

RENATA PANISSON

**AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE PARA TRATAMENTO DE LODOS
DE TANQUES SÉPTICOS COM SOLUÇÕES INDIVIDUAIS E
CONSORCIADAS**

Passo Fundo

2022

RENATA PANISSON

**AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE PARA TRATAMENTO DE LODOS
DE TANQUES SÉPTICOS COM SOLUÇÕES INDIVIDUAIS E
CONSORCIADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada ao curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária da Universidade de
Passo Fundo.

Orientadora: Simone Fiori

Passo Fundo

2022

RENATA PANISSON

**AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE PARA TRATAMENTO DE LODOS DE TANQUES
SÉPTICOS COM SOLUÇÕES INDIVIDUAIS E CONSORCIADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada ao curso de Engenharia
Ambiental e sanitária da Universidade de
Passo Fundo, como requisito para obtenção
do título de Engenheira Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Simone Fiori

BANCA EXAMINADORA



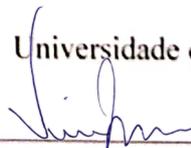
Orientadora: Profa. Dra. Simone Fiori

Universidade de Passo Fundo



Prof. Dr. Iziquiel Cecchin

Universidade de Passo Fundo



Prof. Me. Vinicius Scortegagna

Universidade de Passo Fundo

Passo Fundo

2022

RENATA PANISSON. Avaliação de viabilidade para tratamento de lodos de tanques sépticos com soluções individuais e consorciadas. Ano. 2022. 35. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2022

RESUMO

No Brasil ainda está amplamente utilizado o tratamento de esgoto com soluções individuais, devido a inexistência ou inviabilidade de rede coletora de esgoto, as soluções individuais podem ser consideradas uma boa alternativa desde que operadas de forma adequada. Uma das premissas para manter a boa operação é a retirada de lodo dos tanques sépticos, o qual precisa ser tratado e disposto de maneira adequada, porém os municípios que mais usam esse tipo de tratamento, são municípios pequenos os quais muitas vezes não possuem condições de investir em um sistema adequado, destinando o mesmo de forma inadequada, ou gerando altos custos para tratá-lo. Uma das alternativas é trabalhar com soluções consorciadas, o que pode viabilizar o destino adequado deste material, porém o deslocamento para realizar o tratamento pode inviabilizar essa alternativa, em virtude disso esse trabalho visou levantar o volume de lodo gerado em tanques sépticos nos municípios que compõe a Associação dos Municípios do Nordeste Rio Grandense (Amunor), bem como avaliar soluções de tratamento individuais e consorciadas. Com os dados foi percebido que a região da Amunor se caracteriza por municípios de pequeno porte, o que conseqüentemente apresentam baixo volume de lodo, sendo que considerando coletas diárias o valor do transporte impacta significativamente, porém existe uma alternativa de armazenamento temporário que viabiliza esse custo, além disso, foi possível perceber que mesmo nos maiores municípios da região é viável trabalhar com soluções consorciadas, visto que indiferente de ser solução individual ou coletiva é necessário determinadas estruturas com custos fixos, sendo que quanto maior o porte, maior este custo é diluído.

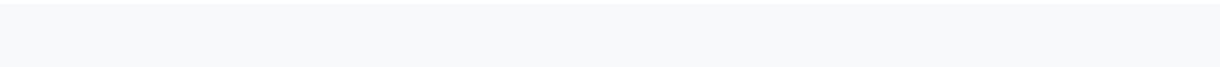
Palavras-chaves: tratamento de lodo, tanques sépticos, soluções individuais, soluções consorciadas;

Renata Panisson. **Feasibility assessment for the treatment of septic tank sludge with individual and collective solutions**. 2022. 35, Course Completion Work (Environmental and Sanitary Engineering) - University of Passo Fundo, Passo Fundo. 2022

ABSTRACT

In Brazil, sewage treatment with individual solutions is still widely used, due to the non-existence or impracticability of a sewage collection network, individual solutions can be considered a good alternative as long as they are properly operated. One of the premises to maintain good operation is the removal of sludge from septic tanks, which needs to be treated and properly disposed, but the municipalities that most use this type of treatment are small municipalities, which often do not have conditions of investing in an adequate system, disposing of it inappropriately, or generating high costs to treat it, one of the alternatives is to work with consortium solutions, which can make feasible the proper destination of this material, but the displacement to carry out the treatment can make it unfeasible this alternative, as a result, this work aimed to raise the volume of sludge generated in septic tanks in the municipalities that make up the Associação dos Municípios do Nordeste Rio Grandense (Amunor), as well as to evaluate individual and consortium treatment solutions. With the data, it was noticed that the Amunor region is characterized by small municipalities, which consequently have a low volume of sludge, and considering daily collections, the cost of transport has a significant impact, but there is an alternative for temporary storage that makes this cost practicable. , in addition, it was possible to perceive that even in the largest municipalities in the region, it is possible to work with consortium solutions, since, regardless of whether it is an individual or collective solution, certain structures with fixed costs are necessary, and the larger the size, the greater this cost is diluted.

Key-words: sludge treatment, septic tanks, individual solutions, consortium solutions;



LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de armazenamento de lodo de tanques sépticos	14
Figura 2: Descarga de lodo de tanques sépticos para posterior tratamento.....	15
Figura 3: Fluxograma das atividades.....	16
Figura 4: Definição de ponto central de deslocamento	19
Figura 5: Correlação com produção de lodo, distância e custo.....	26
Figura 6: Custos para transportar e tratar o lodo	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:Características de lodos de acordo com estabilidade.....	11
Tabela 2: Produção de lodo de acordo com os intervalos de limpezas considerados.	22
Tabela 3: Custos com tratamento de lodo	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1 Destinação dos esgotos e disposição de lodos	9
2.2 Tratamento em tanques sépticos e caracterização do lodo	10
2.3 Soluções alternativas e projeções futuras	11
2.4 Custos com tratamento de esgoto	13
2.5 Alternativas para armazenamento de lodo.....	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1 Levantamento de dados	16
3.2 Quantificação de volume de lodo	17
3.3 Levantamento de custos com transporte.....	19
3.4 Levantamento de dados de solução individual	20
3.5 Avaliação de soluções individuais de consorciadas	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	21
4.1 Comparativos de produção de lodo	21
4.2 Avaliação de custos com soluções consorciadas	23
4.3 Avaliação de custos com soluções individuais	27
4.4 Comparativo entre soluções.....	28
5. CONCLUSÕES.....	29
6. REFERÊNCIAS	31
7. APÊNDICES E ANEXOS	35

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2017) no estado do Rio Grande do Sul, somente 26% do esgoto é coletado e tratado, 22% não possui sistema de coleta nem de tratamento, 28% é coletado e não é tratado e 24% é destinado para tanques sépticos. Os tanques sépticos se tornaram uma solução alternativa para locais onde é inviável ou simplesmente inexistente a instalação de rede coletora de esgoto. Porém, quando mal operados e seus resíduos mal dispostos acabam se tornando um problema para o meio ambiente, bem como para a saúde pública

Atualmente a grande maioria dos municípios não possui uma fiscalização quanto a operação deste sistema de tratamento, além disso, quando retirado o lodo dos tanques sépticos, muitos municípios não tem local adequado para destinação desse material, dispendo o mesmo de forma inadequada. Ainda, dependendo do porte do município, se torna inviável investir em um sistema de tratamento desse material, visto que o volume gerado é baixo, porém buscar soluções consorciadas também podem ser um problema em virtude do deslocamento.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a melhor solução de tratamento de lodos de tanques sépticos entre individuais e consorciadas nos municípios que compõe a Associação dos Municípios do Nordeste Rio Grandense (AMUNOR).

Os objetivos específicos foram:

- Quantificar as soluções individuais na região da AMUNOR;
- Quantificar o volume de lodo gerado nos sistemas individuais do estudo;
- Avaliar a viabilidade de transporte de lodo com objetivo de um atendimento centralizado consorciado;
- Avaliar a melhor alternativa para o tratamento de lodo na região da AMUNOR entre soluções individuais e consorciadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Destinação dos esgotos e disposição de lodos

Segundo o Atlas de água e esgoto da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, (ANA, 2017), no Brasil dos 43% do esgoto coletado e tratado, 12% utilizam tanque séptico 18% tem coleta, mas não tem tratamento e 27% não possui coleta e nem tratamento. Convertendo esses dados para toneladas de carga, equivalem a 4,1 mil toneladas de Demanda bionquímica de oxigênio (DBO) por dia estão destinadas de forma inadequada. Somado a isto, 1,1 mil toneladas de DBO por dia são destinadas para tanques sépticos, porém não se tem dados quanto a manutenção adequada deste sistema. Cabe ressaltar que, em muitos municípios não é informado os dados referentes as áreas rurais, onde é muito raro encontrar tratamento coletivo de esgoto, o que pode aumentar significativamente os dados apresentados.

Para elucidar o impacto do destino inadequado de esgotos, a ANA realizou um estudo através de dados de rios na base geográfica, concentrações de DBO e modelagens, comparando com faixas estabelecidas pela legislação de acordo com a qualidade dos corpos hídricos, onde obteve como dados que, mais de 110 mil km de trechos de rios estão com a qualidade comprometida em virtude do excesso de carga, dentre esses 83.450 km não é mais permitida a captação para abastecimento público e 27.040 km a captação só poderá ser feita com tratamento avançado de águas. Com esses dados, é possível visualizar a amplitude do dano causado pela falta de estrutura adequada para os sistemas de tratamento.

Quando se fala especificamente de lodo biológico oriundo de tanques sépticos apesar de gerar uma menor quantidade de lodo do que um sistema anaeróbio, acaba sendo um lodo mais concentrado com materiais orgânicos e inorgânicos, se tornando mais agressivo que o próprio esgoto. (ALÉM SOBRINHO, 2002).

Mesmo se tratando de um material com uma boa fração orgânica, lançar diretamente no ambiente sem um tratamento, acaba comprometendo os sistemas naturais e antrópicos devido a instabilidade biológica e alta carga de microrganismos patogênicos presentes no lodo. (VAN HAANDEL e ALÉM SOBRINHO, 2006).

De acordo com Von Sperling e Fernandes (2001), gerenciar lodos de esgoto é de grande complexidade e de elevado custo. Em virtude disso, muitos municípios, por falta de conhecimento técnico ou condição financeira, acabam destinando esse material diretamente em solo, causando danos e em alguns casos problemas com o ministério público.

Outro fator que ocorre é que muitos municípios possuem a Corsan como responsável pelo tratamento de esgoto e acabam não realizando vistorias. Porém, de acordo com o Manual de procedimentos para projeto e execução de parcelamento de solo da Corsan quando não há existência de rede coletora e seja recomendado o uso de solução individual não é da competência da CORSAN a análise de projetos e a fiscalização da execução de Sistemas de Tratamento de Esgoto Individuais, pois eles fazem parte do projeto Hidrossanitário e a análise dos projetos destes sistemas fica a cargo da Prefeitura do município onde se localiza o empreendimento, que possui legislação específica que compreende o projeto. Desta forma em alguns casos a vistoria fica desassistida tanto pela prefeitura quanto pela Corsan.

2.2 Tratamento em tanques sépticos e caracterização do lodo

Os tanques sépticos são considerados alternativas de tratamento de esgoto para áreas desprovidas de rede coletora, eles tem a função de fazer uma prévia retenção dos sólidos bem como a degradação de parte da fração orgânica do mesmo. Segundo a Norma Brasileira NBR 7.229 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993, p.2), o tanque séptico é definido como “unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão”.

Para o dimensionamento do tanque séptico de acordo com a NBR 7.229, é utilizado como critério de projeto uma taxa de acumulação de lodo, a qual varia conforme o intervalo de limpeza definido, isso ocorre pois com o passar dos tempos, um determinado volume de material que não foi convertido em gás ou água acumula no fundo do tanque, e se o mesmo não é retirado, acaba interferindo nas condições de tratamento, bem como na qualidade do esgoto a ser disposto.

De acordo com ANDREOLI (2001), a composição do lodo proveniente de tanques sépticos em sua maior parte é material orgânico fecal, material inorgânico e água, com cor escura e forte odor. Além disso, este material possui, nutrientes e patogênicos, bem como metais pesados (UGGETTI et al., 2010). Quando esse material é destinado de forma inadequada, podem causar enormes problemas ambientais e sanitários, devido sua elevada carga orgânica e de patógenos (JORDÃO e PESSÔA, 2011).

A estabilidade do lodo pode ser classificada de acordo com o grau de digestão sofrida, sendo que o tempo de permanência do lodo é o principal fator que influencia na estabilização a

qual pode ser alta ou baixa. Na Tabela 1 é possível perceber a diferença na caracterização do mesmo. (PROSAB, 2006)

Tabela 1:Características de lodos de acordo com estabilidade.

ITEM	BAIXA ESTABILIDADE (BANHEIRO QUÍMICO)	ALTA ESTABILIDADE (TANQUE SÉPTICO)
CARACTERIZAÇÃO	Lodo fresco, estocado por dias ou semanas	Lodo de baixa concentração, estocado normalmente por anos
DQO (MG/L)	20000-50000	<15000
DQO/DBO	5:1 – 10:1	-
N-NH4 (MG/L)	2000-5000	<1000
ST	<3,5%	<3%
SS (MG/L)	<30000	≅ 7000
HELMINTOS (OVOS/L)	20000-60000	≅ 4000

Fonte: adaptado de PROSAB 4 (2006)

Conforme é possível perceber a característica do lodo muda conforme a sua origem. Segundo Montangero e Strauss (2002) em torno de 83% da matéria seca encontrada nos lodos de tanques sépticos é de origem orgânica, tendo ainda quantidades de fósforo, nitrogênio e potássio provenientes em sua maioria de excretas humanas.

2.3 Soluções alternativas e projeções futuras

Segundo o Plano Nacional de Saneamento Básico (2014), no Brasil, 80% dos municípios têm menos de 30 mil habitantes. Devido ao pequeno porte, fraco desenvolvimento econômico e pouca capacidade administrativa, esses municípios possuem dificuldades em captar recursos e, portanto, não possuem estruturas adequadas de saneamento. O consórcio público, nesses casos se torna uma alternativa importante para possibilitar a implementação de programas e desenvolvimento de projetos de saneamento, proporcionando ganhos de escala.

Em 5 de janeiro de 2007 foi criada a LEI 11.445 a qual estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para política federal de saneamento básico, dentre os artigos da

legislação, existem alguns que regulamentam a questão dos consórcios. No artigo 8, § 1º, cita que *“O exercício da titularidade dos serviços de saneamento poderá ser realizado também por gestão associada, mediante consórcio público ou convênio de cooperação...”*, além disso, no inciso I cita que: *fica admitida a formalização de consórcios intermunicipais de saneamento básico, exclusivamente composto de Municípios, que poderão prestar o serviço aos seus consorciados diretamente, pela instituição de autarquia intermunicipal*; Também facilitaria a questão de investimentos para realização de obras, conforme cita no inciso II - *os consórcios intermunicipais de saneamento básico terão como objetivo, exclusivamente, o financiamento das iniciativas de implantação de medidas estruturais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais, vedada a formalização de contrato de programa com sociedade de economia mista ou empresa pública, ou a subdelegação do serviço prestado pela autarquia intermunicipal sem prévio procedimento licitatório.”*

Ainda de acordo com o PLANSAB 2014 não existe levantamento que possibilite caracterizar os consórcios na área de saneamento firmados pós Lei nº 11.107/2005, porém, sabe-se que ainda são pouco numerosas e que muitos municípios desconhecem as potencialidades da cooperação por meio do estabelecimento de consórcios públicos. Devido as evidências de que a política de saneamento no país não está surtindo efeito, visto que muitas vezes ela acaba sendo muito genérica, não considerando as particularidades de cada solução bem como a concentração populacional, foram criadas algumas soluções e projeções com o horizonte de 2035 para os sistemas de saneamento.

Estas, serão implementadas com investimentos de forma gradual e diferenciada em função da capacidade institucional da prestação do serviço de esgotamento sanitário de cada município, divididos em três grupos, com o objetivo de obter a universalização do esgoto sanitário, bem como proteger os recursos hídricos e usá-lo de forma sustentável.

Para o grupo A, composto por 1282 municípios, os quais são mais estruturados, com serviços de esgotamento sanitário institucionalizado e maior facilidade na viabilização das soluções para a coleta e o tratamento de esgotos será disponibilizado o valor de 42 bilhões, divididos em 36% para tratamento e 64% para coleta.

Para o grupo B, composto por 1690 municípios, os quais possuem prestadores de serviços com razoáveis condições institucionais, será disponibilizado o valor de 54,2 bilhões, divididos em 37% para tratamento e 63% para coleta.

Para o grupo C, composto por 2598 municípios, os quais não possuem prestador de serviço de esgotamento sanitário institucionalizado ou com prestador pouco estruturado, o que dificulta

a superação de problemas existentes, será disponibilizado o investimento de 53,3 bilhões divididos em 24% para tratamento e 76% para coleta. (ANA, 2017).

2.4 Custos com tratamento de esgoto

Para um sistema de tratamento de esgotos atender a condição desejada de lançamento em corpo hídrico está envolvido uma série de processos que acabam envolvendo custos, os quais variam de acordo com a concepção da estação, sendo que os principais custos são referentes a mão de obra, energia, manutenção, análises e produtos químicos.

Em um estudo realizado por Von Sperling em 2016, onde o mesmo analisou 13 estações de tratamento de esgoto (ETEs), verificou que os custos de operação e manutenção variam de R\$/m³ 0,50 a 1,50.

Porém o custo com tratamento possui bastante variação, visto que dependendo do estado existe mais restrições de parâmetros o que implica em maior tecnologia para atendimento. Diante disso Von Sperling, (2016) realizou um trabalho com três tecnologias de tratamento. Após esse trabalho Filipe Santos, (2018), realizou um estudo com a correção do IPCA para 2017, sendo que os dados obtidos foram: para sistema de tratamento de lodo ativado com remoção de nitrogênio e fósforo foi obtido o valor médio de R\$/m³ 1,45, sistema UASB seguido de lagoas e sistema de flotação, o valor médio de R\$/m³ 1,74 e sistema UASB seguido de lagoas o valor médio de R\$/m³ 1,16.

Corrigindo os valores acima mencionados de acordo com o IPCA, obtém-se para setembro de 2022 para sistema de tratamento de lodo ativado com remoção de nitrogênio e fósforo o valor médio de R\$/m³ 1,93, sistema UASB seguido de lagoas e sistema de flotação, o valor médio de R\$/m³ 2,32 e sistema UASB seguido de lagoas o valor médio de R\$/m³ 1,55.

2.5 Alternativas para armazenamento de lodo

Em casos de municípios de pequeno porte a produção de lodo de tanques sépticos é baixa, o que não justifica coleta diária de caminhões. Diante disso existe uma alternativa que pode ser aplicada aos municípios que seria o armazenamento temporário deste material.

De acordo com a Resolução CONSEMA 389/2018 e 408/2019 as quais alteram a Resolução 372/2018 incluindo ou modificando algumas atividades, no Artigo 5º, está inserido

a atividade de base de operações de resíduos de esgotamento sanitário e banheiro químico, a qual refere-se a local destinado a lavagem, transbordo ou estocagem temporária de resíduos coletados pelos veículos licenciados para a atividade de coleta e transporte de resíduos de esgotamento sanitário.

Em outros países já se usam algumas alternativas de armazenamento e tratamento, abaixo na Figura 1 segue um sistema de armazenamento de lodo de tanques sépticos utilizado na Irlanda do Norte e Escócia. Conforme é possível perceber, é um tanque fabricado em concreto com um sistema de homogeneização de fundo para evitar disposição de material.



Figura 1: Sistema de armazenamento de lodo de tanques sépticos

Fonte: Netregs, 2022

Na Figura 2 está apresentado um sistema construído em um dos municípios da Amunor para recepção do material coletado nos tanques sépticos o qual passa por uma espécie de filtração e posterior a isso, o clarificado é encaminhado para o sistema de tratamento biológico e os sólidos são destinados para empresa terceira.



Figura 2: Descarga de lodo de tanques sépticos para posterior tratamiento

Fonte: O Autor, 2022

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Segue um fluxograma com as atividades realizadas para a elaboração do trabalho de conclusão de curso conforme apresentado na Figura 3:

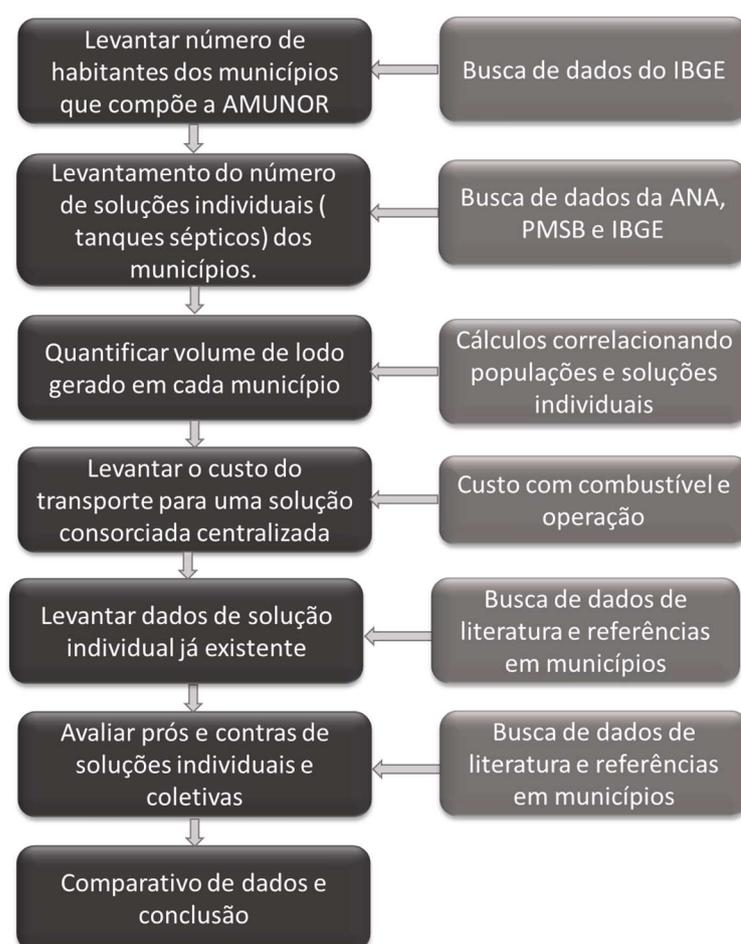


Figura 3: Fluxograma das atividades

3.1 Levantamento de dados

Para realizar o estudo, primeiramente foi levantado o número total de habitantes de cada município de acordo com dados do IBGE, sendo que foi utilizado os dados de população estimada de 2021, visto que o último censo foi realizado somente em 2010.

Posterior ao levantamento de população foi realizado o levantamento do atendimento de residências por tanques sépticos, os quais foram buscados no atlas água e esgoto da Agência Nacional de Água e Saneamento, 2017. Além disso, foi buscado planos de saneamento disponíveis na internet, sendo que para os municípios onde foi encontrado os planos com dados

de esgoto foi utilizado o dado do plano, visto que condiz mais com a situação local. Além disso, para alguns valores que pareceram bastante discrepantes para a região, foi entrado em contato com os municípios para confirmar a informação, sendo que todos confirmaram os dados.

3.2 Quantificação de volume de lodo

Para quantificar a produção de lodo foi realizado um dimensionamento com dados de volumes de tanques séptico, onde foi dividido em dois cenários, um cenário considerando limpeza anual, visto que seria a condição mais crítica de volume de lodo e outro cenário considerando intervalos de limpeza a cada três anos, apresentando a condição média de produção de lodo. O fato de utilizar o dimensionamento de um tanque séptico para quantificação de lodo, foi em virtude de que sempre que se realiza a limpeza desse material em uma residência não se retira somente o que é o lodo de fato, e sim se faz a retirada de todo material que existe no tanque, deixando somente 10% do volume. Em dados de literatura não se encontra um volume médio de material retirado e em virtude disso foi realizado essa forma. Segue abaixo o detalhamento para obtenção de dados.

Para se obter o volume de lodo produzido por dia, foi utilizado a equação de dimensionamento de tanque séptico disponível na NBR 7229. Abaixo segue a equação 1

$$V = 1000 + N * (C * T + K * Lf)$$

Equação 1: Equação de dimensionamento de tanque séptico

Onde:

V = Volume útil, em litros

N= número de pessoas ou unidades de contribuição

C = Contribuição de despejos em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (conforme Anexo I)

T = período de detenção, em dias (conforme Anexo II)

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (conforme Anexo III)

Lf = contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (conforme Anexo I)

Para se obter o número de pessoas ou unidades de contribuição, foi buscado o valor médio de habitantes por residência, onde de acordo com a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas publicado no relatório anual de condições e habitação do Rio Grande do Sul 2017, foi encontrado que a taxa de adensamento é de 2,7 pessoas por domicílio.

Para se obter a contribuição de despejos foi utilizado a tabela do Anexo I, onde foi considerado ocupação permanente com padrão médio e obteve-se como contribuição de esgoto o valor de 130 L/hab.dia e lodo fresco de 1 litro/pessoa/dia.

Quanto ao período de detenção dos despejos, considerando 2,7 habitantes e uma contribuição de esgotos de 130 litros por habitante, obtém-se um total de 351 L/dia, ficando inferior a 1500 e, portanto, foi adotado 1 dia de tempo de detenção conforme pode ser visto no Anexo II.

Quanto a taxa de acumulação de lodo foi adotado a faixa de temperatura de 10°C a 20°C, visto que a temperatura média do estado do Rio Grande do Sul de acordo com o Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul varia de 15° a 18°C sendo que o mês mais frio possui temperatura média de 11°C, ficando dentro dessa faixa. Além disso o intervalo de limpeza de acordo com a tabela varia de 1 a 5 anos, conforme citado, foram utilizado dois cenários, sendo que para se manter os valores médios, foi adotado o período de três anos, obtendo como dado a taxa de acúmulo de lodo de 145 dias como pode ser observado e para se obter o valor máximo, foi utilizado o intervalo de limpeza de 1 ano, obtendo como dado a taxa de acúmulo de 65 dias, conforme pode ser verificado no Anexo III.

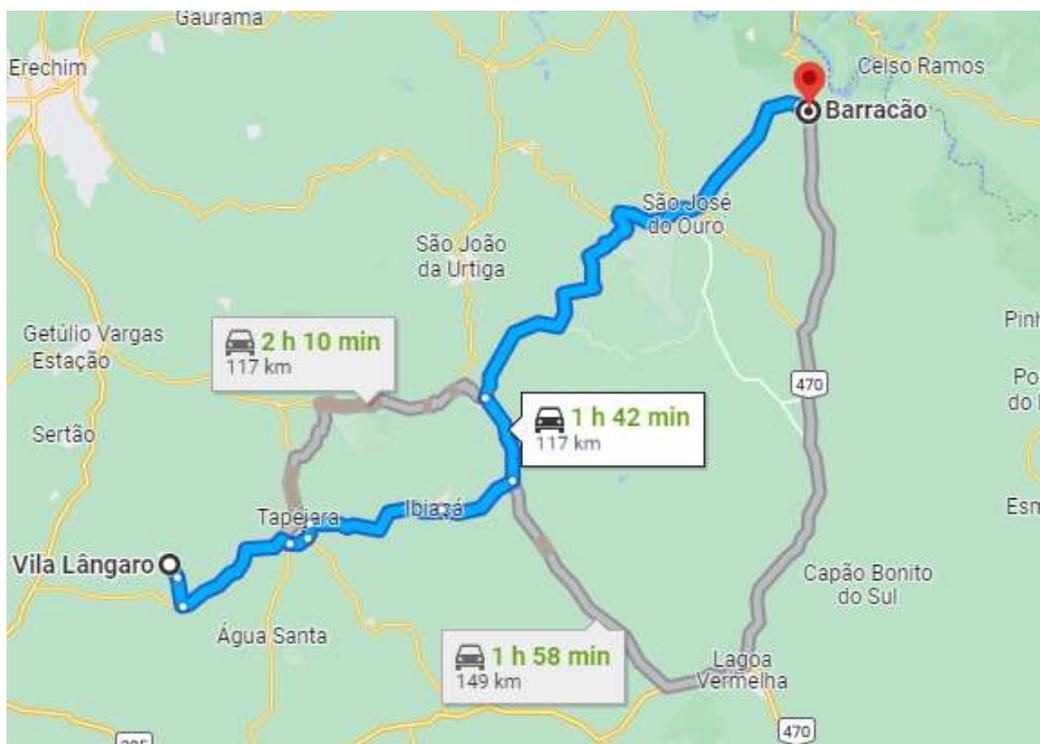
Com esses dados foi possível obter os volumes do tanque séptico, sendo que para o cenário com intervalo de limpezas a cada 3 anos o volume foi de 1742,5 litros. No momento da limpeza de acordo com a NBR 7229, 10% do volume do material deve ser deixado no tanque, isso indica que adotando as condições acima determinadas a cada 3 anos deverá ser retirado 1568,25 litros de lodo. Como é necessário calcular a limpeza de forma contínua e por pessoa, foi dividido esse volume pelos 3 anos e por 2,7 pessoas, obtendo como dado o volume de 193,6111 litros de lodo por pessoa por ano que devem ser removidos. Já para o cenário de intervalo de limpezas anual o volume do tanque ficou em 1526,5 litros, considerando que é retirado 90% equivale a 1373,85 litros e dividindo por 2,7 pessoas por residência o volume de retirada anual é de 508,83 litros de lodo por pessoa por ano.

3.3 Levantamento de custos com transporte

Para se obter os dados de custo com transporte, foi utilizado uma tabela disponibilizada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), publicada através da portaria nº 496/2021, onde estipula valores mínimos para o frete, sendo que o mesmo varia conforme o veículo e a classe de carga. Com isso a carga foi classificada como sendo a granel líquida, com um caminhão com 3 eixos, sendo que o valor encontrado na tabela foi de R\$/km 3,0578.

Além disso, foi estipulado uma distância fixa para calcular os custos com deslocamento. Para se obter essa distância, foi considerado o ponto central entre os dois municípios mais distantes da região da AMUNOR, os quais foram Barracão e Vila Langaro, com a distância de 117 km, sendo o ponto central 58,5 km conforme pode se observar na Figura 4.

Figura 4: Definição de ponto central de deslocamento



Fonte: O Autor, 2022

Com o deslocamento foram avaliados dois cenários, um considerando coleta diária do material em todos os municípios e outro considerando coleta no momento que se atinge o volume de 10 m³, volume considerado para carga completa de um caminhão.

Também foi realizado uma avaliação correlacionando o volume de lodo produzido e o deslocamento até Sananduva por ser o município mais centralizado da região da AMUNOR a fim de avaliar qual o fator que causa mais influência no custo, visto que para isso foi

considerado deslocamento com carga completa, pois se considerar transporte diário, a influência do volume de lodo ficaria irrelevante, visto que todos os municípios possuem baixa produção de lodo.

3.4 Levantamento de dados de solução individual

Posterior a obtenção de dados para se avaliar um cenário consorciado, foram buscados municípios da região da AMUNOR que realizem esse tratamento de forma individual, para poder realizar comparativos entre as soluções. Foi encontrado o Município de Tapejara, para se obter os dados, onde contatou-se a secretaria da agricultura do Município de Tapejara, a qual é responsável pela gestão do sistema de tratamento de lodos de tanques sépticos que está em operação no município.

Através das informações, foi possível obter todos os dados de custo com operação, como energia, mão de obra, análises, responsabilidade técnica, dentre outros custos para manter o tratamento em operação de forma adequada. Além disso, foi levantado o custo por metro cúbico para balizar os custos, porém verificou-se que não existe monitoramento do volume de entrada de esgoto, somente o número de coletas realizadas. Então foi utilizado os valores do número de coletas realizadas e calculado o volume de lodo considerando o volume médio dos tanques sépticos.

3.5 Avaliação de soluções individuais e consorciadas

Para finalizar a avaliação das soluções individuais e consorciadas, posterior a obtenção dos valores analisados em soluções individuais e consorciadas, foi correlacionado os dados e buscado situações em literatura para se obter os prós e contras de cada solução.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Comparativos de produção de lodo

Para avaliar a produção de lodo de cada município da AMUNOR, conforme descrito na metodologia, foi determinado um volume médio de tanque séptico, sendo que o dimensionamento foi realizado em dois cenários, um com o intervalo de limpeza de 3 anos e um com intervalo de limpeza de uma vez por ano, com isso foi possível obter a produção média de lodo e a produção máxima em cada município e o volume total, o qual é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Produção de lodo de acordo com os intervalos de limpezas considerados.

Municípios	PRODUÇÃO DE LODO			Limpeza a cada 3 anos	Limpeza anual
	Dados de entrada				
	População (IBGE 2021) (habitantes)	Atendimento por Tanque séptico	Pop. atendida com tanque séptico (habitantes)	Litro de lodo/ dia	Litro de lodo/ dia
Agua santa	3738	52%	1944	1493	3925
Barracão	5237	55%	2880	2213	5816
Cacique Doble	5083	31%	1576	1211	3182
Capão Bonito do Sul	1628	26%	423	325	855
Caseiros	3228	29%	936	719	1890
Ibiaça	4690	40%	1876	1441	3788
Ibiraiaras	7267	43%	3125	2401	6310
Lagoa Vermelha	27751	19%	5273	4051	10647
Machadinho	5411	75%	4058	3118	8194
Maximiliano de Almeida	4254	15%	638	490	1288
Paim Filho	3731	39%	1455	1118	2938
Sananduva	16382	30%	4915	3776	9923
Santa Cecília do Sul	1630	29%	473	363	954
Santo Expedito do Sul	2287	83%	1898	1458	3833
São João da Urtiga	4625	10%	463	355	934
São José do Ouro	6911	50%	3456	2655	6977
Tapejara	24973	46%	11488	8826	23195
Tupanci do Sul	1447	77%	1114	856	2250
Vila Lângaro	2070	53%	1097	843	2215
Total	132343		49087	37713	99115
Média	6965	42%	2584	1985	5217

Fonte: O Autor, 2022

Com os dados citados na Tabela 2 é possível observar que a caracterização da região da AMUNOR indica que, em média, 42% do esgoto é tratado com solução individual através de tanque séptico, comparando essa alternativa de tratamento a nível estadual, de acordo com a ANA, 2017, 24% do esgoto do Rio grande do sul é tratado com solução individual e a nível federal 12%, isso indica que essa ainda é uma alternativa bastante utilizada na região da AMUNOR muito provavelmente em virtude do porte dos municípios, os quais possuem em média 6965 habitantes por município.

Também é possível perceber que entre os municípios do estudo ocorre uma disparidade de atendimento por tanque séptico, fato esse que não é correlacionado ao tamanho da população. Pode se observar por exemplo, os dois maiores municípios da AMUNOR, que são Lagoa Vermelha e Tapejara, um atende 19% da população, enquanto outro atende 46% da população com tanques sépticos, respectivamente. Também pode-se observar essa variação em municípios pequenos, como é o caso de Capão Bonito do Sul que atende 26%, enquanto Tupanci do Sul atende 77% da população com tanques sépticos.

Quanto a produção de lodo, o qual expressa uma produção média de lodo, no cenário com limpeza a cada 3 anos pode-se perceber que o volume total diário de lodo gerado é de 37,7 m³, enquanto que no cenário com intervalo de limpeza anual, onde se obteria a produção máxima de lodo, o volume chega a 99,1 m³ por dia. Mesmo no cenário com a máxima produção estipulada, percebe-se que o resultado seria uma estação de tratamento de lodo de pequeno porte para atender toda demanda da região da AMUNOR.

4.2 Avaliação de custos com soluções consorciadas

Para realizar a avaliação de uma alternativa com solução consorciada, foi considerado um ponto central de tratamento, de forma a contemplar o transporte com deslocamento nessa região central dos municípios da AMUNOR.

Então foi avaliado os custos com deslocamentos até este local considerado para o tratamento, e para isso foram avaliados dois cenários, um com coleta diária de lodo e o outro com a coleta conforme preenchimento do volume de uma carga, equivalente a 10 m³. Para esse segundo cenário foi considerado uma infraestrutura local com reservatório para armazenar esse resíduo temporariamente até as coletas, visto que conforme citado na revisão de literatura já existe a resolução CONSEMA 389/2018 que se refere ao licenciamento ambiental de sistemas com essa configuração.

Além disso foi considerado também o custo para realizar o tratamento do lodo, considerando-se o custo com o volume de material com intervalo entre as limpezas dos tanques sépticos também em dois cenários, o primeiro com limpeza anual e o segundo com limpeza a cada 3 anos, os quais expressam valores médios de produção. Os resultados podem ser verificados na Tabela 3.

Tabela 3: Custos com tratamento de lodo

Municípios	Transporte carga completa		Transporte diário	
	Custo total mensal com limpeza anual (R\$)	Custo total mensal com limpeza a cada 3 anos (R\$)	Custo total mensal com limpeza anual (R\$)	Custo total mensal com limpeza a cada 3 anos (R\$)
Água santa	874,84	776,15	3.915,83	3.817,13
Barracão	1.130,49	984,24	3.992,59	3.846,34
Cacique Doble	665,80	585,79	3.885,66	3.805,65
Capão Bonito do Sul	213,58	192,08	3.791,20	3.769,71
Caseiros	434,49	386,96	3.833,24	3.785,70
Ibiaçá	690,41	595,15	3.910,27	3.815,02
Ibiraíaras	1.150,53	991,86	4.012,63	3.853,96
Lagoa Vermelha	2.042,11	1.774,37	4.188,68	3.920,95
Machadinho	1.584,80	1.378,74	4.089,14	3.883,07
Maximiliano de Almeida	231,18	198,78	3.808,81	3.776,41
Paim Filho	655,91	582,02	3.875,77	3.801,89
Sananduva	1.833,87	1.584,32	4.159,33	3.909,78
Santa Cecília do Sul	217,63	193,62	3.795,25	3.771,25
Santo Expedito do Sul	692,23	595,84	3.912,09	3.815,71
São João da Urtiga	216,79	193,31	3.794,42	3.770,93
São José do Ouro	1.356,52	1.181,06	4.039,74	3.864,28
Tapejara	4.340,32	3.757,01	4.698,08	4.114,78
Tupanci do Sul	449,09	392,51	3.847,83	3.791,26
Vila Lângaro	447,69	391,98	3.846,43	3.790,72
Custo Total	19.228,27	16.735,80	75.396,99	72.904,53
Média de custo por município	1.012,01	880,83	3.968,26	3.837,08

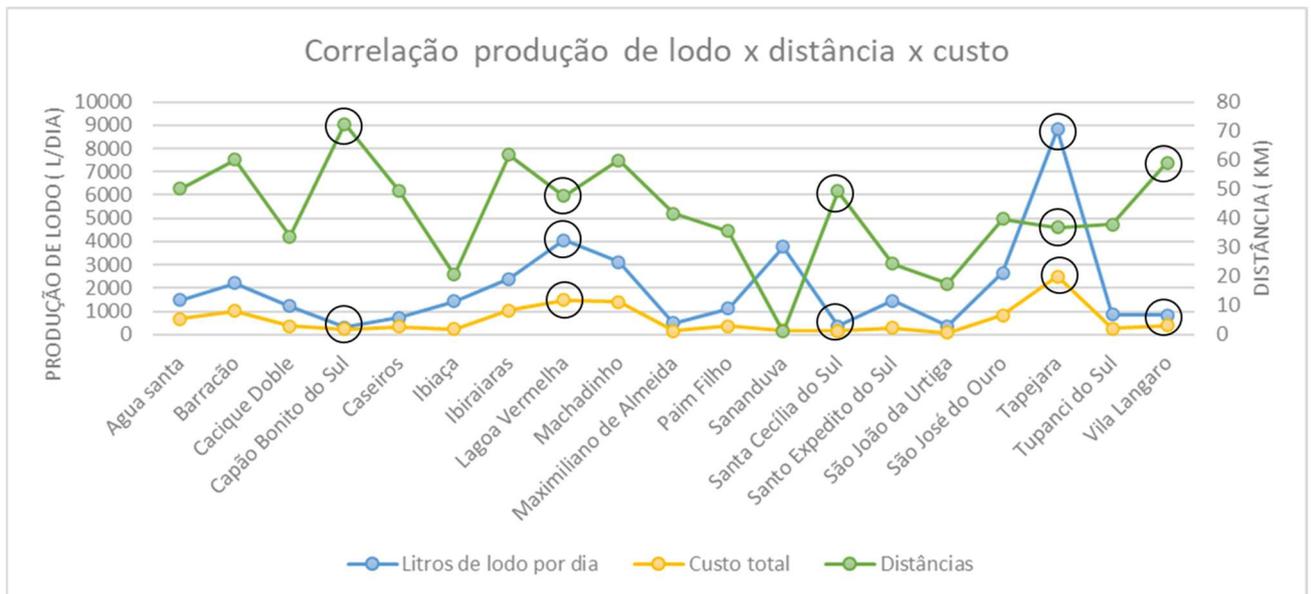
Fonte: O Autor, 2022

Através dos dados da Tabela 3 é possível identificar que de uma forma geral a alternativa com menor custo é a coleta com carga completa e o intervalo de limpeza a cada 3 anos, enquanto que o cenário com maior custo seria com coleta diária e limpeza anual, visto que geraria maior volume de lodo e maior número de viagens.

Pode se perceber que alguns municípios como é o caso de Tapejara, por exemplo, ocorre pouca variação de valores indiferente da frequência de coleta, isso ocorre em virtude de o volume de material diário gerado, ser próximo a uma carga completa, ocorrendo pouca variação de viagens indiferente do cenário. Porém municípios com pouco volume como é o caso de Vila Langaro, apresentam diferença significativa variando a frequência de coletas, passando de um valor de R\$ 391,98 com carga completa, para R\$ 3790,72 com carga diária.

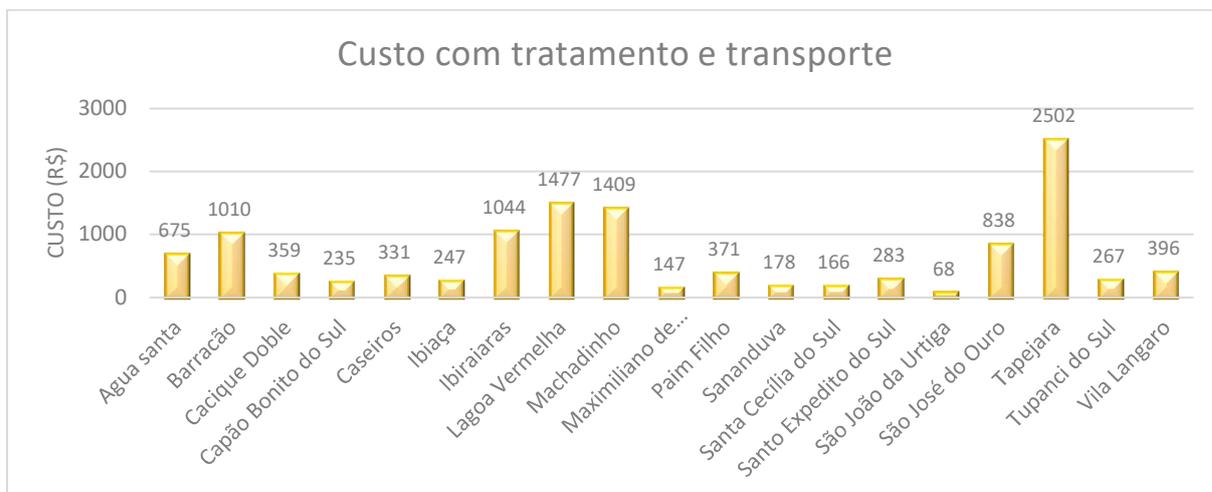
Também foi realizado um comparativo com qual fator influencia mais no custo, o deslocamento ou o volume de lodo. Para esse caso foi considerado o melhor cenário de transporte, que seria com a coleta com carga completa, conforme pode ser verificado na Figura 5 e 6.

Figura 5: Correlação com produção de lodo, distância e custo



Fonte: O Autor, 2022

Figura 6: Custos para transportar e tratar o lodo



Fonte: O Autor, 2022

Conforme Figura 5 e 6 é possível observar que o custo com o tratamento está diretamente associado a produção de lodo, visto que quanto maior a produção de lodo maior o custo tanto no tratamento quanto no número de viagens e conseqüentemente no deslocamento.

Por exemplo, o município de Vila Lângaro tem uma das maiores distâncias, porém em virtude de possuir um baixo volume de lodo seu custo não é tão elevado, esse fator pode ser observado também em Santa Cecília do Sul e Capão Bonito do Sul.

Também é possível observar o Município de Tapejara, o qual possui o maior custo, porém não apresenta a maior distância, mas sim a maior produção de lodo, isso vale também para o Município de Lagoa Vermelha.

4.3 Avaliação de custos com soluções individuais

Para a solução individual foi buscado dados de um município da AMUNOR que já possui um sistema de tratamento individual, que é o caso do município de Tapejara.

De acordo com informações da secretaria da agricultura da prefeitura de Tapejara, entre os meses de março de 2022 a setembro de 2022, foram realizadas 725 coletas de tanques sépticos, ou seja, aproximadamente 5 coletas diárias. Considerando os dados de volumes médios de tanques sépticos, cada coleta equivale a retirar 1.568,25 litros. Com isso é possível estimar que diariamente é coletado 7.841,25 litros de lodo. O que indica que seria necessário realizar o transporte para outra estação diariamente.

De acordo com os cálculos acima mencionados, o custo de uma viagem seria de R\$ 178,88, considerando a coleta diária, a prefeitura teria o custo com transporte de R\$ 3.756,50. Além do custo de transporte, teria o custo com o tratamento deste material, o que fica na faixa de R\$/m³ 1,93. Totalizando o custo com tratamento e deslocamento mensal de R\$ 4.073,80.

De acordo com a prefeitura, para manter a estação de tratamento de lodo de tanques sépticos operando, existem alguns custos mensais, como por exemplo, energia elétrica, operador, análises, responsabilidade técnica e destinação de materiais sólidos. De acordo com dados da prefeitura, no último ano o valor total para manter a ETE operando foi de R\$ 111.791,71, ou seja R\$ 9.315,97 por mês.

Realizando um comparativo com o cenário proposto em uma solução consorciada o custo seria de R\$ 4.073,80, enquanto que para a solução individual o custo é de R\$ 9.315,97, demonstrando através disso a viabilidade de uma solução consorciada.

4.4 Comparativo entre soluções

Conforme apresentado o fator positivo da solução consorciada é principalmente a questão financeira, visto que alguns custos operacionais fixos são diluídos entre os municípios. Além disso, a facilidade em obter recursos de instituições governamentais é facilitada quando escolhida essa solução, podendo investir em sistemas mais modernos e eficientes de tratamento.

O fator negativo da solução consorciada é o deslocamento de material, visto que é uma carga considerada perigosa e que fica expostas a mais riscos se deslocando em rodovias. De acordo com informe da FEPAM em 2006, o transporte de lodos de tanques sépticos, resíduos de tanques sépticos, banheiros ecológicos ou químicos deverá ser licenciado como fonte móvel de poluição, visto ao enquadramento como de Classe 6, sub-classe 6.2, número ONU 2814, número de risco 606, Grupo de Risco 2, devendo ser identificado como resíduos sépticos de acordo com a Portaria nº 420/2004 da ANTT, de 12/02/2004. Visto que esse é um resíduo que apresenta risco patológico e por isso a classificação. Outro fator que pode influenciar nos dias atuais é a instabilidade de preços de combustível, de acordo com o jornal Estado de Minas, (2022) entre junho de 2021 e junho de 2022, o valor do litro do combustível cobrado nas bombas subiu 68%.

Já se tratando do sistema de tratamento individual a parte positiva é a facilidade de deslocamento e disposição do material, visto que o sistema fica alocado no município. Em algumas situações, por se tratar de um único município, a vazão será menor do que em uma

solução consorciada, sendo que os padrões de emissão também ficam menos restritivos se possuir corpo hídrico adequado para lançamento. Conforme a Consema 355/2017 Art 17 existe uma tabela com eficiências mínimas fixadas para os padrões de emissão conforme as faixas de vazão, variando de menor de 200 m³/dia até maior de 10.000 m³/dia, sendo que quanto menor a vazão, menor é a restrição de padrão de lançamento. Porém, para a região da Amunor que são todos municípios pequenos esse não é um fator a ser considerado, pois as vazões de geração de lodo dos municípios ficam abaixo de 200 m³/dia, não influenciando neste caso esse fator.

Já no quesito financeiro o sistema de tratamento individual tem uma grande desvantagem em relação ao sistema coletivo, conforme apresentado no item 4.3 da discussão de resultados, o custo de tratamento com solução consorciada equivale a aproximadamente 43,7% do custo da solução individual.

5. CONCLUSÕES

O tratamento de lodo de tanques sépticos é um tema pouco discutido, normalmente se busca tratar esgoto através de coleta coletiva com separadores absolutos, porém conforme pode-se perceber, a região da Amunor é caracterizada por municípios de pequeno porte, onde o sistema de tratamento através de tanques sépticos é muito usado, representando 42% do atendimento. Esse sistema também necessita de uma periodicidade de limpeza a qual equivale a gerar um volume médio de 37713 litros por dia de lodo de tanques sépticos que necessita ser coletado e tratado. Porém, dos 19 municípios, somente um possui infraestrutura para tratar o lodo, os demais não apresentam solução pública.

O custo com transporte de lodo é um fator que impacta na alternativa de solução consorciada, porém quando utilizado um armazenamento temporário e realizado transporte com carga completa, esse custo se torna baixo e justifica a solução consorciada como melhor alternativa para a região da AMUNOR, tanto para os municípios mais distantes da região central quanto para os municípios que mais geram lodo.

Diante dos dados obtidos, foi possível concluir que se justifica um sistema de solução consorciada, visto que a região se caracteriza por municípios de pequeno porte e consequentemente baixo volume de material. Considerando que indiferente do volume tratado algumas estruturas mínimas para tratamento são necessárias, visto que quanto maior o porte mais o custo se dilui.

Diante do trabalho apresentado, fica como recomendação para trabalhos futuros realizar um projeto considerando um sistema com solução individual e um sistema com solução consorciada e avaliar os custos de investimento inicial e custos operacionais.

6. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7.229: Dispõe sobre as condições exigíveis para projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, incluindo tratamento e disposição de efluentes e lodo sedimentado.** Rio de Janeiro, 1993.

ALÉM SOBRINHO, P. **Tratamento de esgoto e geração de lodo.** In TSUTYA, M. T.; CAMPARINI, J. B.; ALÉM SOBRINHO, P.; CARVALHO, P. C. T.; MELO, W. J. *Biossólidos na Agricultura.* Jaboticabal-SP: ABES, Escola PolitécnicaUSP, UNESP Jaboticabal, 2002, 468p.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas esgotos. Brasília, 2017.** Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. Acesso em 15 de agosto 2022.

AGENCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT, **Portaria nº 496, de 19 de outubro de 2021.** Disponível em: < <https://sinproquim.org.br/wp-content/uploads/2021/10/PORTARIA-No-496-DE-19-DE-OUTUBRO-DE-2021-PORTARIA -No-496 -DE-19-DE-OUTUBRO-DE-2021-DOU-Imprensa-Nacional.pdf>> Acesso em 20 de setembro de 2022.

AGENCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT, **resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004.** Disponível em: < <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/transporte/documentos/Resolucao-ANTT-420.pdf>> Acesso em 20 de setembro de 2022.

ANDREOLI, C.V.; LARA, A.I.; FERNANDES, F. (Org.). **Reciclagem de biossólidos: transformando problemas em soluções.** Curitiba: SANEPAR/FINEP, 2001. p. 49-119.

BRASIL. **Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, 11 jan. 2007.

BRASIL. **Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005.** Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 6 abr. 2005.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente (2006). **Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006.**

CONSEMA. Conselho estadual do meio ambiente **Resolução nº 355, de 13 de julho de 2017.** Porto Alegre, RS, 19 de julho de 2017.

CONSEMA. Conselho estadual do meio ambiente **Resolução nº 389/2018.** Porto Alegre, RS, 6 de dezembro de 2018.

CONSEMA. Conselho estadual do meio ambiente **Resolução nº 408/2019.** Porto Alegre, RS, 10 de outubro de 2019.

CORSAN. **Manual de procedimentos para projeto e execução de parcelamento de solo.** Porto Alegre, 2016.

ESTADO DE MINAS. **Diesel: os impactos da alta dos preços do combustível. 2022** Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2022/08/07/internas_economia,1385087/diesel-os-impactos-da-alta-dos-precos-do-combustivel.shtml> Acesso em 20 de novembro de 2022.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **Transporte de resíduos de fossa e banheiros químicos. 2007.** Disponível em < <http://www.fepam.rs.gov.br/fossa.asp>>. Acesso em 10 de novembro de 2022.

FILIPPE SANTOS. **Análise comparativa dos custos operacionais de 44 estações de tratamento de esgoto na região sudeste do Brasil. Universidade Federal de Minas Gerais.** Programa de pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos. Belo Horizonte. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/31029/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_FilipeBicalho_RFinal_20190903.pdf>. Acesso em 12 de agosto de 2022.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS. **Relatório anual de condições socioeconômicas do Rio Grande do Sul. 2017.** Disponível em: < <https://dee.rs.gov.br/upload/arquivos/202005/28122416-relatorio-condicoessocioeconomicas-2017.pdf>> Acesso em 5 de setembro de 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** ABES. 6º edição, Rio de Janeiro, RJ, 2011.

MONTANGERO, A.; STRAUSS, M. (2002). **Faecal sludge treatment.** Suíça: EAWAG, 41p.

NETGRES. **What is a cesspool, septic tank or package treatment plant?.** Disponível em < <https://www.netregs.org.uk/environmental-topics/waste/managing-waste-materials/waste-and-sewage-businesses-disposal-of-sewage-sludge/>> Acesso em 20 de novembro de 2022.

PROSAB 4 (2006). Programa de pesquisa em saneamento básico. **Alternativas de uso de resíduos de saneamento.** Lodos de estações de tratamento de água e estações de tratamento de esgoto. Curitiba. 398 p.

PLANSAB – **Plano Nacional de Saneamento Básico, 2014.** Disponível em < https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab/plansab_texto_editado_para_download.pdf> Acesso em 21 de agosto de 2022.

UGGETTI, E.; FERRER, I; LLORENS, E.; GARCÍA, J. (2010). **Sludge treatment wetlands: A review on the state of the art.** Bioresource Technology v. 101, p. 2905-2912.

VAN HAANDEL, A. C.; ALÉM SOBRINHO, P. **Produção, composição e constituição de lodo de esgoto.** In ANDREOLI, C. V. (Coord). Alternativas de uso de resíduos do saneamento; Biossólidos. Rio de Janeiro-RJ: ABES, 2006; 417p. (Projeto PROSAB).

VON SPERLING, M.; GONÇALVES, R. F. **Lodo de esgotos: características e produção**. In: ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Org.) Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG; Curitiba: SANEPAR, 2001, 484 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias).

VON SPERLING, M. **Urban wastewater treatment in Brazil** / Marcos von Sperling. P. cm. Inter-American Development Bank – IDB Technical Note; 970). 2016.

7. APÊNDICES E ANEXOS

Anexo I - Contribuição de esgoto e de lodo fresco conforme NBR 7229

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (Lf)	
1. Ocupantes permanentes			
- residência			
padrão alto	pessoa	160	1
padrão médio	pessoa	130	1
padrão baixo	pessoa	100	1
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	100	1
- alojamento provisório	pessoa	80	1
2. Ocupantes temporários			
- fábrica em geral	pessoa	70	0,30
- escritório	pessoa	50	0,20
- edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50	0,20
- escolas (externatos) e locais de longa permanência	pessoa	50	0,20
- bares	pessoa	6	0,10
- restaurantes e similares	refeição	25	0,10
- cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	0,02
- sanitários públicos ^(A)	bacia sanitária	480	4,0

Anexo II - Período de Detenção conforme contribuição diária

Contribuição diária (L)	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

Anexo III- Taxa de acúmulo de lodo

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t > 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217