

## II-006 - GESTÃO COMPARATIVA DE SISTEMAS DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO VISANDO A UNIVERSALIZAÇÃO E A SUSTENTABILIDADE

**Márcio Tochetto<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Regional Integrada das Missões e Alto Uruguai - URI. Mestre em Infraestrutura e Meio Ambiente pela Universidade de Passo Fundo - UPF. Gestor de Departamento de Operação CORSAN-RS. MBA em Gestão de Projetos - FGV.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Travessa Mem de Sá, 55 – Vila Rodrigues – Passo Fundo - RS - CEP: 99070-430 - Brasil - Tel: (54) 99916 7759 - e-mail: [marcio.tochetto@corsan.com.br](mailto:marcio.tochetto@corsan.com.br); [eng.tochetto@hotmail.com](mailto:eng.tochetto@hotmail.com)

### RESUMO

O saneamento básico esteve presente ao longo de toda evolução da espécie humana. Por vários períodos houve descaso com esse importante serviço, e como consequência, sempre foi seguido por grandes epidemias e grandes taxas de mortalidades. Enfim uma relação direta entre a qualidade do saneamento e o surgimento de epidemias havia sido evidenciada, tendo como causa a baixa qualidade do serviço de esgotamento sanitário e como consequência o aparecimento de doenças contagiosas com elevado número de mortes. Neste sentido, aponta-se como necessidade primordial o avanço e melhoria quanto ao atendimento de níveis desejáveis de coleta e tratamento de esgoto e saneamento em geral. O objetivo deste trabalho é demonstrar os custos de instalação e operação envolvidos quando da adoção de operação coletiva de sistemas de coleta e tratamento de esgoto, sejam os sistemas individuais ou coletivos e apresentar uma análise comparativa para aplicação de cada tipo de sistema. A metodologia envolvida buscou fazer um levantamento de várias obras de saneamento na região Sul do Brasil, envolvendo os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, com obras entre os anos de 2013 e 2021 para sistema coletivo de coleta e tratamento de esgoto e um levantamento dos custos de construção e implantação de soluções individuais. Destaca-se que as soluções individuais possuem um viés de operacionalização e manutenção através de prestador público. Busca-se, com isso, a possibilidade de melhorias na gestão do serviço público no que se refere a coleta e tratamento de esgoto, trazendo avanços na ampliação dos sistemas, o aumento nos níveis de saneamento com vistas a universalização e a sustentabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Saneamento; Saneamento Básico; Sustentabilidade; Universalização.

### INTRODUÇÃO

Segundo definição da Organização Mundial da Saúde – OMS (2019), “saúde é o estado de completo bem-estar físico, mental e social, não significando apenas ausência de doença”, não sendo um fenômeno isolado, mas sim o resultado das condições de entorno onde a população vive.

A relação entre os Sistemas de Abastecimento de Água e os Sistemas de Esgotamento Sanitário é muito próxima pelo fato de que o segundo é o resíduo ou subproduto do primeiro. Logo, nas comunidades atendidas por redes de abastecimento de água e carentes de um sistema de esgotamento sanitário, as águas servidas acabam contaminando o solo, as águas superficiais e freáticas, escoando muitas vezes por valas e sarjetas, constituindo um forte ponto de criação, proliferação e disseminação de doenças e seus vetores transmissores.

O esgotamento sanitário é tido como o maior problema relacionado ao saneamento básico no mundo e não é diferente no Brasil (ITB, 2019), é a principal preocupação e objeto deste estudo, com enfoque em sistemas mais econômicos para coleta e tratamento de esgoto e em especial a operação controlada da solução individual de tratamento, ou pelo menos apontando os custos reais de implantação destes sistemas.

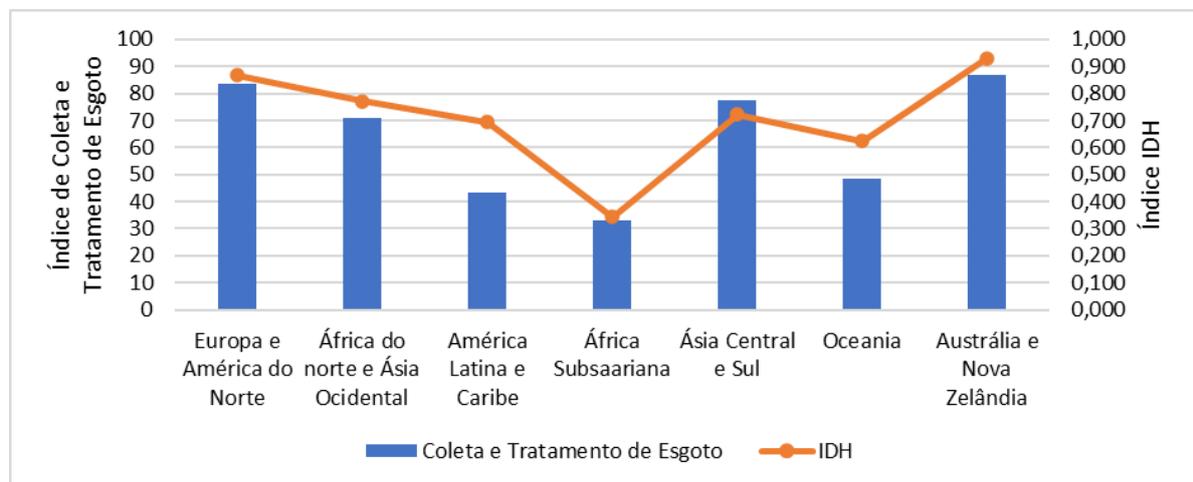
É bem clara e entendida a necessidade e importância do saneamento básico para assegurar a dignidade da pessoa humana e para o desenvolvimento social, econômico e ambiental. A dificuldade de aplicação de critérios econômico-financeiros num sistema ideal, direciona os esforços para soluções alternativas, inevitavelmente de médio e curto prazo, para acelerar o caminho no sentido a universalização do saneamento

básico – esgotamento sanitário. O estímulo ao uso de soluções individuais monitoradas pode ser visto como uma saída realizável a curto prazo e com relação econômico-financeira mais próxima da realidade brasileira.

Neste sentido, o tema saneamento básico, e especialmente o esgotamento sanitário, possui relevância bastante ampla para a sociedade, embora, por muitos não percebida e priorizada (IBOPE/ITB, 2012).

Segundo a ONU (2019), para cada unidade de valor empregada no saneamento básico, obtém-se uma economia de quatro vezes desta mesma unidade em saúde. No contexto ambiental, ocorre de forma direta a contaminação das águas superficiais e subterrâneas e do solo. O manejo inadequado favorece o surgimento e a proliferação de vetores transmissores de doenças.

A Figura 1 traz a relação entre os índices de coleta e tratamento de esgoto e o IDH de cada bloco econômico analisado, evidenciando assim sua correlação intimamente ligada (UNICEF; OMS, 2019).



**Figura 1: Correlação Coleta e Tratamento de Esgoto x IDH em blocos econômicos no mundo. Baseado em UNICEF e OMS, 2019.**

Segundo Barros (2019), durante a história do saneamento no Brasil existiram fatores que dificultaram seu progresso ao longo dos anos. Cita ainda alguns obstáculos que impediram, e ainda impedem, que o desenvolvimento dessa área não tenha atingido crescimento expressivo durante esse período, são eles:

- A falta de planejamento adequado;
- O volume insuficiente de investimentos;
- Deficiência na gestão das empresas prestadoras de serviços de saneamento;
- A baixa qualidade técnica dos projetos e a dificuldade para obter financiamentos e licenças para as obras.

O atendimento das metas estabelecidas no Plano Nacional de Saneamento e na Agenda 2030, especialmente para os indicadores de saneamento, direcionados para o esgotamento sanitário, requerem especial atenção e grande volume de recursos, com aplicação assertiva, com projetos bem elaborados e execução adequada (CNI, 2019). Os resultados dos atendimentos destas metas terão reflexo positivo na busca pela sustentabilidade, com ações nos eixos social, econômico e ambiental.

O escopo do estudo envolve a coleta de informações dos custos de instalação e implementação de cada tipo de sistema na região Sul do Brasil entre os anos de 2013 a 2021, bem como apresentar os custos de operação sob o ponto de vista do usuário.

Segundo a série histórica (SNIS, 2011–2021) de investimento em saneamento básico no Brasil, os valores orbitam na casa dos R\$ 15 bilhões. Com o advento do Novo Marco do Saneamento, Lei 14026/2020, e estimativas do setor, haverá necessidade de investir ~R\$ 700 bilhões até 2033, ou seja, 5 vezes o valor historicamente investido no Brasil. Por outro lado, barreiras como profissionais capacitados, capacidade de

fornecimento da indústria - insumos, disponibilidade de peças e equipamentos, cumprimento de legislações, entre outros, e põem como fatores de limitação ao atingimento das metas de universalização.

## OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é determinar os custos para implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgoto coletivos, discutir e comparar alternativas entre os sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgoto coletivos e individual, que possam dar viabilidade econômica e alcançar as expectativas dos governantes, empresas de saneamento e sociedade em geral quanto ao atendimento dos níveis desejados de cobertura.

## METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida neste trabalho é partir da caracterização dos diferentes tipos de sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgoto, levantar seus custos e fornecer subsídios para suas aplicações. Os sistemas foram caracterizados através de aspectos construtivos, forma de coleta e tratamento do esgoto. A esfera ambiental será considerada atendida independente da alternativa adotada, pois tanto um quanto outro sistema possuem a capacidade de tratar e atender os parâmetros ambientais dos efluentes. O quesito social também será dado como atendido no instante em que o esgoto local estará sendo coletado e tratado, independente do sistema a ser adotado. Considerando a tríade economia, sociedade e meio ambiente, o foco deste trabalho é atribuir a relação de viabilidade econômico-financeira de cada sistema. O quesito técnico-operacional será o vínculo entre a possibilidade e o custo a ser empregado.



**Figura 2: Fluxograma do procedimento metodológico.**

De acordo com Tsutiya e Sobrinho (2011), a situação de disposição das excretas das populações foi dificultando na mesma proporção que ocorria o crescimento populacional das comunidades, em especial na Inglaterra e no continente Europeu. Com isso, foram desenvolvidas as privadas que tinham a função de armazenamento acumulado das excretas, porém, essa alternativa gerava muitos problemas, como odores indesejáveis, forma de recolhimento e disposição das excretas acumuladas nas privadas.

Segundo Metcalf e Eddy (2003), somente no século XIX e início do século XX as autoridades começaram a dar maior ênfase na coleta e no afastamento dos esgotos domésticos, devido principalmente aos problemas de disposição dos esgotos, fortes odores e nas ocorrências de epidemias.

Segundo Nuvolari (2011), com a implantação do sistema separador absoluto, com menores custos e obras de menor porte, foi possível avançar na solução do problema de falta de saneamento nas cidades. Porém, o sistema separador absoluto, devido à má utilização pelos seus usuários, apresentou vários problemas, tais como: obstrução e transbordamento da tubulação nos pontos de abertura, devido a lançamento de sujeiras no sistema, extravasamento e refluxo nas tubulações e ligações de água de pluvial e/ou drenagem neste sistema, entre outros problemas.

Os sistemas de esgotamento sanitário consistem num conjunto de dispositivos que têm por objetivo coletar, transportar, tratar e dispor o esgoto de forma adequada, atendendo parâmetros relacionados ao meio ambiente e a saúde pública, com reflexos diretos na sociedade e no meio ambiente. Para que seja considerado eficiente, o sistema de esgotamento sanitário deve cumprir com a coleta e remoção rápida e segura dos efluentes, prevendo sua disposição final de forma a eliminar ou diminuir doenças de veiculação hídrica, proporcionando melhoria das condições de conforto e bem estar da população.

Sistemas descentralizados tendem a serem vistos como sinônimos de precariedade e subdesenvolvimento, sendo considerados inferiores a outras soluções disponíveis para os grandes centros urbanos, no entanto, qualquer sistema previsto em norma técnica ou com comprovada eficiência, pode ser considerado como solução adequada em termos sociais e ambientais. Dessa forma, a estratégia de descentralização se mostra cada vez mais complementar e não oposta à de centralização do tratamento de esgotos na busca pela universalização dos serviços de esgotamento sanitário (Libralato et al, 2012).

Os sistemas descentralizados são demandados de soluções alternativas e vêm ganhando cada vez mais atenção por apresentarem vários benefícios, estes amplamente discutidos na literatura e neste trabalho, tais como a demanda por menos recursos financeiros na implementação (as vezes), a contribuição com a sustentabilidade local (Metcalf & Eddy, 2003) e a oportunidade de reúso de água e nutrientes no local de tratamento (Gikas & Tchoubannoglous, 2008). Destacam-se outras vantagens para esses tipos de sistemas, como por exemplo, o baixo custo de instalação e operação, a adaptabilidade para cada local, além de considerar possíveis quisitos culturais que deve se adequar, são sistemas mais compactos, não sofrem influência de desastres naturais, não necessitam de mão-de-obra especializada, enfim, são sistemas mais flexíveis e com maior praticidade quanto a implantação, execução, operação e manutenção, com igual benefícios sociais e ambientais (Bueno, 2017).

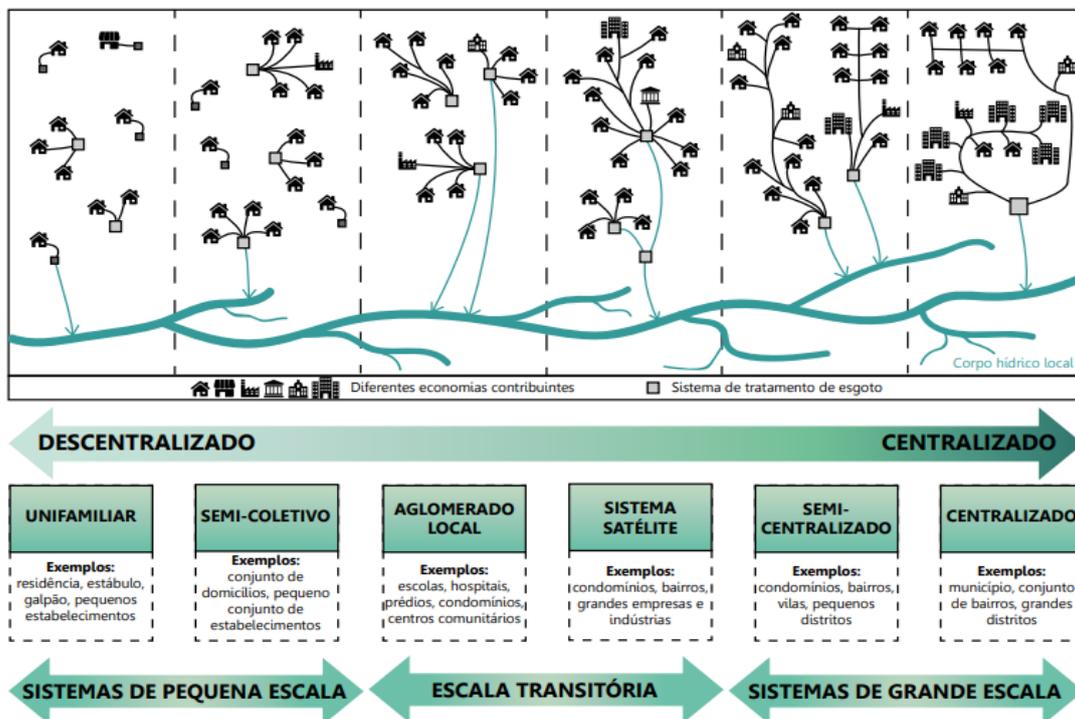
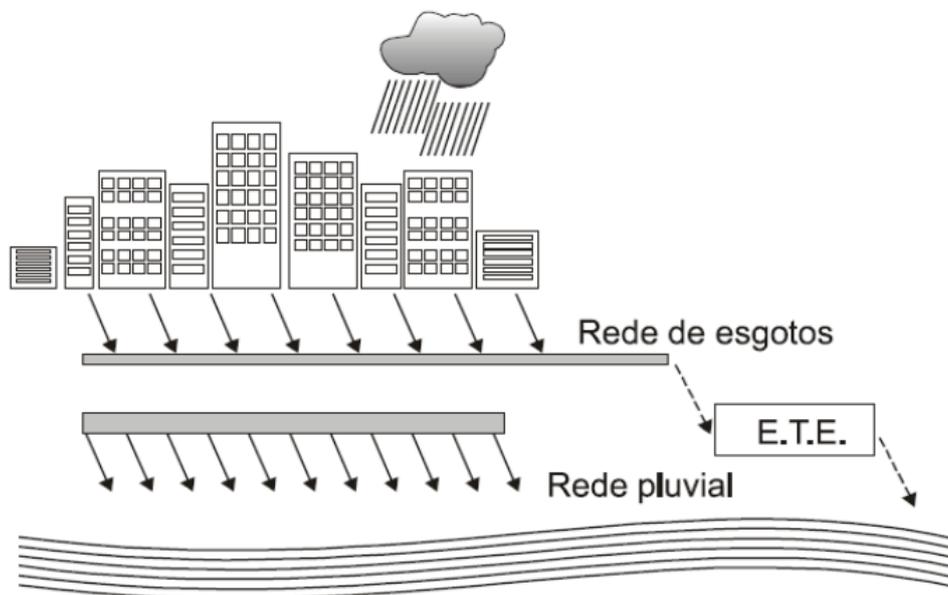


Figura 3: Gradiente de sistema de tratamento de esgoto, relacionado a ser centralizado ou descentralizado. Fonte: Tonetti, 2018, adaptado de Bueno, 2017.

## SISTEMAS COLETIVOS

Entre os tipos de sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgoto, destacam-se o tipo separador absoluto, o sistema unitário e o sistema misto. As diferenças entre esses três tipos de sistemas se referem ao conteúdo transportado, sendo o separador absoluto caracterizado por recolher exclusivamente esgoto sanitário, e os sistemas unitário e o misto por serem compartilhados com as águas pluviais.

O sistema de esgotamento sanitário tipo separador absoluto, de acordo com norma brasileira ABNT-NBR 9.648 (ABNT, 1986), é o “conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar, somente esgoto sanitário, a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro”. A Figura 4 apresenta de forma gráfica e esquemática o modo de funcionamento deste tipo de sistema.



**Figura 4: Exemplo de Sistema Separador Absoluto de Esgotamento Sanitário. Fonte: Adaptado de Tsutiya; Bueno, 2004.**

O sistema unitário de coleta, transporte e tratamento de esgoto (Figura 5) é caracterizado por conduzir numa única rede as águas servidas ou esgotos, as águas de infiltração e as águas pluviais (TSUTIYA, BUENO, 2004). Este sistema comporta uma determinada vazão para tratamento, que ao ser excedida, drena diretamente ao corpo receptor todo o volume acima do dimensionado através de “by pass” do sistema coletor. Estes elementos possuem a finalidade de redirecionar o fluxo excedente e com menor carga poluente para contornar a Estação de Tratamento, otimizando assim a capacidade de tratamento, vazão e dimensionamento da infraestrutura.

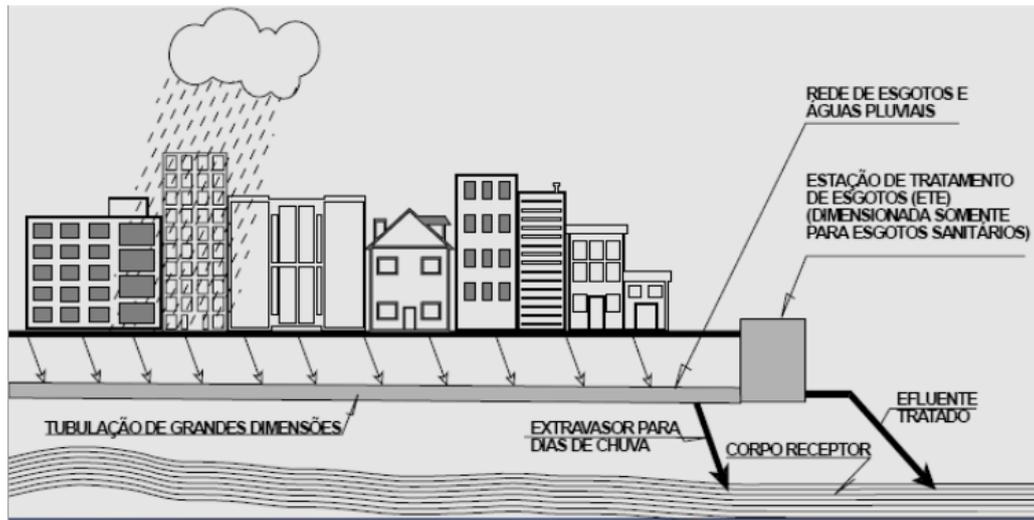


Figura 5: Exemplo de Sistema Unitário de Esgotamento Sanitário. Adaptado de Tsutiya; Bueno, 2004.

De acordo com constatação de Ide (1984), observou-se o efeito da carga de lavagem para esses eventos, sendo que os primeiros 10% da vazão total escoada concentram 90% da carga poluente. Observou no estudo também que ao final do evento a concentração de DQO (demanda química de oxigênio) representava apenas 1,66% do pico alcançado neste mesmo evento, justificando assim a função de “by pass” no sistema após os primeiros instantes de escoamento do efluente e eliminando o excesso dele na estação de tratamento. Cabe destacar que cada projeto deverá determinar qual será o tempo de concentração do volume das águas pluviais e a capacidade de tratamento, determinando assim o ponto de acionamento do dispositivo de “by pass”.

O sistema misto, conforme representado na Figura 6, considera a parcela das águas das chuvas, proveniente dos telhados das residências e seus respectivos pátios, drenadas juntamente com os esgotos nelas produzidos, conduzidos por uma única rede a Estação de Tratamento de Esgoto. Observa-se que há duas redes neste sistema, uma para a coleta de esgoto e uma parcela das águas pluviais e outra exclusiva para drenagem das águas pluviais, a exemplo do sistema separador absoluto (Tsutiya & Bueno, 2004).

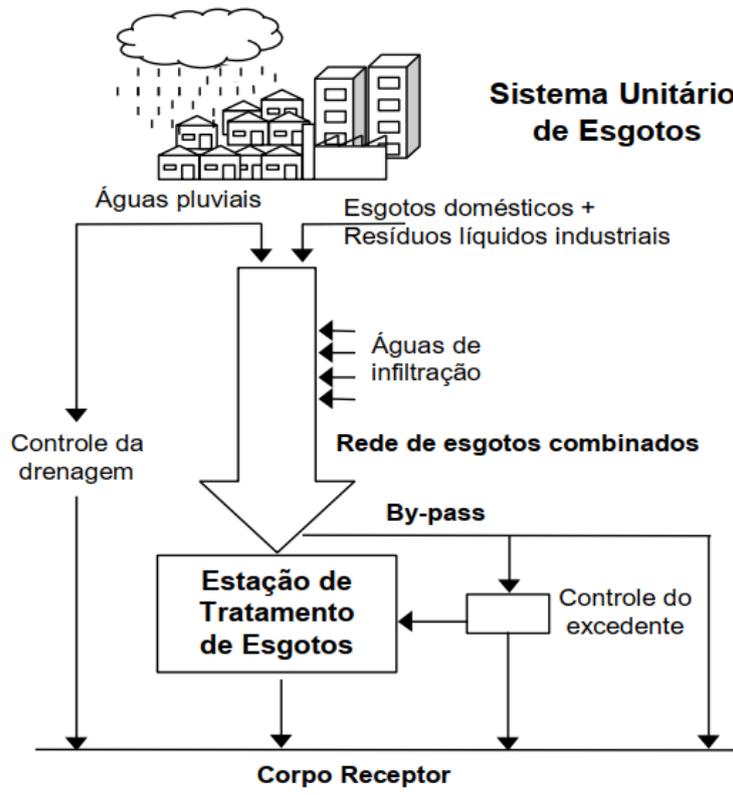


Figura 6: Exemplo de Sistema Misto de Esgotamento Sanitário. Fonte: Adaptado de Bernardes, 2013.

### SISTEMA INDIVIDUAL

São sistemas adotados para atendimento unifamiliar onde cada uma das casas possui o seu próprio sistema de coleta, afastamento e tratamento dos esgotos domésticos. Sendo assim, consiste no lançamento dos esgotos domésticos gerados em uma unidade habitacional, usualmente em tanque séptico, nele existe ação de bactérias anaeróbias, com posterior dispositivo de filtração e última etapa chamada de sumidouro, com infiltração no solo ou disposto em rede de coleta de águas pluviais, de acordo como apresentado na Figura 7.

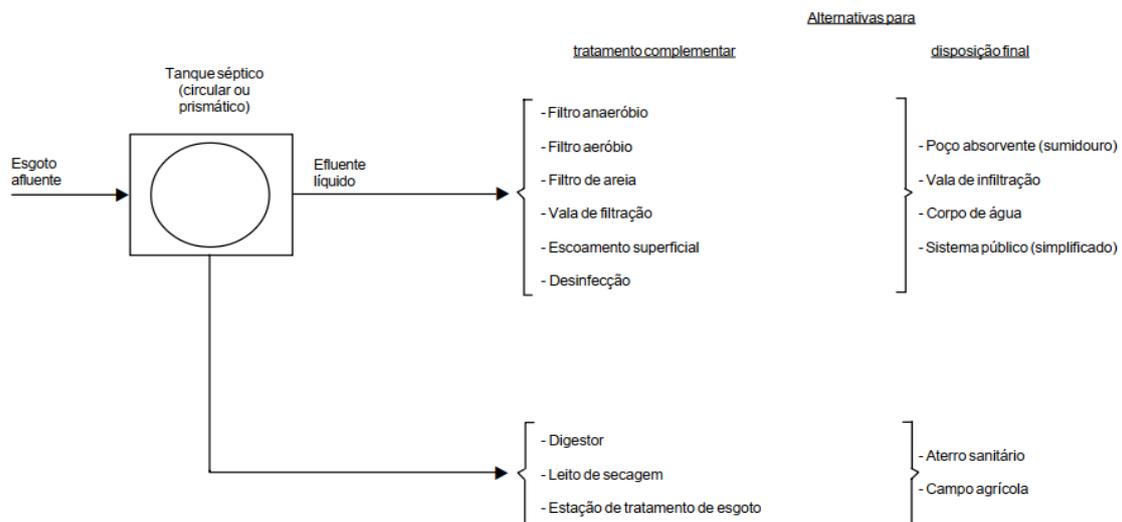
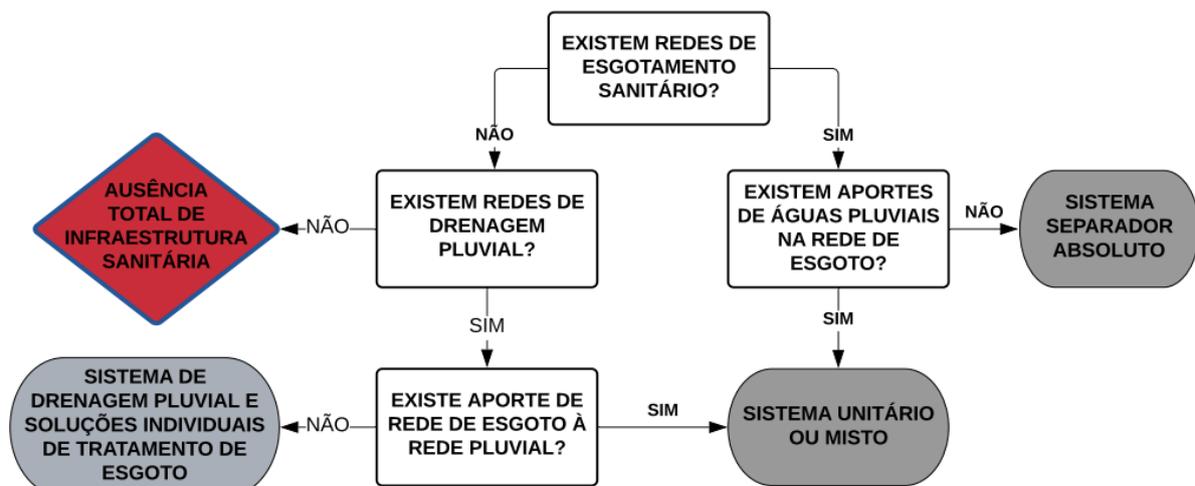


Figura 7: Fluxograma de Sistema Individual de Tratamento de Esgoto Sanitário. Adaptado ABNT NBR 7229-1993.

Os sistemas individuais de tratamento de esgoto possuem uma amplitude muito grande, pois podem ser aplicados de forma isolada e pontual, com isso, sua abrangência fica limitada a raras situações relacionadas a disposição final, invariavelmente referentes ao tipo de solo em casos de valas de infiltração.

Destaca-se que o manejo inadequado ou inexistente dos sistemas individuais causa colapso em seu processo de tratamento por acúmulo de lodo e saturação interna, sendo assim, o tratamento deixa de ser realizado. Tão importante para este sistema a observância do regime de manutenção e coleta do lodo junto aos seus dispositivos, o que dará garantia de funcionamento normal do sistema.

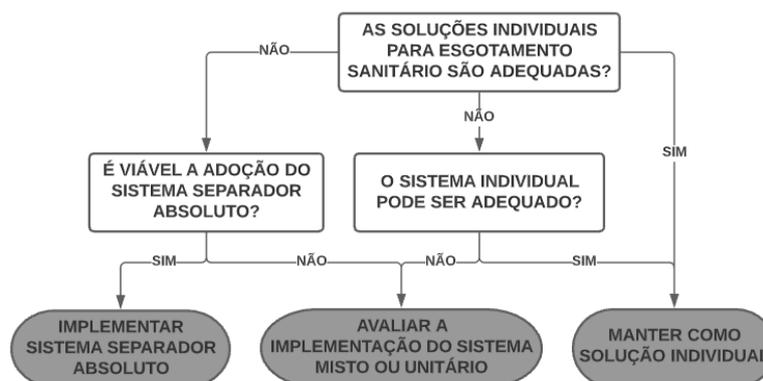
A definição da condição ou situação encontrada em cada sistema é um ponto importante para tomada de decisão e identificação de alternativas de contorno. A Figura 8 apresenta um fluxograma para auxiliar na identificação de qual solução está sendo aplicada em cada sistema.



**Figura 8: Fluxograma de delineamento condicional e identificação do tipo de sistema ou solução.**  
 Adaptado de BERNARDES; SOARES, 2004.

De acordo com o fluxograma da Figura 8, a falta de sistemas de esgotamento sanitário e de drenagem pluvial caracterizam a total ausência de infraestrutura sanitária e a necessidade de planejamento integral neste local, geralmente característica de regiões mais carentes ou fixadas em locais ribeirinhos ou periferias. Por outro lado, a verificação de sistema de esgotamento sanitário através do sistema separador absoluto demonstra atendimento mais adequado sob o ponto de vista técnico no Brasil.

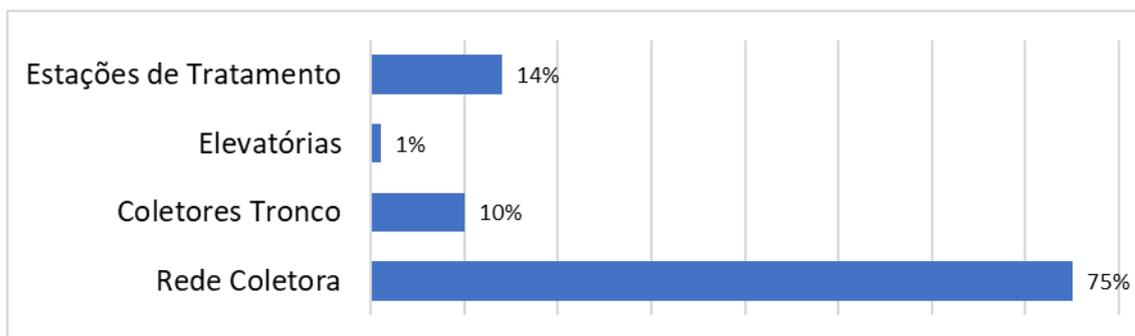
Nos casos onde há infraestrutura baseada nas soluções individuais, o fluxograma da Figura 9 aponta para uma alternativa frente a sua manutenção ou escolha de um sistema coletivo mais apropriado e que satisfaça as necessidades sanitárias locais.



**Figura 9: Alternativas de gestão para empreender sistema de esgotamento sanitário.** Adaptado de BERNARDES; SOARES, 2004.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a literatura pesquisada e dados de campo levantados, os custos de implantação de sistemas de tratamento de esgoto, possuem distribuição diversa de acordo com cada parte componente do sistema, ao considerar sistemas coletivos e especialmente o sistema separador absoluto. A Figura 10 apresenta a relação percentual de contribuição nos custos de implantação para cada parte constituinte do sistema.



**Figura 10: Percentual de custo por parte do sistema - tipo coletivo.**

De posse desta informação, se pode quantificar os custos por economia de alguns sistemas, baseados em dados de contratações de obras para construção de redes de esgoto, estações de tratamento, elevatórias, enfim, cada parte que compões o sistema completo. Por serem obras complexas, os editais e as contratações são separados em partes, sendo assim, um sistema possui várias fases e etapas construtivas, sendo cada uma, composta por contratação específica, geralmente.

**Tabela 1: Dados base para determinação dos custos por unidade.**

ANO	EMPRESA	*VALOR ATUALIZADO	ECONOMIAS	CUSTO ECONOMIA PARCIAL	% a ser aplicado	CUSTO POR ECONOMIA REAL
2020	CORSAN	R\$ 1.898.530,51	1.110	R\$ 1.710,39	75	R\$ 2.280,52
2020	CORSAN	R\$ 19.249.767,63	129.487	R\$ 148,66	1	R\$ 14.866,18
2019	CORSAN	R\$ 19.437.100,83	15.870	R\$ 1.224,77	14	R\$ 8.748,36
2018	CORSAN	R\$ 2.254.367,78	270	R\$ 8.349,51	75	R\$ 11.132,68
2018	CORSAN	R\$ 2.408.080,42	500	R\$ 4.816,16	75	R\$ 6.421,55
2018	CORSAN	R\$ 44.679.316,44	101.499	R\$ 440,19	14	R\$ 3.144,25
2018	CORSAN	R\$ 28.943.074,49	4.531	R\$ 6.387,79	75	R\$ 8.517,05
2013	PAC	R\$ 3.119.292,40	1.723	R\$ 1.810,38	14	R\$ 12.931,32
2019	CORSAN	R\$ 39.442.143,80	6.395	R\$ 6.167,65	75	R\$ 8.223,54
2018	CORSAN	R\$ 26.596.800,06	2.260	R\$ 11.768,50	75	R\$ 15.691,33
2017	CORSAN	R\$ 20.800.663,02	30.000	R\$ 693,36	14	R\$ 4.952,54
2019	CORSAN	R\$ 36.577.955,34	10.000	R\$ 3.657,80	76	R\$ 4.812,89
2016	CORSAN	R\$	998	R\$	76	R\$

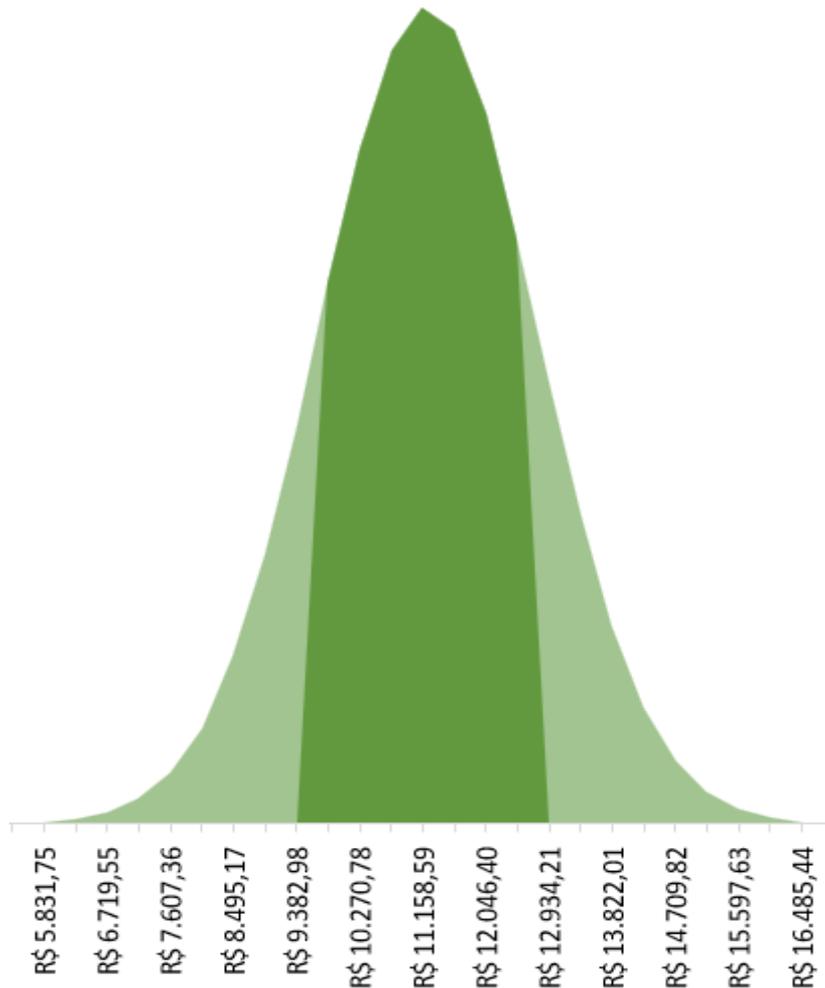
		9.531.791,49		9.550,89		12.566,96
<b>2016</b>	CORSAN	R\$ 38.299.305,68	10.000	R\$ 3.829,93	75	R\$ 5.106,57
<b>2018</b>	CORSAN	R\$ 7.911.448,17	15.000	R\$ 527,43	15	R\$ 3.516,20
<b>2018</b>	CORSAN	R\$ 19.538.747,72	2.928	R\$ 6.673,07	76	R\$ 8.780,35
<b>2019</b>	CORSAN	R\$ 29.866.059,15	3.472	R\$ 8.601,98	76	R\$ 11.318,39
<b>2013</b>	CORSAN	R\$ 1.170.835,43	215	R\$ 5.445,75	75	R\$ 7.260,99
<b>2016</b>	CORSAN	R\$ 28.015.945,71	30.000	R\$ 933,86	14	R\$ 6.670,46
<b>2017</b>	CORSAN	R\$ 981.574,34	88	R\$ 11.154,25	76	R\$ 14.676,65
<b>2017</b>	CORSAN	R\$ 6.410.461,56	450	R\$ 14.245,47	75	R\$ 18.993,96
<b>2017</b>	CORSAN	R\$ 9.684.522,10	6.400	R\$ 1.513,21	15	R\$ 10.088,04
<b>2019</b>	CASAN	R\$ 197.150.875,18	45.000	R\$ 4.381,13	89	R\$ 4.922,62
<b>2021</b>	CASAN	R\$ 74.358.440,00	10.000	R\$ 7.435,84	100	R\$ 7.435,84
<b>2020</b>	CASAN	R\$ 21.107.200,00	2.400	R\$ 8.794,67	76	R\$ 11.571,93
<b>2018</b>	CASAN	R\$ 28.397.670,00	2.030	R\$ 13.989,00	76	R\$ 18.406,58
<b>2016</b>	CASAN	R\$ 59.044.320,00	3.547	R\$ 16.646,27	89	R\$ 18.703,67
<b>2014</b>	CASAN	R\$ 72.454.800,00	4.942	R\$ 14.661,03	75	R\$ 19.548,04
<b>2016</b>	CASAN	R\$ 22.986.720,00	1.133	R\$ 20.288,37	76	R\$ 26.695,22
<b>2018</b>	CASAN	R\$ 32.874.150,00	2.500	R\$ 13.149,66	100	R\$ 13.149,66
<b>2015</b>	CASAN	R\$ 15.457.540,00	2.000	R\$ 7.728,77	89	R\$ 8.684,01
<b>2015</b>	CASAN	R\$ 41.956.180,00	2.225	R\$ 18.856,71	100	R\$ 18.856,71
<b>2016</b>	CASAN	R\$ 84.134.400,00	7.100	R\$ 11.849,92	100	R\$ 11.849,92
<b>2016</b>	CASAN	R\$ 65.654.880,00	10.600	R\$ 6.193,86	100	R\$ 6.193,86
<b>2016</b>	CASAN	R\$ 60.847.200,00	6.443	R\$ 9.443,92	100	R\$ 9.443,92
<b>2020</b>	CASAN	R\$ 25.196.720,00	2.425	R\$ 10.390,40	100	R\$ 10.390,40
<b>2015</b>	CASAN	R\$ 21.924.470,00	1.925	R\$ 11.389,34	100	R\$ 11.389,34
<b>2015</b>	CASAN	R\$ 44.479.860,00	1.750	R\$ 25.417,06	100	R\$ 25.417,06
<b>2016</b>	CASAN	R\$ 94.350.720,00	11.500	R\$ 8.204,41	100	R\$ 8.204,41
<b>2020</b>	CASAN	R\$	2.250	R\$	100	R\$

		27.307.932,79		12.136,86		12.136,86
<b>2014</b>	CASAN	R\$ 23.053.800,00	2.000	R\$ 11.526,90	100	R\$ 11.526,90
<b>2014</b>	CASAN	R\$ 26.826.389,70	7.750	R\$ 3.461,47	76	R\$ 4.554,57
<b>2015</b>	CASAN	R\$ 82.034.376,95	5.276	R\$ 15.548,59	100	R\$ 15.548,59
<b>2018</b>	CASAN	R\$ 29.516.790,00	1.500	R\$ 19.677,86	100	R\$ 19.677,86
<b>2019</b>	CASAN	R\$ 114.290.400,00	5.000	R\$ 22.858,08	100	R\$ 22.858,08
<b>2019</b>	CASAN	R\$ 63.673.422,75	4.386	R\$ 14.517,42	100	R\$ 14.517,42
<b>2020</b>	CASAN	R\$ 13.192.000,00	1.300	R\$ 10.147,69	100	R\$ 10.147,69
<b>2021</b>	SANEPAR	R\$ 45.920.030,00	5.800	R\$ 7.917,25	100	R\$ 7.917,25
<b>2021</b>	SANEPAR	R\$ 6.771.050,00	2.100	R\$ 3.224,31	75	R\$ 4.299,08
<b>2021</b>	SANEPAR	R\$ 1.723.540,00	412	R\$ 4.183,35	100	R\$ 4.183,35
<b>2021</b>	SANEPAR	R\$ 36.933.000,00	3.200	R\$ 11.541,56	89	R\$ 12.968,05
<b>2020</b>	SANEPAR	R\$ 10.553.600,00	580	R\$ 18.195,86	100	R\$ 18.195,86
<b>2020</b>	SANEPAR	R\$ 7.255.600,00	481	R\$ 15.084,41	100	R\$ 15.084,41
<b>2020</b>	SANEPAR	R\$ 26.384.000,00	2.100	R\$ 12.563,81	100	R\$ 12.563,81
<b>2020</b>	SANEPAR	R\$ 923.440,00	415	R\$ 2.225,16	75	R\$ 2.966,88
<b>2015</b>	FUNASA	R\$ 10.924.102,35	700	R\$ 15.605,86	100	R\$ 15.605,86

Nota: \*Valores atualizados de acordo com o INCC – FGV/IBRE para 01/2023.

A Tabela 1 apresenta os dados coletados em toda a região Sul do Brasil e sua análise está apresentada na Tabela 2. A Tabela 2 apresenta ainda os valores médios encontrados na composição total de instalação e implementação de sistema individual, composto por tanque séptico, filtro e sumidouro na mesma região geográfica onde obteve-se a relação dos valores para o sistema coletivo tipo separador absoluto. Para os outros sistemas coletivos, sejam o misto e o unitário, não se encontrou indicativo de que estas modelagens estivessem sendo utilizadas, portanto não se obteve valores para avaliação.

Os dados contidos na Tabela 1 foram processados em planilha eletrônica Microsoft Excel. Se fez necessário estabelecer o grau de confiabilidade dos dados obtidos, para isso, utilizou-se a função INT.CONFIANÇA, que calcula o intervalo de confiança para uma média da população, usando uma distribuição normal. Para a obtenção dos resultados, expressos na unidade principal de observação, é necessário informar o grau de confiança que está sendo procurado, o desvio padrão das amostras obtidas e o número de amostras. Neste caso o grau de confiabilidade é de 95%, o número de amostras é 56 dados e o desvio padrão obtido de R\$ 1.538,87. A Figura 11 apresenta graficamente a distribuição normal dos dados amostrais.



**Figura 11: Distribuição normal dos dados da amostra.**

Considerando os dados de implementação de sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgoto, em especial para o sistema separador absoluto, demonstrou-se que cada unidade ou residência unifamiliar considerada, ou ainda cada economia, para ter um sistema de coleta e seu tratamento instalado custará R\$ 11.362,79, em média. Destaca-se que o grau de confiança do valor encontrado é de 95%.

**Tabela 2: Síntese comparativa de custos médios de instalação por tipo de sistema.**

CUSTO MÉDIO POR ECONOMIA (R\$-US\$/Economia)				
SISTEMAS COLETIVOS			SISTEMA INDIVIDUAL	
Separador Absoluto	Misto	Unitário	Moldado <i>in loco</i>	Pré moldado
<b>R\$ 11.362,79</b>	Sem dados	Sem dados	<b>R\$ 24.008,74</b>	<b>R\$ 6.197,63</b>
<b>*US\$ 2.241,18</b>	Sem dados	Sem dados	<b>*US\$ 4.735,45</b>	<b>*US\$ 1.222,41</b>

Nota: \*Cotação média dólar americano em Janeiro de 2023(US\$1,00/R\$5,07).

De acordo com os dados obtidos da TABELA SINAPI (02/2023), uma instalação para coleta e tratamento de esgoto através de um sistema individualizado, considerando uma residência para até 5 pessoas com aplicação de peças pré-moldadas em concreto, na área de abrangência da região Sul do Brasil, o custo médio possui uma variação de R\$ 24.008,74 para construção em alvenaria moldado *in loco*. Para o sistema pré-moldado, os valores se mostram com uma redução extremamente significativa, chegando a quase 1/4 do custo da mesma instalação moldada no local, sendo o valor médio de R\$ 6.197,63.

**Tabela 3: Comparativo de custos entre os tipos construtivos de sistemas individuais de tratamento de esgoto para 5 e 105 pessoas.**

CUSTO MÉDIO SISTEMA INDIVIDUAL - TIPOS				
SISTEMA INDIVIDUAL				
	Moldado in loco		Pré moldado	
	5 pessoas	105 pessoas	5 pessoas	105 pessoas
Custo Total	R\$ 24.008,74	R\$ 108.436,57	R\$ 6.197,63	R\$ 75.368,37
Custo Percapta	R\$ 4.801,75	R\$ 1.032,73	R\$ 1.239,53	R\$ 717,79
Custo por Economia*	R\$ 9.603,50	R\$ 2.065,46	R\$ 2.479,05	R\$ 1.435,59

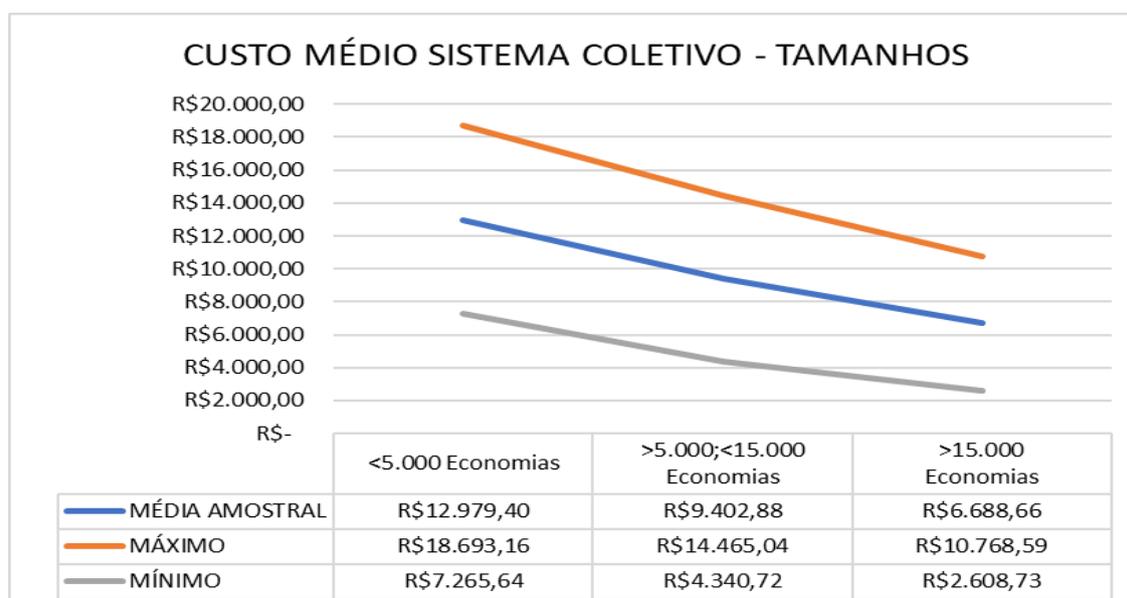
Nota 1: \*Considerado 2,5 pessoas por economia.

Nota 2: Valores baseados na Tabela SINAPI 02/2023.

Verifica-se, no entanto, um ganho de escala ao analisarmos os diferentes tamanhos de sistemas, pois enquanto que um sistema individual de tratamento em concreto pré-moldado para 5 pessoas custa R\$ 6.197,63, para 105 pessoas o valor médio obtido é de R\$ 75.368,37. Ao transformar as referências para valores *per capita*, obtemos R\$ 1.239,53 por pessoa para o sistema para 5 pessoas e R\$ 717,79 por pessoa para o sistema para 105 pessoas, representando assim uma diferença de mais de 60% de incremento do menor para o maior sistema.

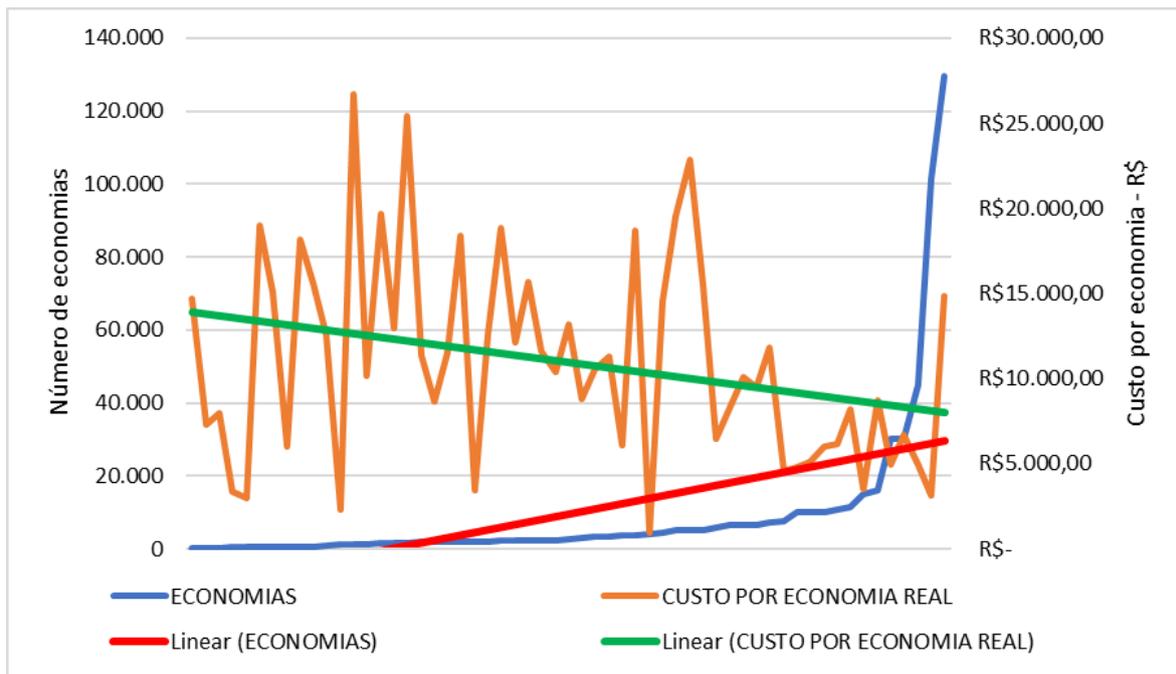
No entanto, para o sistema construtivo moldado no local, as diferenças são mais acentuadas, pois enquanto que o custo percapta para um sistema para 5 pessoas custa R\$ 4.801,75, para 105 pessoas o custo médio é de R\$ 1.032,73, ou seja, o ganho de escala nestas proporções é de mais de 3/4 de redução no custo com o aumento do tamanho do sistema.

Para os sistemas coletivos, a escala da implementação também está diretamente relacionada com a diminuição dos custos, pois à medida que aumenta o tamanho diminuem seus custos.



**Figura 12: Relação de custo em sistemas coletivos por tamanho.**

Desta forma, a Figura 12 evidencia a relação de ganho de escala para sistemas coletivos. De forma segmentada por faixas de tamanhos de sistema consolida-se essa definição, ou seja, à medida que se tem um aumento no sistema, há diminuição dos custos relacionados a sua implantação.



**Figura 13: Curvas de tendência Custo x Tamanho dos sistemas.**

De forma gráfica, a Figura 13 apresenta a tendência de redução dos custos à medida que aumenta o tamanho dos sistemas sob uma análise global das amostras. Vê-se que em alguns dados há um custo bastante elevado em sistemas relativamente pequenos, porém, ao analisar o conjunto de dados de forma sistêmica fica clara a tendência de redução dos custos com o aumento do número de economias de cada sistema. As características próprias de cada local são fatores diretamente relacionados a variação dos custos, pois pode-se por exemplo ter um valor alto de implantação por conta das características do solo e litologia, bem como de sua topografia.

No que se refere aos custos dos serviços sob o ponto de vista dos usuários, os sistemas coletivos se baseiam nos consumos de água das unidades habitacionais, ou seja, aplica-se um percentual sobre o consumo medido de água tratada, e este percentual possui uma variação a depender da empresa prestadora dos serviços e das respectivas normas regulamentadoras. Normalmente esse valor percentual oscila entre 70 e 120% dos consumos de água tratada no Brasil. Para os sistemas individuais, há um movimento no Estado do Rio Grande do Sul para que se tenha a implementação deste serviço pela empresa prestadora dos serviços públicos de abastecimento de água tratada e coleta e tratamento de esgoto sanitário, e neste caso, há cobrança de um valor fixo mensal e o usuário possui o direito de receber uma coleta anual do lodo do seu sistema.

## CONCLUSÕES

Através das proposições deste trabalho técnico, evidenciam-se as dificuldades e desafios da universalização dos serviços de saneamento básico e em especial da coleta e tratamento do esgoto sanitário. As restrições orçamentárias, aliadas aos altos custos de implantação são entraves ao alcance das metas do Plansab e da Agenda 2030, bem como do marco regulatório atualizado. Neste contexto, mostra-se fundamental uma análise criteriosa com enfoque na racionalização dos recursos de forma a obter o máximo de resultado com os valores previstos para investimento.

Frente as dificuldades de avanço nos índices de coleta e tratamento de esgoto, avalia-se a necessidade de desoneração fiscal com objetivo de dar modicidade tarifária aos usuários e facilidade quanto ao apego cultural de sua utilização, pois as contrapartidas tendem a trazer benefícios em diversos segmentos.

Conclui-se que há ganho de escala ao observarmos a variação dos tamanhos dos sistemas individuais de tratamento, sejam na forma construtiva pré-moldada ou moldada no local em concreto.

Evidenciou-se que sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgoto apresentam ganho de escala de acordo com seu tamanho, diminuindo os custos de instalação à medida que aumenta o seu número de usuários, em projeto. De acordo com as amostras utilizadas na análise, há variações bastante significativas entre sistemas com tamanho similar, no entanto, uma análise global das amostras apontam para uma tendência de diminuição dos custos ao apresentarem aumento de seu porte em relação ao número de usuários.

Há locais com geologia ou topografia que impossibilitam a aplicação de um ou outro tipo de sistema, sejam o sistema individual em caso de solos impermeáveis ou rasos, ou as dificuldades de construção de redes em solos rochosos.

Foram encontradas parcelas de custos de implantação de sistemas de esgotamento sanitário que não fazem parte do escopo da composição final dos valores, tais como execução de projetos de trabalho técnico social nas áreas de abrangência de expansão e/ou ampliação dos sistemas, levantamentos topográficos, contratações de sistemas de automação das ETE's, consultorias, estudos das mais diversas naturezas que se relacionam ao serviço de coleta e tratamento de esgoto, projetos ambientais, sejam de reconstrução de áreas degradadas ou trabalhos de conscientização das populações abrangidas visando a utilização dos sistemas de tratamento mostrando seus benefícios.

Não foi possível a utilização de dados de empresas privadas, pois os mesmos não estavam disponíveis ou não foram disponibilizados.

A implantação de serviço público de manutenção para o sistema individual possui característica de aproveitamento da infraestrutura já instalada, tarifa com valor fixo ao longo do ano e garantia de eficiência quanto ao tratamento.

A implantação da operação e manutenção do sistema individual de tratamento de esgoto de forma pública evita a abertura de ruas, estradas e avenidas para construção da infraestrutura necessária aos sistemas coletivos, bem como, a instalação de elementos ou dispositivos de elevação ou bombeamento de esgoto em áreas mais baixas em relação ao escoamento natural.

Vislumbra-se a possibilidade de implementação de sistemas que usem infraestrutura instalada para drenagem urbana em operação para a coleta de esgoto, neste caso para um sistema misto ou um sistema unitário com o devido encaminhamento a uma Estação de Tratamento de Esgoto.

Em sistemas individuais de tratamento de esgoto há menor possibilidade de ocorrências de danos ambientais causados por desastres naturais ou acidentes antrópicos, bem como maior poder resiliente potencial baseado nas estruturas individualizadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agenda 2030. Plataforma Agenda 2030. <http://www.agenda2030.org.br/>. 2021.
2. AGERGS - Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul. Resolução Normativa N° 50, de 21 de novembro de 2019 Sessão n° 88/2019. Disciplina a prestação do serviço de limpeza programada de sistemas individuais pela CORSAN.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1992.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.
5. BARROS, Rodrigo. Blog Saneamento Básico. Conheça a história do saneamento básico e tratamento de água e esgoto. Disponível em <https://www.eosconsultores.com.br/historia-saneamento-basico-e-tratamento-de-agua-e-esgoto/>. 2019.
6. Brasil (2020). Ministério do Desenvolvimento Regional. Plano Nacional de Saneamento Básico <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab>. Brasília, DF.
7. Brasil. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de Água e Esgoto - 2021. Brasília: SNIS, 2023.
8. BUENO, D. A. C. Filtros anaeróbios com pós-tratamento em filtros de areia intermitentes: Desempenho em operação crítica. 2017. 466 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Área de Saneamento e Ambiente, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.
9. CNI. Confederação Nacional da Indústria. Comparações Internacionais – Uma agenda de soluções para os desafios do saneamento brasileiro. Brasília. 2017.
10. GIKAS, P.; TCHOBANOGLIOUS, G. The role of satellite and decentralized strategies in water resources management. *Journal Of Environmental Management*, 2009.
11. GO Associados. Ranking do Saneamento Instituto Trata Brasil 2019 (SNIS 2017). São Paulo. 2019.
12. GOMES, P. M. e HARADA, A. L. As questões ambientais, técnica e implicação social da locação das unidades operacionais de esgotos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., Foz do Iguaçu, PR. 1997. Programa & Resumos. Rio de Janeiro, ABES, Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19., 1997.
13. IBOPE/TRATA BRASIL. <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa15/Resultados-Pesquisa-Ibope-2012.pdf>.
14. IDE, C. N. Qualidade da drenagem pluvial urbana da Bacia dos Açorianos. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas. UFRGS. Porto Alegre. 1984.
15. LIBRALATO, G.; GHIRARDINI, A. V.; AVEZZÙ, F. To centralize or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management. *Journal Of Environmental Management*, 2012.
16. METCALF; EDDY, Wasterwater engineering: treatment and reuse. 4ª ed. New York: McGraw-Hill, 2003.
17. NUVOLARI, A. Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 2a ed. São Paulo: Blücher, 2011.
18. OMS-Organização Mundial de Saúde in: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php>.
19. TABELA SINAPI. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Disponível em <https://www.caixa.gov.br/>. Acesso em março 2023.
20. TONETTI, Adriano Luiz. Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. Ana Lucia Brasil, Francisco José Peña y Lillo Madrid, et al. - Campinas, SP. Biblioteca Unicamp, 2018.
21. TSUTIYA, M. T. BUENO, R. C. R. Contribuições de águas pluviais em sistemas de esgoto sanitário no Brasil. *Revista Água Latinoamérica*. Tucson. Julho/agosto. 2004.
22. TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. Coleta e transporte de esgoto sanitário. 3a ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.