos por um tanque impermeabilizado e estanque, com uma câmara de recepção e distribuição do esgoto em todo seu comprimento, preenchido com camadas de material granular / poroso, e que possui em sua superfície cobertura com terra onde são plantadas espécies vegetais de crescimento rápido e alta

taxa de transpiração. É um sistema concebido para receber apenas a contribuição de vaso sanitário e de forma que não haja efluente. A câmara de recepção / distribuição tem a função de distribuir o esgoto ao longo e às laterais do tanque. Para tanto, o fundo do tanque é construído com pequena declividade. A câmara, que se estende por praticamente toda a extensão do tanque, é executada com espaçamentos / aberturas / perfurações ao longo de seu comprimento. Assim, à medida que o volume da câmara é preenchido, o efluente extravasa para a lateral penetrando nas camadas de preenchimento. Além dessa função, a câmara tem também como objetivo a retenção de sólidos e a digestão anaeróbica da matéria orgânica (sendo, por isso, denominada na literatura também como câmara de digestão). Essa câmara tem sido executada com meias manilhas de concreto perfuradas, pneus usados justapostos em pé (mas sem rejunte entre pneus), ou com lajotas cerâmicas, sempre formando uma espécie de túnel horizontal (GALBIATI, 2009; PIRES, 2012) (Figura 1). Todo o redor da câmara é preenchido com material granular / poroso com granulometria variável e decrescente no sentido ascendente, usualmente pedra de mão ou entulho, brita e areia. Com o aumento do volume de esgoto no tanque as camadas de brita e areia vão sendo também preenchidas, até atingir a camada superior de solo, através da qual se move por ascensão capilar até a superfície, de onde evapora. Durante esse trajeto, o efluente é mineralizado e filtrado, através de processos aeróbios de decomposição microbiana. As raízes das plantas localizadas nas camadas superiores (por exemplo, bananeiras ou plantas ornamentais) se desenvolvem em busca de água e dos nutrientes disponibilizados pela decomposição da matéria orgânica. Através da evapotranspiração, a água é eliminada do sistema, enquanto que os nutrientes presentes são removidos através da sua incorporação à biomassa das plantas. (GALBIATI, 2009; PIRES, 2012).

Apresenta-se neste trabalho a concepção de um tanque de evapotranspiração (TEvap) cuja câmara de recepção de efluentes e digestão anaeróbia é composta por painéis de argamassa armada moldados *in loco*. A proposta foi desenvolvida no âmbito de um projeto de implantação de soluções descentralizadas de esgotamento sanitário em uma comunidade rural na Zona da Mata – MG, executado por meio de convênio entre a Universidade Federal de Viçosa (UFV) e a Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado de Minas Gerais (SEDA)

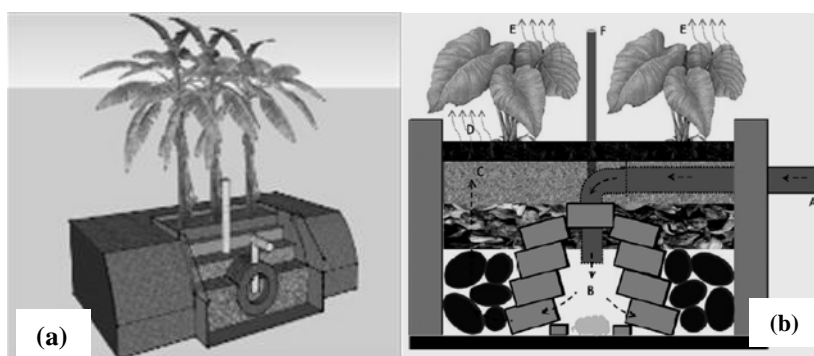


Figura 1: Ilustração esquemática em corte de tanque de evapotranspiração com câmara de digestão executada com pneus (a) e com lajotas cerâmicas (b) Fontes: (a) [www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/.../ DETEC_Ambientaltvap_com_defludio.pdf](http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/.../DETEC_Ambientaltvap_com_defludio.pdf) e (b) Coelho et al (2018)

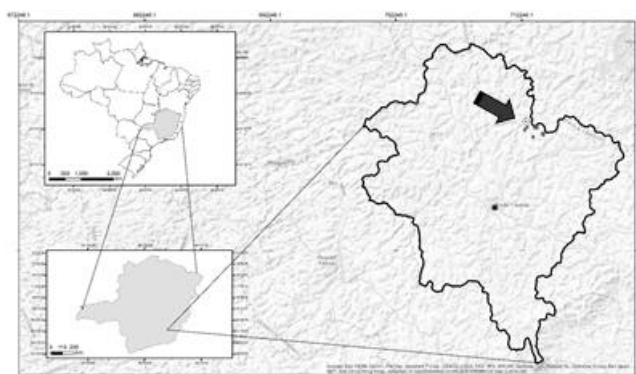


Figura 2: Localização da comunidade Córrego do Meio, Zona da Mata-MG, município de Paula Cândido, distrito de Airões. Fonte: SANTOS, 2018

MATERIAL E MÉTODOS

Considerando a previsão de execução de número elevado de TEvap no projeto acima referido, bem como a localização da comunidade e a dispersão dos domicílios na localidade, julgou-se inviável a logística que seria necessária para adotar a opção de câmara com pneus. Na busca ainda de alternativa mais robusta que a com lajotas cerâmicas, propôs-se então a solução com painéis de argamassa armada, confeccionados *in loco*, com área transversal equivalente às empregadas utilizando-se a soluções mais usuais com pneus ou com lajotas cerâmicas.

Os TEvap foram dimensionados a partir do modelo proposto por Galbiati (2009), baseado, fundamentalmente no balanço evapotranspiração – precipitação pluviométrica. Em resumo, o critério de dimensionamento adotado resultou em TEvap com demanda de área de 2,3 m² por pessoa, enquanto a literatura cita valores genéricos mínimos de 2 m²/pessoa, ou de 3 até 4,7 m²/pessoa, respectivamente para as regiões mais quentes e mais frias de Minas Gerais (ANDRADE, 2018). A profundidade estabelecida para o tanque foi de 1,5 m, de modo que as camadas de preenchimento respeitassem a seguinte distribuição: 0,5 m de pedra de mão, 0,3 m referentes às camadas de brita nº1 e areia, cada uma e 0,4 m de solo. Na Figura 3, apresenta-se um exemplo para uma unidade de 7,0 m².

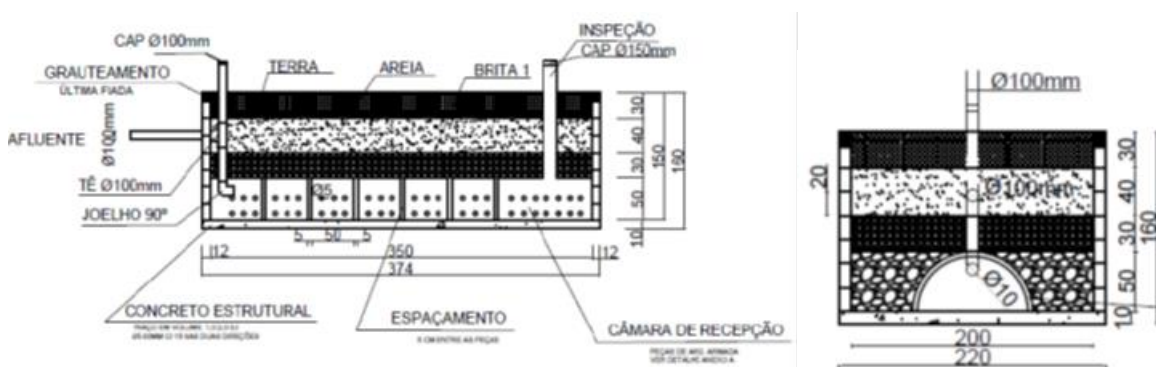


Figura 3: Detalhes do projeto de TEvap para residência com três moradores, cortes longitudinal (esquerda) e transversal (direita).

Argamassa armada é um tipo de concreto armado, composto por argamassa de cimento e agregado miúdo e armadura difusa, em geral constituída de telas de aço de malhas de pequena abertura, distribuídas em toda a seção transversal da peça (HANAI, 1981). Na produção de elementos pré-moldados, especificamente no caso de pré-fabricados leves, é de suma importância a preocupação com as fôrmas utilizadas, uma vez que estas condicionarão a qualidade das peças utilizadas. Por apresentarem dimensões menores – com espessura da ordem de milímetros – e com detalhes oriundos de especificações de projeto, qualquer imperfeição no que diz respeito às fôrmas faz-se muito mais nítida do que no caso de pré-fabricados pesados de concreto armado (CAMPOS, 1989). Três aspectos devem ser considerados no que tange à elaboração de um projeto de fôrma para peças pré-fabricadas: material utilizado na confecção; forma da peça e, conseqüentemente, modo de preenchimento da fôrma; tipologia a ser adotada para a fôrma (fixa ou móvel, simples ou dupla). Uma gama de materiais pode ser empregada para confeccionar fôrmas (por exemplo, madeira, concreto, aço e materiais sintéticos reforçados como fibra de vidro) e tal escolha é pautada, preponderantemente, pelos seguintes fatores: nível de projeto, dimensões e qualidade de acabamento da peça produzida, tipo de adensamento e cura empregados. No Brasil, verifica-se a predominância de fôrmas metálicas em usinas de pré-fabricados de argamassa armada, as quais possibilitam reutilização em grandes números (BENTES, 1992). Considerando que se previa a execução de um número considerável de peças, optou-se por fôrmas em aço.

As peças de argamassa armada foram executadas com traço em massa: 1,0 :2,0:0,4 (cimento:areia lavada:água) e armadura difusa composta por duas telas de galinheiro (fio 18 / malha 5 cm) entrelaçadas e fios CA-60 4.2mm a cada 10cm, nas duas direções

Os TEvap foram executados a partir de escavações no terreno, concretagem do fundo e assentamento da alvenaria das paredes laterais com blocos de concreto. Na sequência, os painéis de argamassa, previamente confeccionados no local, eram posicionados longitudinalmente na base do TEvap para composição da câmara

de recepção/ digestão. Essas etapas eram executadas com mão de obra profissional - pedreiros e serventes, acompanhados por engenheiro / estudantes de engenharia (Figura 4). A seguir, realizava-se o preenchimento das camadas do leito filtrante: pedra de mão, brita 1, areia e terra.; Por fim, procedia-se ao plantio das mudas de bananeira, etapas estas executadas em regime de mutirão, com a participação da comunidade (Figura 5). Ao todo, foram implantadas 13 TEvap na Comunidade Córrego do Meio.



Figura 4: Exemplos da execução dos TEvap: levantamento das paredes de alvenaria, disposição das formas no interior do tanque para a confecção das peças da câmara de digestão em argamassa armada (esquerda) e peças em argamassa armada pré-confeccionadas prestes a serem instaladas no tanque (direita).



Figura 5: Preenchimento do TEvap (esquerda e centro) e solução final com plantio de mudas de bananeira (direita)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 6 apresentam-se detalhes das fôrmas em aço construídas para a confecção das peças de argamassa armada para composição das câmaras de recepção / digestão de TEvap. As Figuras 7, 8 e 9 mostram detalhes do projeto e da execução dos painéis de argamassa armada.

Na Figura 6 nota-se o posicionamento de pedaços de canos PVC para a confecção de furos nas peças de argamassa armada, os quais têm por função favorecer a distribuição mais uniforme do esgoto lateralmente, em direção ao interior da camada de pedra de mão (posicionamento e espaçamento entre furos na Figura 7).

A armadura difusa dos painéis foi definida visando garantir resistência adequada para a utilização proposta das peças em questão e fissuração controlada. Para tal, conforme já mencionado, adotou-se como armadura difusa duas telas de galinheiro (fio 18 / malha 5 cm) entrelaçadas entre e fios CA-60 4.2mm a cada 10cm, nas duas direções. Na Figura 9 destaca-se o posicionamento da armadura difusa sobre a fôrma, para posterior lançamento da argamassa. Note-se a utilização de restos de rochas ornamentais como espaçadores (espessura de 2 cm). Destaca-se ainda a importância das cantoneiras de abas iguais soldadas à chapa calandrada (Figura 6): além de apresentarem a dimensão de projeto dos painéis (4,5 cm), auxiliam o correto posicionamento das armaduras transversais (Figura 8).

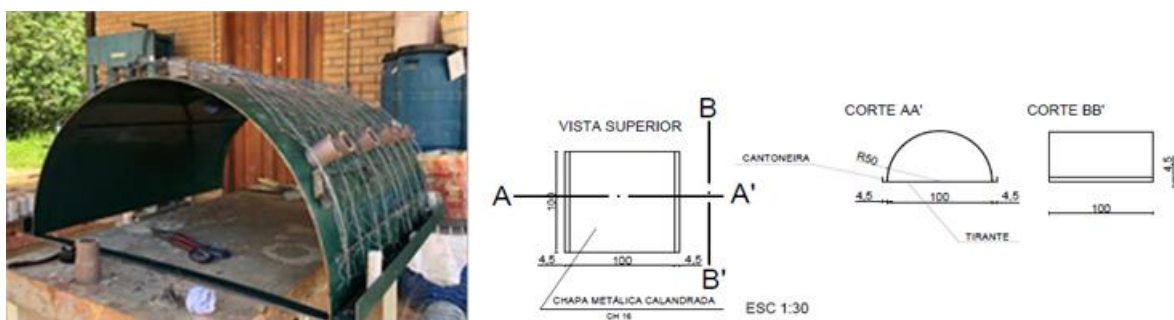


Figura 6: Fôrmas em aço para confecção das peças de argamassa armada para composição das câmaras de recepção / digestão de TEvap; vista geral (esquerda) e dimensões (direita)

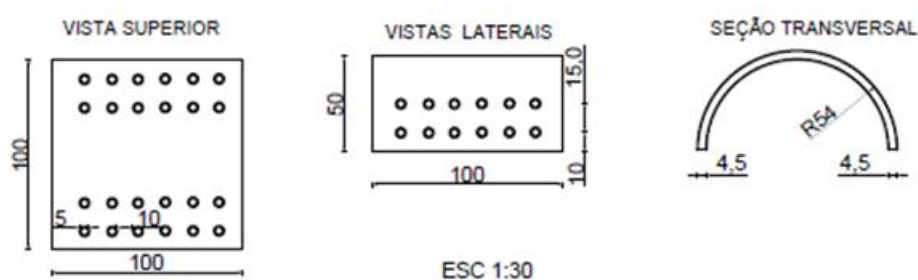


Figura 7: Detalhamento do painel argamassa armada para a câmara de recepção / digestão anaeróbia dos TEvap, dimensões em centímetros.

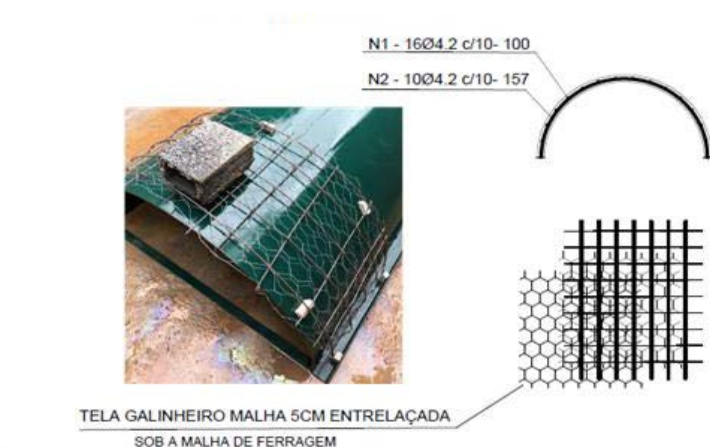


Figura 8: Detalhes da armadura difusa dos painéis de argamassa para a câmara de digestão dos TEvap.



Figura 9: Ilustração da execução (esquerda) e peças prontas (direita) dos painéis de argamassa para a câmara de digestão dos TEvap.

Na Figura 10 mostra-se o posicionamento das peças de argamassa na base do TEvap para composição da câmara de recepção / digestão, com espaçamento entre peças de 5cm para facilitar a distribuição lateral do efluente (conforme mencionado, os furos laterais nas peças têm também esse papel). Nota-se ainda a colocação de tubos verticais no topo das peças de argamassa armada, para fins de inspeção e limpeza e o preenchimento da camada de pedra de mão.



Figura 10: TEvap em construção: composição da câmara de recepção / digestão com peças de argamassa armada, posicionamento de tubulações de inspeção e limpeza e preenchimento lateral com pedras de mão.

Por fim, na Figura 11 apresentam-se as estimativas de quantitativo de materiais e de custo por metro linear para a confecção dos painéis de argamassa armada.

Painéis Argamassa Armada				
Espessura (cm)	4,5	Comp. (maior dimensão - m):		1
Componente	Unidade	Consumo		Quantidade
Cimento CP III	kg	732,00	kg/m ³	48,64
Areia Lavada Média	m ³	1,22	m ³ /m ³	0,08
Tela Hex. 2" (largura 1,5m)	m	2,51	m/m	3,00
Fio CA 604,2mm	unidade	22,22	m/m	2,00
Resumo material				
Componente	unidade	Valor Unitário	Quantidade	Valor Total
Cimento CP III	kg	R\$ 0,38	48,64	R\$ 18,48
Areia Lavada Média	m ³	R\$ 70,00	0,08	R\$ 5,67
Tela Hex. 2" (largura 1,5m)	m	R\$ 3,36	3,00	R\$ 10,08
Fio CA 604,2mm	unidade	R\$ 6,20	2,00	R\$ 12,40
TOTAL PARCIAL				R\$ 46,64

Figura 11: Quantitativo de materiais e estimativa de custo por metro linear de painel de argamassa armada.

CONCLUSÕES

A substituição dos pneus ou mesmo de lajotas de cerâmica pelos painéis de argamassa armada para composição da câmara de recepção e digestão anaeróbia mostrou-se satisfatória, tanto ponto de vista construtivo quanto financeiro. A solução proposta comprovou-se de baixo custo, de fácil e rápida execução, bem como de fácil apropriação pela comunidade; isto é cumpre os requisitos do que se tem denominado tecnologia social.

Cabe, entretanto ressaltar que o presente trabalho se dedicou somente a aspectos construtivos, não se debruçando sobre questões tais como as dimensões da câmara (simplesmente foram assumidas dimensões usuais), ou ainda a funcionalidade mesma da solução na distribuição do esgoto e na digestão do lodo. Recomenda-se, portanto, o monitoramento das unidades implantadas.

AGRADECIMENTOS

À Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado de Minas Gerais (SEDA) pelo aporte de recursos para implantação de melhorias de saneamento na Comunidade Córrego do Meio, bem como pela concessão de bolsas de Apoio Técnico e de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A. O. Dimensionamento e aplicação de soluções descentralizadas de esgotos na comunidade quilombola Córrego do Meio, Paula Cândido – MG: tanques de evapotranspiração e sistemas alagados construídos. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.
- BENTES, R. F. Consideração sobre projeto e produção de componentes pré-moldados de argamassa armada. 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.
- CAMPOS, P. E.. Da argamassa armada ao microconcreto de alto desempenho: perspectivas de desenvolvimento para a fabricação leve. 2002. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- COELHO, C.F.; REINHARDT, H.; ARAÚJO, J.C. Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.23 n.4, p. 801-810, 2018
- GALBIATI, A. F. Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração. 2009. 38f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

6. HANAI, J. B de. *Construções de Argamassa Armada: fundamentos tecnológicos para projeto e execução*. São Paulo, Pini: 1992.
7. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – 2015*.
Disponível em: < <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2015/default.shtm>. > Acesso em 31/10/2018.
8. IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Bases para formulação de políticas e programas em saneamento rural. Projeto Nacional de Saneamento Rural*. 2 ed. Brasília: IPEA, 1990. 100 p. (Saneamento Rural 2).
9. MORAES, L. R. S. (Coord). *Panorama do saneamento básico no Brasil: análise situacional do déficit em saneamento básico*. Brasília, DF: Ministério das Cidades, v. 2, 2011
10. PIRES, F. J. Construção participativa de sistemas de tratamento de esgoto doméstico no Assentamento Rural Olga Benário – MG. 2012, 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
11. SANTOS, T. C. C. Implantação de sistemas descentralizados de esgotos em uma comunidade quilombola na Zona da Mata-MG: estudos de concepção, aspectos construtivos, projetos e orçamentos. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.