

Nota Técnica 8 – Codisposição de lodo de tanque séptico em estações de tratamento de esgoto

Technical Note 8 – Codisposition of septic tank sludge in waste water treatment plants

Guilherme Samways^{1*} , Cleverson Vitório Andreoli² , Miguel Mansur Aisse³ ,
Julio Cesar Rietow⁴ , Gustavo Rafael Collere Possetti⁵ , Alexandre Klas Bico⁶ 

RESUMO

O tanque séptico é uma alternativa eficiente para o tratamento de esgotos sanitários em áreas que não estejam contempladas com redes de coleta de esgoto se os critérios de dimensionamento e operação forem contemplados, podendo até mesmo ser um instrumento na busca da universalização do saneamento no Brasil. Para uma boa operação do sistema, o lodo séptico acumulado deve ser retirado e encaminhado a locais específicos para o seu tratamento e disposição final. Esta Nota Técnica discute o tanque séptico e seu uso atual no Brasil, as características do lodo séptico, a viabilidade de codispor o lodo séptico conjuntamente com esgoto sanitário em estações de tratamento de esgoto, sobretudo as que utilizam reatores *upflow anaerobic sludge blanket*, os possíveis impactos na codisposição e, por fim, os critérios fundamentais de dimensionamento de uma Central de Recebimento de Lodo Séptico, incluindo sua concepção e um exemplo de dimensionamento.

Palavras-chave: caracterização do lodo de tanque séptico; centrais de recebimento e tratamento de lodo de tanque séptico; codisposição em estações de tratamento de esgoto; impacto da codisposição; reatores tipo UASB.

ABSTRACT

Septic tanks are an efficient alternative for the treatment of domestic wastewaters in areas that don't have sewerage systems if the dimensioning and operation criteria are met, and can even be an instrument in the search for the universalization of sanitation in Brazil. For a good operation of the system, the accumulated septic sludge must be removed and be sent to specific sites for treatment and final disposal. This Technical Note discusses the septic tank and its current use in Brazil, the characteristics of septic sludge, the feasibility of codisposition septic sludge with domestic wastewaters in wastewater treatment plants, especially those using upflow anaerobic sludge blanket reactors, the possible impacts on codisposition and, finally, the fundamental design criteria of a Septic Sludge Receiving Center, including its conception and an example of a design.

Keywords: codisposition in waste water treatment plants; impact of codisposition; septic tank sludge characterization; septic tank sludge receiving and treatment centers (CRLTS in portuguese); UASB type reactors.

¹Engenheiro Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade Federal do Paraná – Curitiba (PR), Brasil.

²Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciências do Solo e Doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Diretor da empresa CEA – Consultoria e Engenharia Ambiental e consultor da empresa de consultoria ambiental Andreoli Engenheiros Associados – Curitiba (PR), Brasil.

³Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos. Doutor em Engenharia Hidráulica pela Universidade de São Paulo. Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental na Universidade Federal do Paraná – Curitiba (PR), Brasil.

⁴Engenheiro Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Doutor e mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) e especialista em Cadeias Produtivas do Biogás pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheiro Ambiental pela CRASA Infraestrutura – Curitiba (PR), Brasil.

⁵Gerente de Pesquisa e Inovação da Companhia de Saneamento do Paraná. Mestre e Doutor em Ciências pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Paraná e Engenheiro Eletricista pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Coordenador da Câmara Técnica de Tratamento de Esgoto da Associação Brasileira de Engenharia e Ambiental e diretor da Associação Brasileira de Engenharia e Ambiental do Paraná – Curitiba (PR), Brasil.

⁶Engenheiro Agrônomo pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Mestre em Agronomia e Produção Vegetal pela Universidade Federal do Paraná – Curitiba (PR), Brasil.

*Endereço para correspondência: Avenida Cel. Francisco H. dos Santos, 100 – Universidade Federal do Paraná – Centro Politécnico – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental – Jardim das Américas, Curitiba, PR. CEP: 81530-000. e-mail: guisamways@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Edificações não contempladas por infraestruturas de coleta de esgoto podem ocasionar lançamentos irregulares de esgoto *in natura* no solo, cursos de água e galerias de águas pluviais, causando efeitos negativos na qualidade ambiental e na saúde humana. Os últimos dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) demonstram que, em 2021, 55,8% da população total e 64,1% da população urbana atendida pelas empresas de saneamento participantes não possuíam rede de coleta de esgotos (SNIS, 2022). Nesses casos, e excluindo-se o lançamento inadequado *in natura* em cursos de água, a principal forma de afastamento e tratamento do esgoto sanitário é pelo uso de sistemas individuais instalados próximo aos locais de geração, como tanque e fossa séptica, fossa rudimentar e vala a céu aberto. Dessas alternativas, apenas o tanque séptico é considerado adequado pelo Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) (PLANSAB, 2019). Estima-se que 35,7% dos municípios brasileiros adotem sistemas alternativos para tratamento de esgoto (SNIS, 2022), sendo 64% nas áreas rurais e 38% nas áreas urbanas (IBGE, 2023). Nas edificações urbanas, o seu uso justifica-se quando não há viabilidade técnica ou econômica para a instalação de rede coletora de esgoto (por exemplo, pelas características topográficas). Também se justifica o seu uso nas áreas rurais e nas periferias de áreas urbanizadas, este último devido ao crescimento desorganizado, em meio ao qual os serviços de saneamento ainda não estão disponíveis. Tais sistemas alternativos, desde que projetados, implantados e operados de forma adequada, podem representar uma alternativa eficaz de tratamento individual em áreas não atendidas pelo sistema de coleta de esgoto (ANDREOLI, 2009; JORDÃO e PESSOA, 2017).

Para um funcionamento adequado, o lodo gerado e acumulado em tanques sépticos deve ser removido com certa periodicidade. Geralmente, essa remoção de lodo é realizada por caminhões “limpa-fossa” que transportam esse resíduo até o local de tratamento ou disposição final (MENDONÇA *et al.*, 2019).

Igualmente ao que ocorre com os lodos gerados no tratamento de esgotos, o lodo dos tanques sépticos possui contaminantes orgânicos, inorgânicos e biológicos que

devem ser rastreados (controle de origem, trajeto e destino de acordo com o licenciamento ambiental), tratados e dispostos em ambientes controlados, de forma a minimizar seus impactos ambientais e riscos à saúde pública. Para tanto, os serviços de “limpa-fossa” devem possuir certificação legal como critério fundamental para a sua operação. Do contrário, podem acarretar informalidade no tipo de serviço, podendo ocorrer descartes irregulares no meio ambiente, assim transformando uma solução viável para áreas sem rede coletora de esgoto em possíveis pontos de poluição ambiental. Entre as formas mais comuns de descarte irregular, podem-se citar: os realizados diretamente no solo; nas redes de drenagem urbana; e até mesmo diretamente em cursos de água. Há relatos de esgotamento irregular nos poços de visita de redes coletoras de esgoto existentes, que podem ocasionar obstruções e aumento dos custos de manutenção da rede.

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 237/1997 determina que haja licenciamento ambiental para atividades de tratamento de esgoto sanitário e transporte de produtos perigosos (CONAMA, 1997), porém não é explícito se a atividade de empresas “limpa-fossa”, que permeia as duas condições, deve necessariamente ser objeto de licenciamento ambiental. A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) exige um laudo biológico atestando a ausência de agentes patogênicos e, na falta dele, adota por princípio a precaução, a classificação desse tipo de transporte como produto biológico infectante do grupo A ou B sob o número nº ONU 2814, 2900 ou 3373, dependendo do caso (ANTT, 2016, 2019). Nesse caso, prevê a rastreabilidade do transporte. Atualmente, encontra-se em processo de consulta nacional a Norma Brasileira (NBR) 17.076 (ABNT, 2022), relativa à elaboração de “projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte”. No texto, torna-se obrigatório o licenciamento da coleta e destinação final de acordo com a legislação vigente, determina-se o lançamento em estações de tratamento de esgoto (ETE) ou em pontos de coleta específicos, desde que autorizado pela prestadora de serviços de saneamento. Também se especifica que o tratamento do lodo pode seguir o disposto na NBR 12.209 Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário (ABNT, 1992, 2022).

Estados e municípios devem também, de acordo com as suas competências, criar mecanismos legais para licenciar a atividade. No Estado do Paraná, como exemplo, existem a Resolução da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA) nº 051/2009 e a Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CEMA) nº 107/2020; ambas regulamentam quando da dispensa de licenciamento ambiental. Essas resoluções determinam que as empresas “limpa-fossa” devam solicitar uma Licença Ambiental Simplificada (LAS), Declaração de Dispensa de Licenciamento Ambiental Estadual (DLAE) ou Declaração de Inexigibilidade de Licença Ambiental (DILA), dependendo do caso (PARANÁ, 2009, 2020). Outros estados possuem critérios semelhantes, como o de São Paulo, que determina a obrigatoriedade de licenciamento ambiental para empresas “limpa-fossa”, independentemente do regime tributário adotado pela empresa — Lei Estadual nº 997 (SÃO PAULO, 1976a), Decreto Estadual nº 8.468 (SÃO PAULO, 1976b) e Decreto Estadual nº 62.973 (SÃO PAULO, 2017). O governo municipal também pode criar instrumentos para regularização e fiscalização dessa atividade, caso ainda não as tenha em vigor. Os mecanismos de controle podem ser realizados por meio de alvarás de funcionamento, licenças da vigilância sanitária, ou até mesmo a exigência de licenciamento ambiental, como é o caso do Município de Florianópolis (Lei Complementar nº 594) (FLORIANÓPOLIS, 2016). Saindo da esfera legal, as operadoras de saneamento, sob concessão, municipais ou autárquicas, também podem exigir algum tipo de permissão ou autorização das empresas “limpa-fossa” quando do lançamento do lodo em suas ETE, a fim de evitar as que não possuam licenciamento ambiental. Outro ponto que pode ser considerado também é a exigência de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) por profissionais capacitados, com o objetivo de evitar lodos de origem não doméstica. Importante notar que, nas legislações discutidas, as empresas licenciadas devem possuir estrutura para o recebimento, tratamento e disposição final do lodo coletado. Quando não, os descartes desses lodos devem ser realizados em ETE de companhias de saneamento (SOUZA *et al.*, 2015).

As ETE, em sua maioria, não foram concebidas para receber lodo de tanque séptico e, havendo a recomendação

para que as empresas de “limpa-fossa” encaminhem o lodo para elas, as operadoras de saneamento acabam por recebê-lo a fim de promover o seu tratamento e disposição. Isso posto, na prática, o lodo séptico atualmente é codisposto nas ETE, que geralmente não possuem critérios técnicos para o seu recebimento, o que pode prejudicar o tratamento do esgoto e do lodo gerado por essas estações.

Esta Nota Técnica tem por objetivo apresentar a problemática do uso de tanques sépticos, sobretudo na codisposição de seu lodo com esgoto sanitário em ETE, discutir as características de projeto e construção de dispositivos e estruturas para o recebimento do lodo, e, por último, sugerir dosagens de lodo séptico para o recebimento do lodo em estações e seus impactos.

2. O TANQUE SÉPTICO E SEU USO NO BRASIL

Os tanques sépticos são unidades de tratamento primário, físico e biológico, que detêm o esgoto sanitário por um período que permita a sedimentação e armazenamento dos sólidos, propiciando a digestão do lodo armazenado e, conseqüentemente, a transformação em compostos mais estáveis. A eficiência de remoção de demanda química de oxigênio (DQO) e de sólidos suspensos totais (SST) pode variar entre 30 e 50% em ambos os parâmetros, a depender de sua concepção, temperatura e carga de esgoto afluente (JORDÃO e PESSOA, 2017; CAMPOS e ANDRADE NETO, 1999; van HAANDEL *et al.*, 2006).

Existem tipologias e configurações diferentes de tanques sépticos, os quais podem ser unidades pré-fabricadas em diferentes materiais ou construídas *in loco*. Podem ter uma ou mais câmaras de digestão, sobrepostas ou em série, de forma prismática ou cilíndrica, e possuir ou não uma câmara de sedimentação. Essa última configuração, chamada de tanque *Imhoff*, possui a vantagem de separar as bolhas de biogás geradas pela digestão anaeróbia, permitindo melhor sedimentação dos sólidos (SAMWAYS, 2015). A NBR 7.229 recomenda o uso de tanque séptico de câmara de digestão única, prismática ou cilíndrica, seguido de pós-tratamento (ABNT, 1993). O pós-tratamento de tanques sépticos pode ser realizado por diversas tecnologias definidas pela NBR 13.969, como filtros

anaeróbios, por exemplo (ABNT, 1997). A NBR 17.076 irá, quando aprovada e publicada, cancelar e substituir as supracitadas normas (ABNT, 2022).

Independentemente da tipologia, o esgoto bruto é conduzido à parte superior do tanque, podendo ser auxiliado ou não por uma placa deflectora, havendo a sedimentação dos sólidos que se acumulam na parte inferior. A saída do esgoto dá-se pela parte oposta e, preferencialmente, deverá ser encaminhado a um tratamento complementar. Pode ocorrer o acúmulo de espuma na parte superior do tanque. Essa espuma é constituída por gorduras e sólidos particulados de baixa densidade. O material sedimentado de origem orgânica é parcialmente digerido por microrganismos anaeróbios gerando biogás, que tende a sair solubilizado no efluente e por respiros previamente instalados no tanque (JORDÃO e PESSOA, 2017). O tempo de detenção hidráulico (TDH) é de 24 horas para vazões de esgoto até 6.000 L.d⁻¹, diminuindo gradativamente até chegar a um TDH de 12 horas, para vazões de 14.000 L.d⁻¹ ou superiores. O volume útil mínimo é de 1.250 L segundo norma em vigor — NBR 7.229 (ABNT, 1993). Já conforme

a NBR 17.076 (ABNT, 2022), ainda em aprovação, o TDH é de 24 horas para vazões de esgoto até 1.500 L.d⁻¹, diminuindo gradativamente até chegar a um TDH de 12 horas, para vazões de 9.001 e 12.000 L.d⁻¹.

A **Figura 1** representa esquematicamente o funcionamento de um tanque séptico.

O lodo mineralizado permanece no tanque até a sua remoção. O intervalo de limpeza deve ser de um a cinco anos, dependendo da seleção e do dimensionamento do tanque. O acúmulo do lodo mineralizado reduz o volume útil de sedimentação e digestão, diminuindo a sua eficiência ao longo do tempo (JORDÃO e PESSOA, 2017; SAMWAYS, 2015). Caso a remoção não ocorra, o tanque séptico perderia completamente sua função, pois o esgoto entraria e sairia do sistema sem que ocorresse qualquer remoção de poluentes. Sendo assim, a utilização do tanque séptico requer como operação fundamental a remoção do lodo (SAMWAYS, 2015).

Apesar de certo avanço obtido nos últimos anos na ampliação da cobertura de coleta de esgoto, esta ainda se encontra longe da meta de atendimento de 84% das áreas

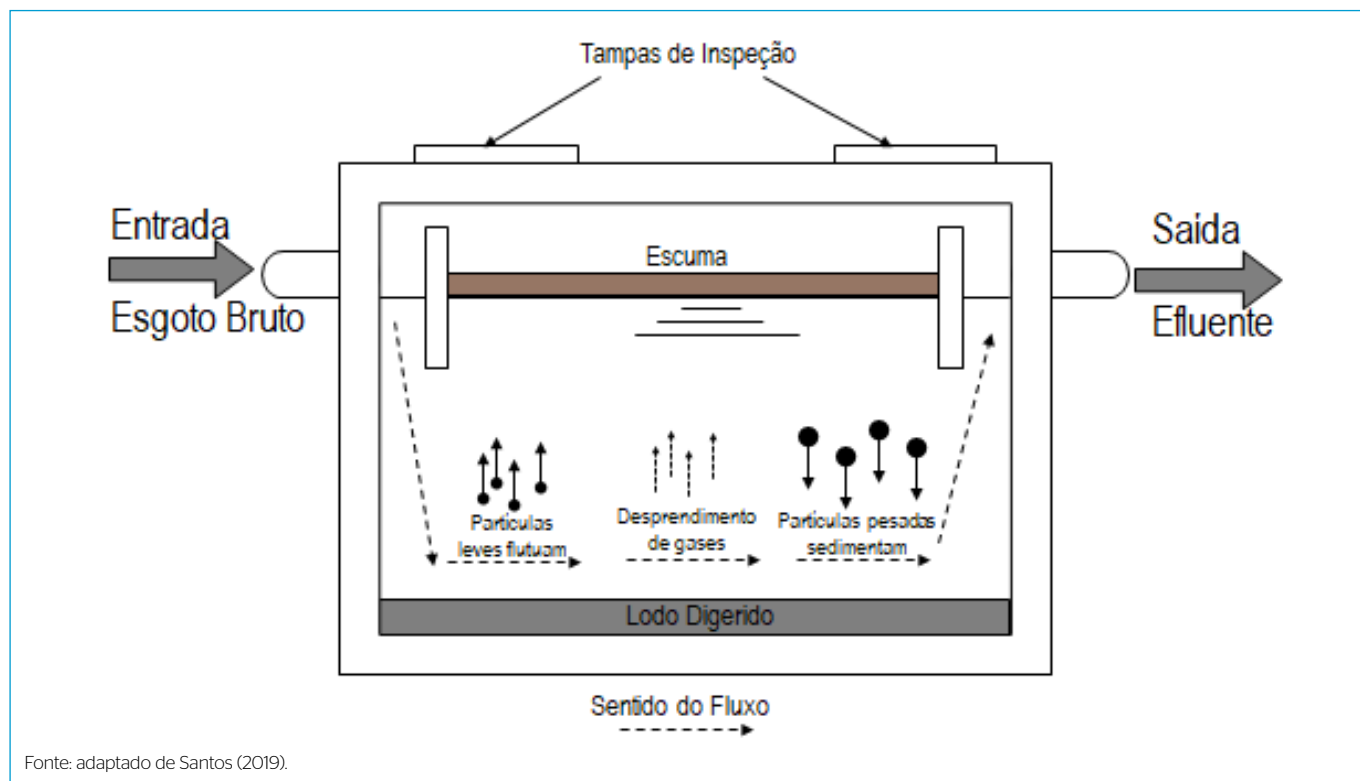


Figura 1 – Desenho esquemático do funcionamento de um tanque séptico.

urbanas e rurais para o ano de 2033, proposta pelo Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) (PLANSAB, 2019). Importante ressaltar que o uso de tanques sépticos como tratamento individualizado faz parte do que tem sido proposto pelo PLANSAB como forma de universalização da coleta e tratamento de esgotos sanitários no Brasil (AISSE *et al.*, 2015a). Ou seja, há a permissão e o incentivo para o uso desse sistema quando da indisponibilidade de redes de coleta ou até a sua implantação. Também seguindo o mesmo propósito, agora sob o enfoque das áreas rurais, foi instituído pela Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), que possui, entre as suas diretrizes, o uso de tanques sépticos para a promoção do saneamento nessas localidades (FUNASA, 2019). Os últimos dados disponibilizados mostram que 16,3% dos domicílios pesquisados pelo Plano Nacional de Amostras por Domicílios Contínua (PNAD-Contínua) utilizam fossas e tanques sépticos (IBGE, 2023).

Um elemento que dificulta a real compreensão do cenário do uso de tratamento individualizado no Brasil é a terminologia utilizada em razão da concepção do sistema de tratamento. O termo “fossa séptica” deveria corresponder exclusivamente a sistemas não estanques, que permitem o contato do esgoto no solo, propiciando a infiltração da parcela líquida e, conseqüentemente, parte da matéria orgânica, incluindo agentes biológicos. Os sistemas de fossas sépticas devem ser descartados como soluções adequadas, pois contaminam o solo e conseqüentemente as águas do lençol freático. Fossas de construção precária são geralmente denominadas de “fossas rudimentares”.

Já o termo “tanque séptico” deveria corresponder exclusivamente a sistemas estanques que não permitem nenhum contato do esgoto com o solo. Ou seja, são dois sistemas de tratamento distintos. Os dois termos são utilizados de forma frequente e errônea como o mesmo sistema, parte por hábito tradicional de uso de linguagem e parte por desconhecimento das diferenças de concepção e operação existente entre ambos. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Ministério do Desenvolvimento Regional e outras entidades e termos de legislações, incluindo o próprio PLANSAB, utilizam os termos “fossas

e tanques sépticos como sendo o mesmo sistema (IBGE, 2012; PLANSAB, 2019). Assim, desconhece-se a quantidade real de fossas e de tanques sépticos individualmente.

Outro ponto desfavorável é o uso caótico dessa alternativa tecnológica, que não observa critérios adequados de dimensionamento apresentados nas normas brasileiras editadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Tanques sépticos dimensionados de forma aleatória ou equivocados podem apresentar eficiências menores de tratamento individualizado, perdendo o objetivo principal da redução de matéria orgânica e retenção de sólidos. Há até mesmo tanques sépticos pré-fabricados disponíveis e à venda em lojas de material de construção, com especificações muito aquém das recomendadas para residências unifamiliares.

Por último, os tanques sépticos são geralmente instalados sob jardins, pisos e calçamentos, permanecendo ocultos aos usuários, e assim propiciando certa negligência em sua correta operação. Como já demonstrado, o tanque séptico requer a remoção de lodo de forma periódica, ficando o gerador responsável por essa operação. Todavia, por desconhecimento de seu funcionamento, o usuário geralmente realiza a limpeza apenas quando há problemas como odor, extravasamento, refluxo de esgoto e entupimento de tubulações. Quando esse tipo de situação ocorre, geralmente o intervalo de limpeza foi ultrapassado e a unidade já não está funcionando adequadamente há certo tempo. Sendo assim, o usuário de tanques sépticos deve ser estimulado a operar o sistema, ou seja, remover o lodo de forma periódica. Como o estímulo é inexistente, muitos sistemas, mesmo corretamente dimensionados e instalados, não funcionam, prejudicando de forma significativa o meio ambiente local, sobretudo em áreas mais densamente povoadas.

3. CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE TANQUE SÉPTICO

O lodo de tanque séptico não pode ser classificado e, conseqüentemente, tratado da mesma forma que o lodo oriundo das ETE. Segundo Andreoli (2009), o lodo de tanque séptico tem como principal característica a desuniformidade das características físico-químicas e biológicas,

assemelhando-se mais a um esgoto muito concentrado do que a um lodo propriamente dito. O mesmo autor afirma ainda que esse resíduo “é uma mistura de esgoto e lodo, que não apresenta as características típicas do esgoto, nem do que se conhece normalmente como lodo na terminologia da Engenharia Sanitária”.

Na **Tabela 1** são apresentadas as características do lodo de tanque séptico e a comparação de alguns de seus parâmetros com os máximos admitidos pelas legislações ambientais brasileiras para uso no solo — no caso, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 498/2020, que define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgotos, e a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento nº 27/06 (MAPA, 2006), que trata da importação ou comercialização para a produção de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes.

Estudos de caracterização de lodos de fossas e tanques sépticos foram realizados no âmbito do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), nos quais foram compilados resultados encontrados por diversos autores, conforme apresentado na **Tabela 2**. As tabelas apresentam grande variabilidade em todos os parâmetros investigados, ressaltando que o lodo séptico não possui nenhuma uniformidade se comparado com o esgoto sanitário. Assim, cada descarga de caminhão “limpa-fossa” em ETE acrescenta uma carga imprevisível para a codisposição.

As características do lodo séptico de cada descarga de caminhão dependem de diversos fatores que incluem o dimensionamento do tanque séptico, a operação e intervalo de descarte do lodo, temperatura do local, atividades e número dos usuários, infiltrações irregulares de águas de drenagem ou demais infiltrações parasitárias. Enquanto as redes de coleta de esgoto tendem a uniformizar o esgoto

Tabela 1 - Caracterização do lodo de tanque séptico e comparação com parâmetros admitidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Variáveis	Lodo de tanque séptico			Legislação ambiental brasileira	
	PROSAB (2009)	FSM (2014)	LS-RENTED (2017)	CONAMA nº 498/20 (2006)*	MAPA nº 27 (2006)
ST (mg.L ⁻¹)	715 - 35.019	22.702	16.185 ± 9.645	-	-
STV (mg.L ⁻¹)	317 - 27.006	6.000	12.440 ± 7.148	-	-
SD (mL.L ⁻¹)	250 - 825	-	354 ± 88	-	-
TS (%)	-	-	8,94 ± 11,28	-	-
pH (-)	5,30 - 8,03	4,03 - 10,97	6,58 - 7,48	-	-
DQO (mg.L ⁻¹)	296 - 19.367	65.000	18.660 ± 10.722	-	-
Al (mg.kg ⁻¹)	0 - 143	-	37,70 ± 9,15	-	-
As (mg.kg ⁻¹)	-	-	-	41	20
Ba (mg.kg ⁻¹)	37,70 - 1.108	-	0,59 ± 0,17	1.300	-
Cd (mg.kg ⁻¹)	0,21 - 0,54	20,00	0,01 ± 0,00	39	8
Cr (mg.kg ⁻¹)	2,78 - 89,40	766,67	0,13 ± 0,04	1.000	500
Cu (mg.kg ⁻¹)	8,82 - 374	-	1,38 ± 1,32	1.500	-
Hg (mg.kg ⁻¹)	-	-	-	17	-
Mo (mg.kg ⁻¹)	-	-	-	50	-
Ni (mg.kg ⁻¹)	2,93 - 24,17	256,67	0,06 ± 0,03	420	175
Pb (mg.kg ⁻¹)	2,93 - 24,17	383,33	0,08 ± 0,04	300	300
Se (mg.kg ⁻¹)	-	-	-	36	-
Zn (mg.kg ⁻¹)	22,18 - 1,30	2.800,00	5,21 ± 1,44	2.800	-
Ovos de Helmintos (nº.ovos.gST ⁻¹)	4 - 332	-	259 ± 327	-	-

Fonte: adaptado de Mendonça *et al.* (2019).

ST: sólidos totais; STV: sólidos totais voláteis; SD: sólidos dissolvidos; TS: teor de sólidos; DQO: demanda química de oxigênio.

*A Resolução CONAMA 498/2020 para Lodo Classe 1.

Tabela 2 - Caracterização de resíduos de fossa/tanque séptico no Brasil.

Referências	Variáveis (mg.L ⁻¹)									
	ST	STV	SST	SSV	DBO	DQO	NTK	Amônia	PT	Óleos e Graxas
Meneses, Ingunza e Jacome (2001)	12.880	3.518	7.091	2.246	2.434	6.895	120	89	18	531
	2.280	1.710	1.240	1.030	1.020	2.400	55	38	6	6
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	39.238	11.828	17.350	8.160	4.800	16.000	180	149	67	8.533
Cassini <i>et al.</i> (2003)	9.550	6.172	6.896	5.018	2.808	10.383	-	116	45	1.588
	516	224	145	79	-	528	-	36	7	18
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	33.292	18.454	27.500	18.000	-	29.704	-	278	216	6.982
Rocha e Sant'anna (2005)	1.631	-	492	-	2.829	7.912	-	768	112	971
	9	-	2	-	60	144	-	65	2	58
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8.160	-	1.750	-	8.600	19.830	-	3.280	445	3.235
Leite <i>et al.</i> (2006)	9.267	4.868	-	-	1.863	9.419	-	-	-	588
	745	304	-	-	488	1.363	-	-	-	24
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	44.472	21.445	-	-	4.103	25.488	-	-	-	3.639
Tachini, Belli Filho e Pinheiro (2006)	49.593	29.685	37.731	-	11.424	23.835	-	-	-	-
	655	300	215	-	230	474	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	162.660	106.960	134.000	-	47.200	56.000	-	-	-	-
Belli Filho <i>et al.</i> (2002)	7.186	3.413	2.064	1.087	1.890	6.119	-	58	90	327

Fonte: Andreoli (2009).

ST: sólidos totais; STV: sólidos totais voláteis; SST: sólidos suspensos totais; SSV: sólidos suspensos voláteis; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; DQO: demanda química de oxigênio; NTK: nitrogênio total Kjeldahl; PT: fósforo total.

em função de sua geração e transporte, o lodo séptico possui as características exclusivamente dos locais de geração. Vale ressaltar que as empresas “limpa-fossa” prestam atividades de esgotamento além das de fossas e tanques sépticos. Muitas atuam conjuntamente com empresas de saneamento na desobstrução de redes de coleta de esgoto convencionais, e seu conteúdo também é direcionado às ETE. Algumas até mesmo prestam serviços para a área industrial, podendo, ainda, transportar lodos de outras origens para as ETE, seja de forma irregular, seja misturados com o lodo séptico pela falta de limpeza dos tanques dos caminhões, contribuindo para o aumento da variabilidade dos parâmetros do lodo séptico.

4. IMPACTOS DO LANÇAMENTO DE LODO SÉPTICO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Geralmente, as ETE não são concebidas para o recebimento de lodo séptico e, quando da sua ocorrência, pode ocorrer diminuição na eficiência de tratamento da

estação, principalmente quando ele é realizado sem critérios técnicos adequados (HEINSS e STRAUSS, 1999; CHAGGU, SANDERS e LETTINGA, 2007; STILL e FOXON, 2012; WILSON e HARRISON, 2012; DANGOL, 2013; HOOIJMANS *et al.*, 2013). A **Tabela 3** apresenta alguns trabalhos de investigação de impactos do lodo séptico em ETE com tecnologia aeróbia e anaeróbia, incluindo estudos em unidades em escala piloto e bancada.

Quanto à tecnologia empregada, têm-se os reatores UASB entre o rol de tecnologias adequadas ao recebimento do lodo, pois eles já realizam o processo de digestão e adensamento do lodo, diminuindo seu volume final (LÓPEZ, MORGAN e NOYOLA, 2000; CHERNICHARO *et al.*, 2015).

5. CODISPOSIÇÃO DE LODO SÉPTICO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

O lançamento de lodo séptico pode ser feito diretamente nas entradas das ETE. Em situações normais, o descarte

Tabela 3 - Impactos sobre lançamento de lodo de tanques séptico em estações de tratamento de esgoto.

Referência	Local	Cenário	Resultados relacionados com impactos em ETE
Heinss e Strauss (1999)	Alemanha	Operação de digestor anaeróbio.	A digestão anaeróbia com até 50% de lodo séptico não foi prejudicada.
Heinss e Strauss (1999)	—	Cargas intermitentes de lodo séptico em sistemas de lodo ativado.	A presença de óleos e graxas dificulta a sedimentação. Houve deterioração na ordem de 20 a 30% na eficiência da remoção de DBO.
Tachini (2002)	Blumenau/SC	Lodo de tanque séptico (não quantificado no trabalho) é lançado em uma ETE com reator UASB (V @ 1.210 m ³) que recebe vazão média de 13,2 L.s ⁻¹	Não houve prejuízo na remoção de DQO, porém houve maior instabilidade na qualidade do efluente do reator e aumento de SST no efluente.
Vieira, Carvalho e Campos (2005)	ETE Lages - Aparecida de Goiânia/GO	Cerca de 10 caminhões de lodo (80 m ³) por dia descarregados em ETE com dois reatores UASB, seguidos por lagoas. ETE projetada para vazão média de 50 L.s ⁻¹ .	Não há abordagem aprofundada e específica sobre impactos. A ETE estava em fase inicial de operação, porém, na 29ª semana de operação, ocorreu queda na remoção de DQO (com perdas de eficiência na ordem de 40%).
Leite et al. (2006)	ETE Belém Curitiba/PR	A ETE por processos de lodo ativado com aeração prolongada, com vazão média de cerca de 1 m ³ .s ⁻¹ , recebeu 3.309 m ³ .mês ⁻¹ de lodo séptico (cerca de 462 caminhões - lançado na rede), sendo cerca de 63,4% advindo de residências (porcentagem de lodo em relação ao esgoto de 0,128%).	Não há dados específicos sobre impactos, porém, aparentemente, o efeito foi desprezível no que concerne ao desempenho da ETE.
Pierotti (2007)	ETE Distrito de Água Vermelha São Carlos/SP	Cerca de 50 a 70 m ³ por semana de lodo séptico foi lançado em ETE constituída por reator UASB seguido por biofiltro aerado submerso. O reator UASB (245 m ³) opera com tempo de detenção hidráulico (TDH) médio de 8 h.	Não se notou queda sensível na eficiência de remoção de DQO (porém, grandes oscilações) na qualidade do efluente. A eficiência variou entre 40 e 60%. A remoção de sólidos suspensos chegou a cair de 60 para 29%. Elevada geração média de lodo decorrente das descargas de lodo (0,57 kg SST.kg ⁻¹ DQO aplicada) superior em relação àquela que ocorre sem o lançamento de lodo.
Godoy et al. (2007)	ETE Água Vermelha São Carlos/SP	Descarga de lodo séptico 3 vezes por semana, havendo de 6 a 8 lançamentos de 3 m ³ cada em ETE com UASB + biofiltro aerado submerso (BAS) para 800 pessoas.	Após a estabilização do reator UASB, o impacto do lançamento do lodo, na quantidade de 4% da vazão afluente, não exerceu nenhum impacto negativo ao tratamento.
Gonçalves (2008)	ETE Piloto Campus USP São Carlos/SP	Dois reatores UASB (piloto) com TDH de 8 h, recebendo descargas controladas de lodo de tanque séptico.	Aplicação de até 2/3 de lodo séptico em relação à vazão de esgotos não afetou o sistema.
Samways et al. (2010)	ETE Piloto PUCPR/UFPR/SANEPAR Curitiba/PR	Codisposição de 450 L.d ⁻¹ de lodo séptico, aplicado de forma contínua em reatores UASB piloto, de 2 m ³ de volume e TDH de 8 horas. Foram aplicadas três cargas distintas de lodo (0,22 kg-ST.m ⁻³ .d ⁻¹ e 0,15 kg-DQO.m ⁻³ .d ⁻¹ ; 0,45 kg-ST.m ⁻³ .d ⁻¹ e 0,40 kg-DQO.m ⁻³ .d ⁻¹ ; 0,80 kg-ST.m ⁻³ .d ⁻¹ e 0,71 kg-DQO.m ⁻³ .d ⁻¹) Esses valores significaram acréscimos de até 7,5% para a vazão e de carga de até 66,7 e 29,0%, respectivamente para ST e DQO. A relação volumétrica de lodo aplicado aos reatores foi de 7,2%.	Não foram notados efeitos sensíveis de impacto no efluente dos reatores.
Aisse et al. (2015b)	ETE Itumbiara/GO	Codisposição em reator UASB, de vazão de esgoto de 203,6 L.s ⁻¹ e tempo de detenção hidráulica de 7 horas, utilizando uma relação volumétrica de 51% de lodo séptico.	Não foi notada interferência significativa na qualidade do efluente.
	ETE Trindade/GO	Codisposição em sistema constituído por lagoas anaeróbias (taxa de aplicação superficial de 5.573 kg.ha ⁻¹ .d ⁻¹), seguida de facultativa secundária e de maturação, dimensionado para 80,6 L.s ⁻¹ .	Até TAV de 0,2%, observou-se aumento da concentração de SSed. no efluente anaeróbio, porém não houve interferência na qualidade do efluente das lagoas subsequentes. (TAV= Volume mensal lodo/ Volume mensal esgoto)
Samways (2015)	Estudo em bancada	Degradabilidade do lodo séptico combinado com esgoto bruto, em condições anaeróbias, em batelada e temperatura ambiente (20 a 28 °C) e controlada (35 °C). Foram aplicadas cargas entre 0,12 e 1,23 kg-DQO.m ⁻³ batelada ⁻¹ . A relação volumétrica de lodo variou entre 0,48 e 6,9%.	Os dados não indicaram impacto negativo na produção de metano em relação ao controle.
Caetano et al. (2021)	ETE Mato Grande Canoas/RS	Aplicação de lixiviado de aterro sanitário (2,7%), efluente de banheiro químico (0,1%) e lodo séptico (0,8%) em sistema de lodos ativados tratando esgotos domésticos 96,4%) em batelada.	Verificação de cargas de choque de matéria orgânica, nutrientes e sólidos. Aumento do índice volumétrico de lodo (IVL) de 46 para 287 mL.g ⁻¹ e de 0,42 para 0,82 d ⁻¹ na relação alimento/microrganismo (A/M). Surgimento de organismos filamentosos no processo de sedimentação. Sugestão de aplicação gradual de substâncias coprocessadas na ETE.

de lodo de um caminhão (de volume usual entre 8 e 12 m³) ocorre em cerca de 15 minutos, resultando em acréscimo de 9 a 13 L.s⁻¹ na vazão afluyente da estação. Esse acréscimo pode alterar o regime hidráulico de entrada de afluyente nas ETE e ocasionar impactos significativos, principalmente em estações de menor porte. No caso do uso de reatores UASB, por exemplo, esse acréscimo altera a velocidade ascensional do esgoto, podendo resultar em perda de sólidos no efluente e, conseqüentemente, perda de eficiência do tratamento nos reatores. Tais sistemas aplicados no tratamento de esgoto sanitário são normalmente mais suscetíveis a sobrecargas hidráulicas do que orgânicas.

Contudo, em face das características do lodo séptico, além do aumento na carga hidráulica, também pode ocorrer grande aumento nas concentrações de DQO e de SST, quando o lodo é codisposto em ETE, podendo causar sobrecarga no sistema de tratamento se seu lançamento não for realizado em momento oportuno (períodos de baixa vazão afluyente como o período noturno) ou com um pré-tratamento adequado (LEITE *et al.*, 2006). Heins e Strauss (1999) recomendam que o lodo séptico seja diluído com esgoto antes de sua aplicação para diminuir os efeitos de choque de carga ao sistema.

Nessa visão, Jordão e Pessoa (2017) propuseram a inserção de um tanque de recebimento, equalização e acumulação do lodo, de forma a facilitar o controle do lançamento na ETE. Essa premissa já tinha sido discutida

por Campos *et al.* (2009), que descreveram estruturas de recebimento mais complexas denominadas de Centrais de Recebimento de Lodo de Tanque Séptico (CRLTS) para coprocessamento em ETE e Centrais de Desaguamento e Tratamento do lodo de tanques sépticos (CDT), para servir exclusivamente para o tratamento individualizado sem a codisposição. Recentemente, pesquisas sublinharam o uso de bombas de *air-lift* para a extração de lodos de excesso em sistemas descentralizados de tratamento de esgoto, as quais poderiam ser empregadas também em ETE que recebem lodo séptico (ARAÚJO, MENDONÇA e TEIXEIRA, 2022).

Lucca, Samways e Aisse (2011) apresentaram as opções de gerenciamento do lodo de tanques sépticos, iniciando com o gerador do lodo, a coleta, transporte, recepção, tratamento, e por fim a sua destinação final. Na **Figura 2** é ilustrado o funcionamento do sistema desde a sua fonte geradora, passando pelo transporte e desaguamento em CRLTS, até a destinação final do lodo tratado.

A opção da utilização das CRLTS não englobaria todas as ETE, mas sim aquelas mais propícias ao recebimento do lodo. Como critérios de seleção das ETE para a instalação das CRLTS, têm-se como variáveis a serem consideradas: a tecnologia de tratamento utilizada; seu porte; e sua posição geográfica. Quanto à tecnologia existente na ETE, buscam-se as que sejam menos sensíveis ao possível impacto do acréscimo do lodo e do aumento do volume

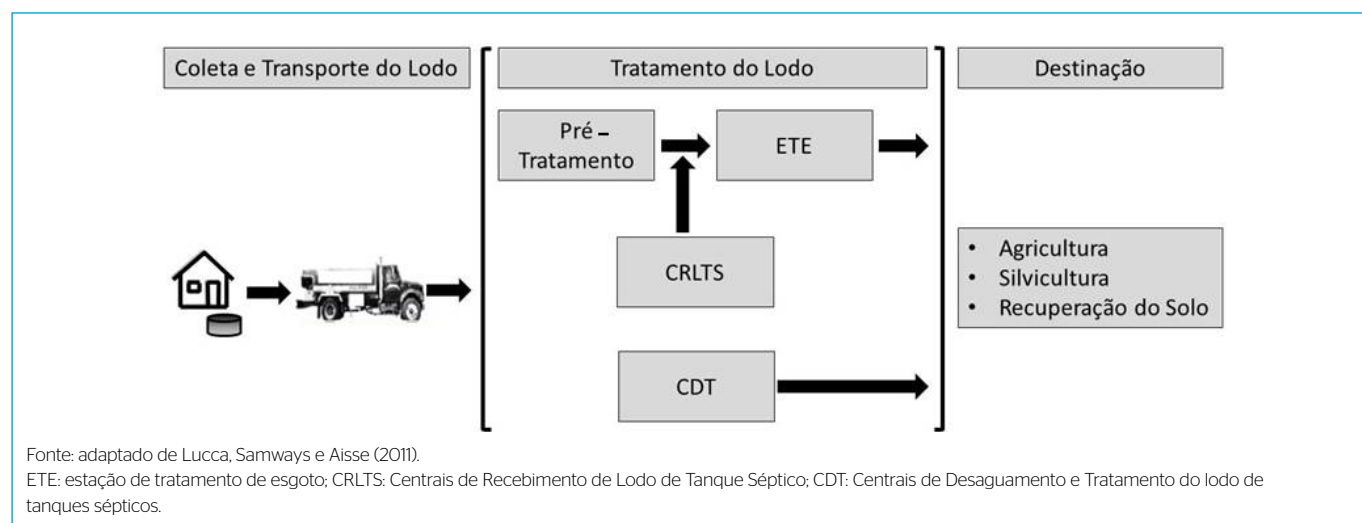


Figura 2 - Integração do fluxograma do sistema individual do tratamento de esgoto com seu tratamento e destinação final.

gerado na estação. Quanto ao porte das ETE, as de maiores vazões de esgoto possuem a vantagem de ter maior diluição do lodo, havendo um possível menor impacto. ETE de menor porte, sobretudo em tratamento descentralizados, podem ser mais sensíveis ao acréscimo do lodo. Sobre o posicionamento geográfico, a seleção das ETE mais próximas aos geradores de lodo séptico (regiões com ausência de rede coletora) ou as que possuem acesso fácil e adequado à circulação de caminhões limpa-fossa permitem a diminuição do tempo e custo desse tipo de operação.

6. CONCEPÇÃO DE CENTRAL DE RECEBIMENTO DE LODO DE TANQUE SÉPTICO

Samways *et al.* (2014) e Samways (2015) estudaram 13 propostas de estruturas de recebimento de lodo séptico e CRLTS encontradas na literatura. As estruturas foram classificadas de acordo com as tecnologias de recepção e pré-tratamento sugeridas pelo(s) autor(es), conforme apresentado na **Tabela 4**.

Samways (2015) apresentou uma proposta que visou contemplar as características comuns das estruturas apresentadas acima, sem a pretensão de ser definitiva, ficando livre a alteração de acordo com as necessidades locais. A proposta, porém, tem a tendência de se adaptar

à maioria das situações. Sendo assim, esta Nota Técnica sugere a adoção da proposta apresentada por Samways (2015) como a recomendada para a adoção de CRLTS nas ETE que venham a codispor lodo séptico.

A proposta apresentada utilizaria um sistema de gradeamento, dois tanques de equalização paralelos, que seriam utilizados de forma intermitente e alternada, e bomba dosadora de lodo. Um dos tanques equalizaria os diferentes lançamentos de lodo séptico e o segundo realizaria a separação das fases do lodo equalizado (escuma, líquido e sólido), atuando como um sedimentador.

Campos *et al.* (2009) estudaram a sedimentabilidade do lodo séptico. De acordo com as curvas de sedimentabilidade, o lodo séptico apresentou resultados satisfatórios após 30 minutos de repouso. A adoção do misturador pode ser excluída caso sejam usados critérios menos restritivos na aplicação do lodo séptico em codisposição, o que pode ser feito em estações de grande porte. O uso de dois tanques tem o intuito de dar tempo hábil para realizar análises e determinações físico-químicas do lodo sedimentado, a fim de determinar a dosagem ideal de aplicação em termos de carga ($\text{kg DQO.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$ ou $\text{kg SST.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$).

As análises e determinações também protegem a ETE de descargas de lodo não provenientes de tanques sépticos que, porventura, seriam descarregadas indevidamente,

Tabela 4 - Matriz com o resumo dos fluxogramas das propostas de Centrais de Recebimento de Lodo de Tanque Séptico estudadas.

Proposta	Autor(es)	Gradeamento	Medição de Vazão	Tanque de Equalização	Misturadores	Dosagem por Bombeamento	Separação de Fases	Flotação
(1)	Gonçalves (2008)							
(2)	Crippen, Ghantous e Antill (2009)							
(3)	Campos <i>et al.</i> (2009)							
(4)	Campos <i>et al.</i> (2009)							
(5)	Campos <i>et al.</i> (2009)							
(6)	Souza (2009)							
(7)	Samways <i>et al.</i> (2010)							
(8)	Souza (2012)							
(9)	Aisse <i>et al.</i> (2015b)							
(10)	Aisse <i>et al.</i> (2015b)							
(11)	Aisse <i>et al.</i> (2015b)							
(12)	Aisse <i>et al.</i> (2015b)							
(13)	Aisse <i>et al.</i> (2015b)							

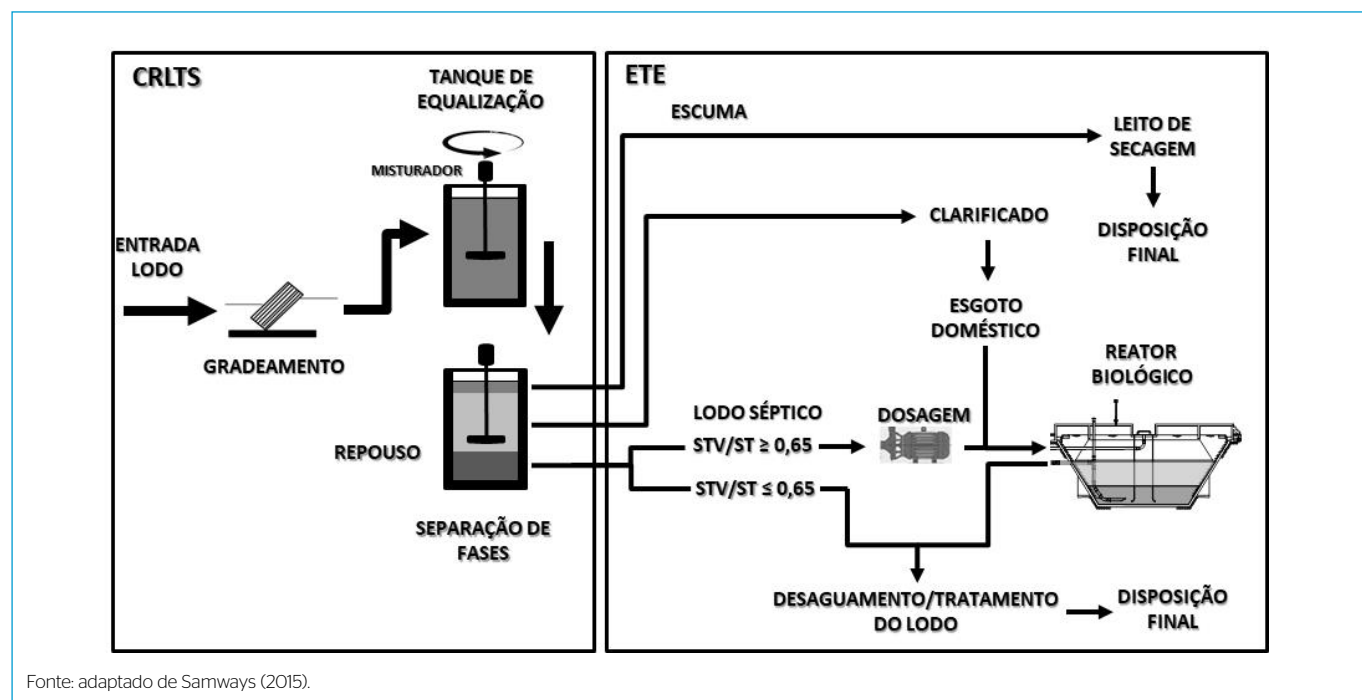
podendo prejudicar o tratamento biológico. Os parâmetros recomendados seriam pH, ST, sólidos totais voláteis (STV), SST e DQO. Após a separação das fases, a espuma seria removida para leito de secagem (ou outra tecnologia de desidratação de gorduras) e disposição final. A fase líquida seria incorporada diretamente ao esgoto bruto na entrada da ETE.

O lodo sedimentado poderia seguir dois caminhos: caso a relação STV/ST seja superior a 0,65, o lodo seria dosado por bombeamento à estação; caso seja inferior, o lodo seguiria para o sistema de desaguamento e tratamento conjuntamente com o lodo da ETE. A dosagem do lodo pode ser variável de acordo com o hidrograma de vazão da ETE. Não há a necessidade da medição de vazão de lodo, pois ela poderá ser quantificada em relação ao volume em seu tanque de equalização.

O sistema de gradeamento deve possuir um espaçamento equivalente ou com maior eficiência ao utilizado na ETE, a fim de manter a qualidade das operações nas estações e do lodo gerado. Samways *et al.* (2010) identificaram uma média de um volume de 12 L de sólidos grosseiros por descarga de 8.000 L ($1,5 \text{ L}\cdot\text{m}^{-3}$) de lodo em um gradeamento de 5 mm de espessura. A **Figura 3**

contempla o fluxograma da proposta apresentada por esta Nota Técnica. Esse fluxograma contempla o sugerido pelos autores estudados na **Tabela 4**, compilando as informações e ideias para a concepção das CRLTS.

Os locais de descarte deverão ser instalados, preferencialmente, próximo à entrada da estação, por via exclusiva, evitando assim o tráfego na área interna da ETE, o qual acarretaria transtornos na operação e chances de acidentes. O descarte deverá acontecer com a utilização de mangote acoplado na saída do caminhão e encaminhado até uma caixa de recepção fechada, a fim de evitar sujar o ambiente e diminuir a emissão de odores. O caminhão poderá estar estacionado em rampa inclinada, a fim de auxiliar o descarte do líquido do fundo do tanque do caminhão (até no máximo 10%). A caixa de recepção deverá possuir um sistema de gradeamento de igual ou superior eficiência de remoção de sólidos grosseiros, a fim de não prejudicar a qualidade do tratamento de esgoto e do lodo produzido pela estação. A limpeza da grade poderá ser feita de forma manual ou mecanizada. O ponto de descarte deverá estar em local que permita que o lodo descartado flua aos tanques por gravidade, evitando assim a utilização de bombas hidráulicas.



Fonte: adaptado de Samways (2015).

Figura 3 - Concepção de Central de Recebimento de Lodo de Tanque Séptico (CRLTS) em estações de tratamento de esgoto.

Por mais que ocorra certa mistura do lodo dos diversos caminhões, recomenda-se a utilização de misturador mecanizado no tanque com gradiente que promova sua mistura completa, que poderá ser acionado nos 30 minutos finais do recebimento do lodo. O lodo descarregado pode criar faixas heterogênicas no tanque, prejudicando a caracterização total do lodo.

A seleção de um ou dois tanques dependerá da demanda de descarte de lodo séptico. Esta Nota Técnica recomenda a utilização de dois tanques como segurança adicional para uma codisposição mais precisa e, ao mesmo tempo, com os dados da caracterização do lodo, para poderem ser identificados lodos não sépticos que poderão interferir no processo biológico da estação. Para tanto, o lodo de cada caminhão deverá ser amostrado (preferencialmente com uma amostra composta ao longo do descarregamento do caminhão) e armazenado como testemunho até ser finalizado o processo de caracterização do lodo homogeneizado. Uma vez detectada inconformidade, a totalidade do lodo deverá ser esgotada e encaminhada ao tratamento/disposição final viável mais adequado. Os testemunhos deverão ser caracterizados e, uma vez detectada a origem, o prestador de serviços deverá ser autuado de acordo com o contrato firmado entre a empresa “limpa-fossa” e a companhia de saneamento, podendo esta até mesmo acionar órgãos administrativos, jurídicos e ambientais.

De posse dos dados e com o lodo segregado, encaminha-se a espuma sobrenadante através de registros hidráulicos situados até 30 cm da borda útil do tanque até leito de secagem ou outro tipo de tratamento da espuma. Caso o lodo séptico apresente caracterização que se assemelhe ao esgoto doméstico, poderá ser encaminhado diretamente até a entrada da ETE, misturando-se com o esgoto doméstico. Caso o lodo séptico possua uma relação $STV/ST \leq 0,65$, é considerado como estabilizado, podendo ser encaminhado para as unidades de gerenciamento do lodo oriundo do tratamento de esgoto, como adensamento (muitas vezes não incluído em ETE do tipo UASB), desidratação, higienização (quando reaproveitado na forma de biossólido) e destino final. Caso contrário, o lodo séptico deverá ser

bombeado e dosado de acordo com a capacidade de tratamento por um conjunto motobomba ao tratamento na ETE, para subsequente adensamento e estabilização. Segue um exemplo de dimensionamento de uma CRLTS.

Exemplo 1 - Dimensionamento e Operação da Central de Recebimento de Lodo de Tanque Séptico

Considerando-se uma ETE tratando uma vazão de esgoto afluente (Q_{ESG}) de 20 L.s^{-1} , operando um reator UASB como tratamento secundário, estimar o volume máximo de recepção de lodo séptico a ser codisposto de forma segura.

O dimensionamento da CRLTS é delimitado pelas seguintes condições da ETE: (1) capacidade de recepção dos reatores biológicos da ETE; e (2) demanda volumétrica de descarte de lodo séptico. Pela capacidade de recepção da ETE, considera-se segura uma aplicação de lodo séptico de $0,71 \text{ kg-DQO.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$ e/ou $0,80 \text{ kg.ST.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$, de acordo com os estudos já discutidos.

- Cálculos preliminares:

$$Q_{\text{ESG}} = 20 \text{ L.s}^{-1} = 1728 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$$

$$DQO_{\text{ESG}} = 600 \text{ mg.L}^{-1} \text{ (adotado)}$$

$$\text{Carga Orgânica Afluente (CO)} = \text{Vazão (Q)} \times DQO$$

$$CO = 20 \text{ L.s}^{-1} \times 600 \text{ mg.L}^{-1} = 12 \text{ g.DQO.s}^{-1} \approx 1037 \text{ kg.DQO.d}^{-1}$$

- Dimensão do Reator UASB (TDH = 8h)

$$V \approx 576 \text{ m}^3$$

- Volume de lodo séptico para codisposição

A sedimentação e separação de fases no segundo tanque ocorrem efetivamente após o período de 30 minutos. A coleta e caracterização físico-química do lodo dependem da capacidade de operação da estação e do laboratório. Neste exercício, assume-se que, em um período de 3 horas e 30 minutos, as análises estejam concluídas e a DQO de lodo séptico seja de $10.000 \text{ mg DQO.L}^{-1}$.

$$DQO_{\text{LS}} = 10.000 \text{ mg-DQO.L}^{-1} = 10 \text{ kg-DQO.m}^{-3} \text{ (adotado)}$$

$$CO = 0,71 \text{ kg-DQO.m}^{-3}.\text{d}^{-1} \times 576 \text{ m}^3 \approx 409 \text{ kg-DQO.d}^{-1}$$

- Capacidade de recepção de lodo séptico

$$Q_{LS} = \frac{CO}{DQO_{LS}}$$

$$Q_{LS} = \frac{409 \text{ kg-DQO} \cdot \text{d}^{-1}}{10 \text{ kg-DQO} \cdot \text{m}^{-3}} = 40,9 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \text{ ou } 1,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

A concepção de CRLTS apresentada nesta Nota Técnica contempla a utilização de dois tanques de equalização/sedimentação (ver **Figura 3**). O primeiro tanque recebe as descargas no horário comercial da estação (adotado em 8 horas), equaliza e sedimenta. O lodo é então amostrado e caracterizado, dando-se início à codisposição. O segundo tanque realizaria somente a codisposição. Assim, cada tanque codispõe o lodo em um período de 36 horas, alternadamente. A **Figura 4** exemplifica o exposto.

- Volume do tanque de equalização/sedimentação (p/ 2 tanques)

$$V_{LS} = 1,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \times 36 \text{ h} \approx 61 \text{ m}^3$$

Os caminhões limpa-fossa possuem diversas configurações de volume de transporte de lodo, sendo o mais comum 8 m³. Pelos cálculos da capacidade de recepção, a ETE poderia receber aproximadamente 7,6 caminhões por dia de forma segura. Para atender a demanda volumétrica de descarte de lodo séptico, é ilógico permitir a descarga de parte da carga de um caminhão. Assume-se, assim, o recebimento de até oito caminhões de 8 m³ diariamente, resultando em uma demanda de descarte de 64 m³.

Caso se opte por apenas um tanque de equalização/sedimentação, tem-se:

- Volume do tanque de equalização/sedimentação (p/ 1 tanque)

$$V_{LS} = 1,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \times 12 \text{ h} \approx 20,4 \text{ m}^3$$

O volume operacional é de 24 m³ para até 3 caminhões de 8 m³.

Com estes cálculos, determina-se a quantidade diária de caminhões que a ETE poderá receber. As empresas prestadoras de serviço de “limpa-fossa” deverão agendar com a operação da estação a possibilidade de descarte. Caso a capacidade diária esteja completa, o caminhão deverá ser encaminhado a outra ETE que possua CRLTS ou aguardar agendamento. Dessa forma, a companhia de saneamento deverá investigar a demanda regional de descarte de lodo por parte das empresas prestadoras de serviço e instalar CRLTS em determinadas ETE, preferencialmente nas de maior porte. Sugere-se também que a codisposição seja limitada a apenas um reator, caso a estação possua mais do que um, a fim de monitorar possíveis interferências.

Cada caminhão, em média, leva 30 minutos desde a entrada na ETE, com a apresentação e verificação de documentos, até o fim de descarte do lodo. Assim, cada estação poderá receber diariamente até 16 caminhões por ponto de descarte em um período de 8 horas. Caso possa receber um número maior de caminhões, pontos adicionais de descarte deverão ser contemplados na CRLTS.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta Nota Técnica evidencia a premissa do uso de tanques sépticos como alternativa às redes de coleta de esgoto quando estas não são disponibilizadas, destacando-o

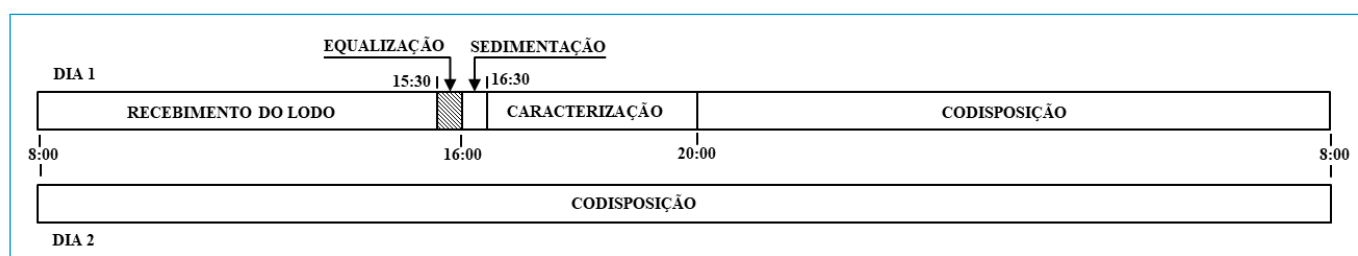


Figura 4 - Representação gráfica da recepção, equalização e aplicação de Lodo de Tanque Séptico em dois tanques em estações de tratamento de esgoto.

como elemento complementar na busca da universalização do saneamento. Tendo esse reconhecimento, o volume de lodo séptico tenderá a aumentar, resultando no aumento da demanda de tratamento e codisposição do lodo em ETE.

Atualmente, considera-se o recebimento de lodo séptico em ETE como algo adicional ou até mesmo eventual. Dependendo do porte das estações, o recebimento de cargas esporádicas não se reflete essencialmente em prejuízos detectáveis ao tratamento de esgoto ou nas características do lodo produzido. Contudo, em se tratando de estações de pequeno porte ou de possível aumento no volume produzido de lodo séptico, poderão ocorrer alterações negativas na eficiência do sistema de tratamento. Em longo prazo e à medida do aumento do rigor legal na qualidade de tratamento de esgotos, o papel do recebimento de lodo séptico codisposto poderá ter maior protagonismo.

Outro fator pertinente é que as empresas de saneamento cobram determinado valor para o recebimento do lodo séptico das empresas “limpa-fossa”. Geralmente essa cobrança é vinculada ao volume de lodo encaminhado à ETE, porém o lodo séptico não possui características constantes, apresentando muita variabilidade. Assim, esse tipo de cobrança muitas vezes pode não refletir no real custo da codisposição, onerando ora as empresas “limpa-fossa”, ora as companhias de saneamento.

Uma vez que alguns trabalhos apresentaram determinados impactos em processos de codisposição, o lodo séptico pode alterar a eficiência do tratamento. Alguns processos podem ser mais ou menos sensíveis em razão da tecnologia

empregada, porte da estação, volume de lodo séptico codisposto e tipologia do lodo aplicado. Sendo assim, pelos dados estudados até o momento, cargas adicionais de até $0,71 \text{ kg-DQO.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$, ou até mesmo $1,23 \text{ kg-DQO.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$ (experimento em bancada) não produzem impacto negativo na eficiência de remoção de DQO em reatores anaeróbios. Em sistemas aeróbios, os estudos mostraram até o momento que aplicações de lodo de até 0,128% do esgoto afluente não prejudicaram o tratamento. Houve estudos sobre codisposição em lagoas, nos quais nenhuma interferência foi notada. Todavia, cabe ressaltar que com o aporte do lodo séptico a quantidade adicional de sólidos, muitos dos quais inertes ou decorrentes da estabilização, fará com que haja uma diminuição da vida útil da lagoa em razão do seu acúmulo.

Por último, para permitir o recebimento controlado do lodo séptico, esta Nota Técnica propõe uma CRLTS ideal a ser instalada em ETE selecionadas para codispor lodo séptico sem que ocorram perdas na eficiência da estação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico — CNPq, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — CAPES, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais — FAPEMIG e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto — INCT ETEs Sustentáveis.

Este trabalho faz parte da série de publicações do INCT ETEs Sustentáveis.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). *Resolução nº 5.232*, de 14 de dezembro de 2016 que aprova as instruções complementares ao regulamento terrestre do transporte de produtos perigosos, e dá outras providências. Brasília: ANTT, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). *Resolução nº 5.848*, de 25 de junho de 2019 que atualiza o

regulamento para o transporte rodoviário de produtos perigosos e dá outras providências. Brasília: ANTT, 2019.

AISSE, M.M.; TRAFCA, A.C.; MOLL, A.C.B.; MISTURIN, M.; LUCCA, P.V. Análise da economicidade do emprego de tanques sépticos como solução para a gestão dos esgotos sanitários de pequenas comunidades. *Revista DAE*, v. 63, p. 58-70, 2015a.

- AISSE, M.M.; CARVALHO, E.H.; SOUZA, M.A.A.; SAMWAYS, G.; PEIXOTO, A.V.; MARIA, F. S.; OLIVEIRA, HADDAD, K. B. Co-disposição de lodo de fossas e tanques sépticos em estação de tratamento de esgotos. In: CARVALHO, E.H.; ANDREOLI, C.V. (Org.) *Lodo de fossa e tanque séptico*: orientações para definição de alternativas de gestão e destinação. Rio de Janeiro: ABES, 2015b. p. 49-160.
- ANDREOLI, C.V. (Coord.) *Lodo de fossa séptica – lodo de fossa e tanque séptico*: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. PROSAB. Curitiba: ABES, 2009, 390 p. Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_6.pdf. Acesso em: jun. 2021.
- ARAÚJO, E.C.; MENDONÇA, N.M.; TEIXEIRA, L.C.G.M. Uso de bombas de air lift para extração de lodos de excesso em sistemas descentralizados de tratamento de esgoto. *Revista DAE*, v. 71, n. 241, 213-223, 2023. <https://doi.org/10.36659/dae.2023.049>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 12.209 – Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitários*. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 7.229 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos*. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 9.649 – Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação*. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 17.076 – Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte – Requisitos*. ABNT/CB-177, PROJETO ABNT NBR 17076, out 2022. Em consulta nacional. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- BELLI FILHO, P.; SOARES, H.M.; MATIAS, W.G.; PINTO, R.O.; CHAGAS A.; CASTILHOS JÚNIOR, A.B. Digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e lodo de tanque séptico. In: Taller Y Simposio Latino-Americano Sobre Digestión Anaerobia, 7., Merida. *Anais...* v. 1. Merida: IWA, 2002, p. 266-269.
- CAETANO, M.O.; MIRANDA, L.A.S.; SOUZA, A.A.R.; GOMES, L.P. Tratamento de lixiviado de aterro sanitário, efluente de banheiro químico e lodo de tanque séptico combinado com esgoto sanitário. *Revista DAE*, v. 69, n. 230, p. 215-230, 2021. <https://doi.org/10.36659/dae.2021.042>
- CAMPOS, J.R.; ANDRADE NETO, C.O. Introdução. In: CAMPOS, J.R. (Coord.) *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo*. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 1999, p. 155-198.
- CAMPOS, J.R.; POVINELLI, S.C.S.; AISSE, M.M.; SOUZA, M.A.A.; SAMWAYS, G.; ALÉM SOBRINHO, P. Tratamento combinado de lodo de tanque séptico e de fossas com esgoto sanitário. In: CARVALHO, E.H.; ANDREOLI, C.V. (Org.) *Lodo de fossa e tanque séptico*: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 181-281.
- CASSINI, S.T.; CHERNICHARO, C.A.L.; ANDREOLI, C.V.; FRANÇA, M.; BORGES, E.S.M.; GONÇALVES, R.F. Hidrólise e atividade anaeróbia em lodos. In: CASSINI, S.T.; (Coord.) *Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás*. Rio de Janeiro, ABES. 2003. p.11-52.
- CHAGGU, E.J.; SANDERS, W.; LETTINGA, G. Demonstration of anaerobic stabilization of black water in accumulation systems under tropical conditions. *Bioresource Technology*, v. 98, n. 16, p. 3090-3097, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.10.029>
- CHERNICHARO, C.A.L.; van LIER, J.B.; NOYOLA, A.; BRESSANI RIBEIRO, T. Anaerobic sewage treatment: state of the art, constraints and challenges. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, v. 14, n. 4, p. 649-679, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11157-015-9377-3>
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução CONAMA nº 237*, de 19 de dezembro de 1997 que dispõe sobre licenciamento ambiental; competência da União, Estados e Municípios; listagem de atividades sujeitas ao licenciamento; Estudos Ambientais, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental. Brasília: CONAMA, 1997.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução CONAMA nº 498*, de 19 de agosto de 2020 que define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos, e dá outras providências. Brasília: CONAMA, 2020.
- CRIPPEN, J.N.; GHANTOUS, R.; ANTILL, M. WWTP for Small Communities Design for Lower Cost Operations Construction & Startup. In: PNCWA Annual Conference. 2009, Boise. *Anais...* Boise, USA: Water Environmental Federation, 2009.
- DANGOL, B. *Faecal sludge characterization and co-treatment with municipal wastewater: process and modeling considerations*. 2013. 117 f. Tese (Master of Science). Delft: UNESCO-IHE Institute for Water Education, 2013.
- FLORIANÓPOLIS. *Lei Complementar nº 594*, de 21 de dezembro de 2016 que acrescenta artigos à Lei Complementar nº 239, de 2006 (Código de Vigilância em Saúde). Florianópolis, Brasil, 2016.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE (FUNASA). *Programa Nacional de Saneamento Rural*. Brasília: Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde, 2019, 260 p.

GODOY, T.G.; PIROTTI, S.M.; SILVA, S.S.; SOUTO, G.A.B.; POVINELLI, J. Efeito da Descarga de caminhões limpa fossa em Estações de Tratamento de Esgoto de pequeno porte. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24., 2007, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 2007.

GONÇALVES, C.P. *Impacto do lançamento do lodo de tanque/fossa séptica em estação de tratamento de esgoto com reator anaeróbico de fluxo ascendente e manda te lodo (UASB)*. 2008. 160 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

HEINSS, U.; STRAUSS, M.; *Co-treatment of faecal sludge and wastewater in tropical climates*. Genebra, Switzerland: EAWAG/SANDEC, 1999, 13 p.

HOOIJMANS, C.M.; DANGOL, B.; LOPEZ-VAZQUEZ, C.M.; RONTETAP, M.; BRDJANOVIC, D. Assessing the feasibility of faecal sludge co-treatment in sewage treatment plants – a practical guide. In: IWA Development Congress, 3., 2013, Nairobi, Kenya. *Anais...* Nairobi, Kenya: IWA, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Demográfico 2010*. Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/93/cd_2010_caracteristicas_populacao_domicilios.pdf. Acesso em: 30 jun. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Plano Nacional de Amostras por Domicílios Contínua (PNAD-Contínua)*. Notas Técnicas Versão 1.12. Rio de Janeiro: IBGE, 2023, 123 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2102004>. Acesso em: 30 set. 2023.

JORDÃO, E.P.; PESSOA, C.A.; *Tratamento de esgotos domésticos*. 8 ed. Rio de Janeiro: Brasil: ABES, 2017, 915 p.

LEITE, B.Z.; PEGORINI, E.S.; ANDREOLI, C.V.; ANDRADE, F.L. Caracterização e alternativas de disposição de resíduos sépticos. In: Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 8., 2006, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: ABES, 2006.

LÓPEZ, J.; MORGAN, J.; NOYOLA A. *Arranque de reactores anaeróbios industriales dos casos de estudio*. In: Congreso de la Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, 12., 2000, Cidade do México, México. *Anais...* Cidade do México, México: FEMISCA, 2000.

LUCCA, V.P.; SAMWAYS, G.; AISSE, M.M. Estudo dos custos de implantação e operação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários para pequenas comunidades. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26., Porto Alegre, 2011. *Anais...* Porto Alegre: ABES-DN, 2011.

MENDONÇA, N.M.; CHERNICHARO, C.A.L.; ANDREOLI, C.V.; PEREIRA, L.M.; SOUZA, M.A.A. Gerenciamento dos subprodutos sólidos do tratamento de esgotos em empreendimentos habitacionais. In: SANTOS, A.B. (Org.) *Caracterização, tratamento e gerenciamento de subprodutos de correntes de esgotos segregadas e não segregadas em empreendimentos habitacionais*. Fortaleza: Imprece, 2019, p. 493-572. Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/O6_11_2019_ProSab_Tratamento_de_Esgoto.pdf. Acesso em: 30 jun. 2021.

MENESES, C.G.R.; INGUNZA M.P.; JACOME, A.C. Caracterização físico-química e biológica dos resíduos de sistemas tipo tanque séptico-sumidouro da cidade de Natal. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21., 2001. *Anais...* João Pessoa: ABES, 2001.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Instrução normativa SDA nº 27, 05 de junho de 2006. Alterada pela IN SDA nº 7, de 12 de abril de 2016, republicada em 02 de maio de 2016. Dispõe sobre importação ou comercialização para a produção de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes no Brasil. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-sda-27-de-05-06-2006-alterada-pela-in-sda-07-de-12-4-16-republicada-em-2-5-16.pdf/view>. Acesso em: 01 jun. 2021.

PARANÁ. Resolução nº 107 de 23 de setembro de 2020 que dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece critérios e procedimentos a serem adotados para as atividades poluidoras, degradadoras e/ou modificadoras do meio ambiente e adota outras providências. Curitiba: Conselho Estadual do Meio Ambiente – CEMA, 2020.

PARANÁ. Resolução nº 051 de 23 de outubro de 2009 que dispensa de Licenciamento e/ou Autorização Ambiental Estadual de empreendimentos e atividades de pequeno porte e baixo impacto ambiental. Curitiba: Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA, 2009.

PIEROTTI, S.M. *Avaliação da partida de reator anaeróbico de fluxo ascendente em manda de lodo (UASB), em escala real, sob condições hidráulicas desfavoráveis*. 2007. 156 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO (PLANSAB). *Documento em revisão submetido à apreciação dos conselhos nacionais de saúde, recursos hídricos e meio ambiente*. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento, 2019, 240 p. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/ArquivosPDF/Versao_Conselhos_Resolu%C3%A7%C3%A3o_Alta_-_Capa_Atualizada.pdf. Acesso em: 30 jun. 2021.

- ROCHA, C.; SANT'ANNA, F.S.P. Regulamentação para despejos de caminhões limpa-fossas na ETE Jarivatuba, Joinville-SC. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23., Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: ABES, 2005, p. 7.
- SAMWAYS, G. *Estratégias de co-processamento de lodo séptico em ETEs empregado reatores UASB*. 2015. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- SAMWAYS, G.; AISSE, M.M.; ANDREOLI, C.V. Tratamento do lodo de tanques sépticos combinado com esgoto sanitário bruto em reatores anaeróbios de manta de lodo em escala piloto. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 32., 2010, Punta Cana, República Dominicana. *Anais...* Punta Cana: República Dominicana: AIDIS, 2010.
- SAMWAYS, G.; BAREA, L.C.; BUSATO, R.; AISSE, M.M. Concepção de central de recebimento de lodo de tanque séptico (CRLTS) em estações de tratamento de esgotos domésticos. In: Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 34., 2014, Monterrey, México. *Anais...* Monterrey, México: AIDIS, 2014.
- SANTOS, A.B.; CHERNICHARO, C.A.L.; LAPOLLI, F.R.; von SPERLING, M.; KATO, M.T.; RIBEIRO, T.B. Tecnologias de tratamento de correntes de esgotos não segregadas aplicadas a empreendimentos habitacionais. In: ARAÚJO, B.S. (Coord.) *Caracterização, tratamento e gerenciamento de subprodutos de correntes de esgotos segregadas e não segregadas em empreendimentos habitacionais*. Fortaleza: RENTED, 2019.
- SÃO PAULO. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. *Lei nº 997*, de 31 de maio de 1976 que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo: ALESP, 1976a.
- SÃO PAULO. Casa Civil. *Decreto nº 8.468*, de 8 de setembro de 1976 que aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo: Casa Civil, 1976b.
- SÃO PAULO. Secretaria de Governo. *Decreto nº 62.973*, de 28 de novembro de 2017 que dá nova redação a dispositivos do Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente, e a dispositivos do Decreto nº 47.400, de 4 de dezembro de 2002, que regulamenta disposições da Lei nº 9.509, de 20 de março de 1997, referentes ao licenciamento ambiental São Paulo: Secretaria de Governo, 2017.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). *Diagnóstico temático, serviços de água e esgoto, visão geral*. Brasília: Secretaria de Saneamento, Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022, 92 p. Disponível em: https://arquivos-snis.mdr.gov.br/REPUBLICACAO_DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2022.pdf. Acesso em: 30 ago. 2023.
- SOUZA, M.A.A. *Relatório parcial da primeira reunião da rede de pesquisa sobre lodo séptico*. Edital FINEP 07/2009. Goiânia: [s.n.], 2009.
- SOUZA, M.A.A. *Relatório parcial da segunda reunião da rede de pesquisa sobre lodo séptico*. Edital FINEP 07/2009. Vitória: [s.n.], 2012.
- SOUZA, M.A.A.; AISSE, M.M.A.; TRAFCA, A.C.; CORDEIRO B.S.; SILVA, W.T.P. Aspectos da gestão de lodos de fossas e tanques sépticos. In: Carvalho, E. H.; ANDREOLI, C. V. (Org.) *Lodos de fossa e tanque séptico: orientação para definição de alternativas de gestão e destinação*. Rio de Janeiro: ABES, 2015. p. 385-449.
- STILL, D.; FOXON, K. *Tackling the challenges of full pit latrines*. v. 1: understanding sludge accumulation in VIPs and strategies for emptying full pits. KwaZulu-Natal, South Africa: Water Research Commission, 2012, 167 p.
- TACHINI, M. *Avaliação de tratamento integrado de esgotos sanitários e de lodo de tanque séptico em um reator anaeróbio RALF*. 2002. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2002.
- TACHINI, M.; BELLI FILHO, P.; PINHEIRO, A. Avaliação de tratamento integrado de esgotos sanitários e de lodo de tanques sépticos em um Ralf: um estudo de caso. *SANARE, Revista Técnica da Sanepar*, Curitiba, v. 24, n. 24, p. 70-78, 2006.
- van HAANDEL, A.; KATO, M.T.; CAVALCANTI, P.F.F.; FLORENCIO, L. Anaerobic reactor design concepts for the treatment of domestic wastewater, *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, v. 5, p. 21-38, 2006.
- VIEIRA, W.L.P.B.; CARVALHO, E.H.; CAMPOS, L.C. Desempenho do reator UASB da ETE Lages – Aparecida de Goiânia em sua fase inicial de operação. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23., 2005, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: ABES, 2005.
- WILSON, D.; HARRISON, J. Thekwini pit latrine program emptying program – the contract, the pitfalls and solutions. In: International Faecal Management Conference, 2012, Durban, *Anais...* South Africa: Water Research Commission, 2012.