



XII-817 – AVALIAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO *PER CAPITA* (Cp) DE ESGOTO FECAL EM RESIDÊNCIAS DE COMUNIDADES QUILOMBOLAS

Adivânia Cardoso da Silva

Engenheira Ambiental e Sanitarista. Mestra em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Doutoranda em Ciências Ambientais na UFG.

Vinícius Baroni Scalize

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Goiás (UFG).

Humberto Carlos Ruggeri Júnior

Engenheiro Civil. Mestre em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Doutor em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (USP). Professor da Universidade Federal de Goiás (UFG).

Paulo Sergio Scalize⁽¹⁾

Engenheiro Civil e Biomédico. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP). Professor da Universidade Federal de Goiás (UFG).

Endereço⁽¹⁾: Av. Universitária, 1488, Quadra 86, Lote Área – Setor Universitário – Goiânia – GO - CEP: 74605-220 - Brasil - Tel: (62) 3209-6257 - e-mail: pscalize.ufg@gmail.com

RESUMO

A universalização do saneamento básico é um dos desafios do século XXI em todo o mundo, e na concepção de projetos de infraestruturas sanitárias é fundamental utilizar dados de consumo de água mais próximo do real, a fim de garantir mais assertividade quanto ao volume de esgoto gerado. A presente pesquisa teve como objetivo determinar a contribuição *per capita* real de esgoto fecal em duas residências quilombolas em zonas rurais de Goiás (Brasil). Assim, a referida pesquisa foi desenvolvida em duas etapas: a) levantamento de dados sobre contribuição *per capita* de esgoto fecal através de revisão da literatura, b) realização da medição da contribuição *per capita* de esgoto em duas residências (R1 e R2) pertencentes em comunidades quilombolas rurais distintas, a primeira com 5 habitantes e a segunda com 1 habitante, através de medidor volumétrico (vazão nominal de 1,5 m³/h) na tubulação de água que alimenta um único vaso sanitário em cada domicílio. Além disso, analisou-se os dados encontrados na literatura em comparação aos dados medidos *in loco*. Observou-se um déficit na literatura de dados de medições reais de contribuição *per capita* de esgoto fecal no meio urbano e principalmente no meio rural, sendo incipiente as pesquisas nessa temática, demonstrada pelo baixo número de publicações. Apenas 7 trabalhos foram identificados, cujo recorte temporal encontra-se no período de 2008 a 2022. O volume de esgoto fecal medido para as duas residências analisadas correspondeu a 14,93 L/hab.dia (R1) e 16,25 L/hab.dia (R2), sendo superior ao menor valor identificado na literatura (10,2 L/hab.dia), e inferior ao maior valor estimado (150,6 L/hab.dia) para residências urbanas. Em geral, a contribuição de esgoto fecal *per capita* estimada é superior àquela medida. Assim, recomenda-se que sejam realizadas medições em uma maior quantidade de residências para que os valores obtidos sejam mais próximo do real.

PALAVRAS-CHAVE: Micromedição, esgotamento sanitário, parâmetro de projeto, comunidade rural, tratamento de esgoto.

INTRODUÇÃO

No mundo, cerca de 2,3 milhões de pessoas não dispõem de infraestruturas de saneamento básico (ONU, 2023), aproximadamente 1,8 milhão fazem ingestão de água sem proteção contra patógenos fecais



(WHO/UNICEF, 2021) e 80% das águas residuais sem tratamento ou reutilização são retornadas ao ecossistema (UNESCO, 2017), comprometendo perigosamente a saúde humana e ambiental.

Em países em desenvolvimento, como o Brasil, a oferta dos serviços de saneamento básico é um desafio, há metas de universalização até 2033 (BRASIL, 2020), enquanto isso, em zonas distantes dos centros urbanos, como as comunidades rurais e tradicionais remotas, nem sempre há o consumo de água em condições de potabilidade, além disso, carecem de orientações técnicas para a destinação final ambientalmente adequada dos efluentes sanitários, principalmente, representado um problema de saúde pública e maior vulnerabilidade social.

Nesse contexto, na concepção de projetos de saneamento básico como o dimensionamento de um sistema de afastamento de esgoto doméstico é fundamental utilizar dados de consumo de água mais próximo do real, a fim de garantir mais assertividade quanto ao volume de esgoto gerado. Além disso, pode-se evitar problemas de contaminação resultantes de transbordamentos/extravasamentos da unidade de tratamento, e consequentemente assegurar a qualidade dos recursos ambientais, por exemplo os mananciais de abastecimento.

Em termos de contribuição *per capita*, a descarga do vaso sanitário consome um dos maiores volumes de água de uma residência (CUSTÓDIO e GHISI, 2023), e onde origina-se o esgoto fecal que deve ser encaminhado a um sistema de tratamento antes de ser lançado no corpo receptor.

Na literatura, há valores medidos e estimados de contribuição *per capita* de esgoto domiciliar que variam de 10,2 L/hab.dia (PIRES, 2012) a 150,6 L/hab.dia (GRESPLAN *et al.*, 2022), com mais informações referindo-se à zona urbana, em comparação ao meio rural. Todavia, a utilização de dados da literatura pode-se sub ou superestimar um determinado parâmetro de projeto, mesmo incluindo coeficiente de segurança, pode resultar em um sistema não condizente com a realidade.

Além disso, a literatura carece em apresentar estimativas de geração de esgoto para a zona rural, pois maiores são os desafios de realizar medições em área sem o contexto urbano. Assim, faz-se necessário determinar a contribuição de esgoto fecal em residências rurais e ampliar a discussão acerca dessa temática na orientação de projetos futuros.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia para execução do presente trabalho foi desenvolvida em duas etapas, sendo elas: a) revisão da literatura; e b) medição da contribuição *per capita* de esgoto fecal em duas residências em comunidades quilombolas distintas de Goiás. Conforme estão descritas a seguir.

PRIMEIRA ETAPA: REVISÃO DA LITERATURA

A busca na literatura por trabalhos sobre contribuição *per capita* de esgoto fecal foi realizada na base do *Google Acadêmico*. Para isso, utilizou-se palavras-chave pertinentes ao objeto de pesquisa por meio dos termos: "abastecimento de água", "esgotamento sanitário", hidrômetro, nos idiomas português e inglês.

O levantamento de publicações não se limitou por recorte temporal, país e/ou idioma, e não se restringiu a um único tipo de publicação técnico-científica, considerou-se artigos, teses, dissertações, bem como documentos da literatura cinzenta.

SEGUNDA ETAPA: MEDIÇÃO *IN LOCO* DA CONTRIBUIÇÃO DE ESGOTO FECAL

A área de estudo selecionada para a medição de esgoto fecal compreende duas residências (R1 e R2) em zonas rurais, uma com 5 habitantes na comunidade quilombola Porto Leucádio, São Luiz do Norte – Goiás e outra com 1 habitante na comunidade Rafael Machado – Goiás. Essa última, inicialmente era para ter 5 habitantes, no entanto ocorreu mudança da família para outra casa, ficando somente a matriarca.

Assim, foi instalado um medidor volumétrico com vazão (Q_n) de 1,5 m³/h, marca Alemã Zenner, modelo RTK-S, na tubulação de água que alimenta um único vaso sanitário em cada residência (Figura 1). Para isso foi

feita uma derivação na tubulação das instalações hidro sanitárias existente no banheiro. E as leituras dos hidrômetros realizadas em intervalos definidos.

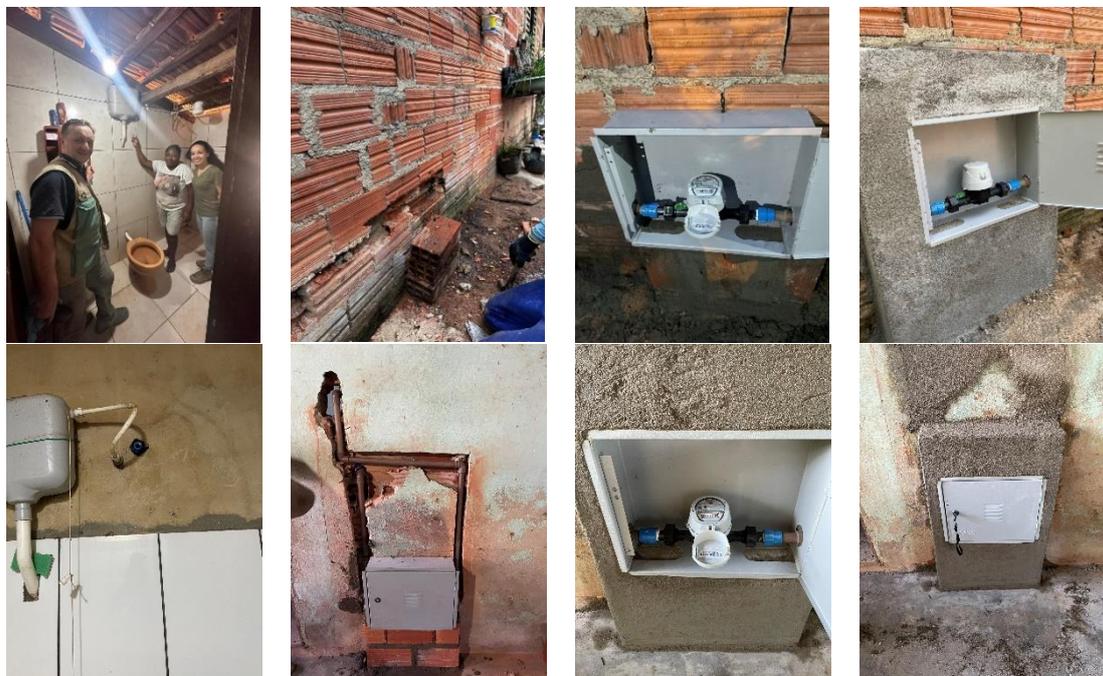


Figura 1: Realização de uma derivação na tubulação que alimenta as instalações hidro sanitárias, com a instalação de um hidrômetro volumétrico para monitorar o volume de água gasto nas descargas do vaso sanitário, nas residências R1 e R2.

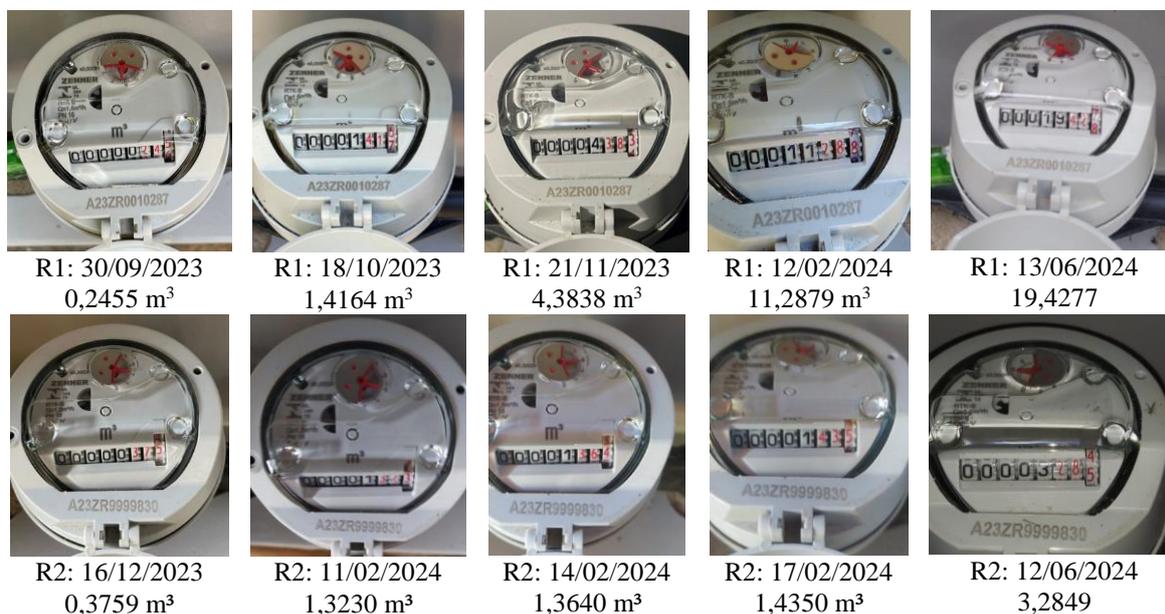
RESULTADOS

As estimativas de contribuição *per capita* encontradas na literatura (Tabela 1), variam de 10,2 a 150,6 L/hab.dia, sendo dados provenientes de trabalhos publicados no período de 2008 a 2022, tais como artigos de pesquisas e dissertação. Destes, três trabalhos se referem à zona rural, considerando o consumo *per capita* médio de água para descarga do vaso sanitário, e ao volume de esgoto fecal gerado devido à contribuição de fezes e urina.

Tabela 1: Estimativas de contribuição *per capita* de esgoto fecal pela literatura

Contribuição <i>per capita</i> (L/hab.dia)	Autoria	Tipo	Área de estudo
10,2	Pires (2012)	Dissertação	Rural
13,1	Coelho, Reinhardt, Araújo (2018)	Artigo	Rural
14,0	Barreto (2008)	Artigo	Urbano
17,4	Makki <i>et al.</i> (2015)	Artigo	Urbano
25,3	Costa, Mota (2022)	Artigo	Urbano
30,0	Da Silva (2011 <i>apud</i> Da Costa, Guilhoto, 2014)	Artigo	Rural
150,6	Grespan <i>et al.</i> (2022)	Artigo	Urbano

Nas medições *in loco*, o volume de esgoto fecal gerado foi monitorado em dois domicílios, um contendo 5 habitantes por 257 dias, 30/09/23 a 13/06/24 (Residência 1) e outro com 1 habitante (Residência 2), monitorado por 179 dias (16/12/23 a 12/06/24). Nos locais se realizou 4 leituras, além da leitura inicial (Figura 2 e Tabela 2), obtendo-se 14,93 e 16,25 L/hab.dia, respectivamente em cada uma das residências.



Nota. R1 = residência 1 na comunidade Porto Leucádio (São Luiz do Norte/GO); R2 = residência 2 na comunidade Rafael Machado (Uruaçu/GO).

Figura 2: Leituras realizadas no período de 30/09/23 a 13/06/24 na residência 1, e 16/12/2023 a 12/06/2024 na residência 2, em zona rural de Goiás.

Tabela 2: Contribuição *per capita* de esgoto fecal (Cp) no período de monitoramento para a residência com 5 habitantes (R1) e para a residência com 1 habitante (R2).

Área de estudo	Dia da Leitura	Intervalo (dia)	Leitura (m ³)	Volume (m ³)	volume médio no intervalo entre leituras (m ³ /dia)	Volume médio (L/dia)	Contribuição <i>per capita</i> de esgoto fecal (Cp) (L/hab.dia)
R1	30/09/23	NA	0,2455	NA	NA	NA	NA
	18/10/23	18	1,4164	1,1709	0,0651	65,05	13,01
	24/11/23	37	4,3838	2,9674	0,0802	80,20	16,04
	12/02/24	80	11,2879	6,9041	0,0863	86,30	17,26
	13/06/24	122	19,4277	8,1398	0,0677	66,72	13,34
	Período	257	NA	19,1822	0,0746	74,64	14,93
R2	16/12/23	NA	0,3590	NA	NA	NA	NA
	11/02/24	57	1,3230	0,9471	0,0166	16,62	16,62
	14/02/24	3	1,3640	0,0410	0,0137	13,67	13,67
	17/02/24	3	1,4350	0,0710	0,0237	23,67	23,67
	12/06/24	116	3,2849	1,8499	0,0159	15,95	15,95
	Período	179	NA	2,9090	0,0163	16,25	16,25

A média *per capita* obtida de esgoto fecal gerado nas residências foi de 15,15 L/hab.dia. Em R1, durante o período de 257 dias, o volume registrado foi de 19,1822 m³, o que propiciou uma contribuição *per capita* (Cp) de 14,93 L/hab.dia (Tabela 1). Esse valor é superior a um Cp = 13,08 L/hab.dia, determinado a partir de 50,3 L/hab.d, considerando um coeficiente de retorno de 26% para domicílios ligados a uma rede de abastecimento (COELHO, REINHARDT, ARAÚJO, 2018). Em R2, durante o período de 179 dias, o volume registrado foi de 2,9090 m³, gerando uma contribuição *per capita* de 16,25 L/hab.dia, valor superior ao encontrado em um estudo realizado em 100 residências urbanas em São Paulo, onde o consumo médio foi de 14,0 L/hab.dia, também monitorado utilizando hidrômetro. No entanto, utilizou-se de um período de 7 dias consecutivos, destacando que nem todos os locais foi possível a medição (BARRETO, 2008).

A média de contribuição *per capita*, num período curto de monitoramento, pode resultar em valores diferentes da realidade, passível de sub ou superestimação do valor médio obtido. Em períodos curtos fica difícil



mensurar as condições adversas que podem ocorrer ao longo do tempo, tais como sazonalidades e permanência/ausência dos moradores nas residências, este último em função de alguns fatores tais como: eventos comemorativos, feriados, férias de trabalho e/ou escola, passeios e idas à cidade e recebimento de visitas. Destaca-se ainda, que se tratando de pessoas, um maior período de análise traz de volta da naturalidade do dia a dia, indicando dados mais consistentes, diferente de análises em períodos mais curtos, pois as pessoas involuntariamente podem se comportar de uma maneira diferente da normal, o que pode apresentar vieses aos resultados. No presente trabalho, a contribuição média variou de 13,01 a 23,67 L/hab.dia, quando considerados intervalos de 3 a 80 dias de monitoramento. No entanto, períodos mais longos a contribuição *per capita* foi de 13,34 e 15,95 L/hab.dia.

Quando a contribuição *per capita* é determinada a partir do consumo de água, deve-se ainda incluir o volume gerado pela urina e fezes. Um indivíduo saudável excreta em média 128 g de fezes todos os dias, e aproximadamente 1,5 litros de urina por pessoa/dia (ROSE *et al.*, 2015), o que representaria um percentual de aproximadamente 9% do volume *per capita* de esgoto fecal gerado por uma pessoa adulta ao longo de um dia, resultando em 16,27 L/hab.dia para R1 e 17,71 L/hab.dia em R2.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se com relação a contribuição *per capita* de esgoto fecal que:

- existem poucos estudos de medições no meio urbano e principalmente no meio rural;
- os valores estimados geralmente são superiores àqueles medidos;
- os resultados aqui obtidos aproximam-se dos menores valores estimados na literatura;
- nas residências rurais investigadas, as medições *in loco* foram superiores aos valores medidos em residências urbanas relatadas na literatura.

Recomenda-se que sejam realizadas medições em uma maior quantidade de residências para que os valores obtidos sejam mais próximo do real.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARRETO, D. Residential water consumption pattern and internal uses of water. *Ambiente Construído*, v.8, n. 2, 23-40, 2008.
2. BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Novo Marco Legal do Saneamento Básico. Brasil, 2020.
3. COELHO, C. F.; REINHARDT, H.; ARAÚJO, J. C. Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, n. 4, 801–810, 2018.
4. COSTA, C.C.; GUILHOTO, J.J.M. Saneamento Rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. *Eng. Sanit. Ambient.*, v. 19, 2014.
5. COSTA, T.H.S.; MOTA, F.S.B. Análise quantitativa de águas cinza em um condomínio residencial. *Eng. Sanit. Ambient.*, v. 27, n. 2, 2022.
6. CUSTÓDIO, D.A.; GHISI, E. Potential for potable water savings using rainwater: a case study in a university building in Southern Brazil. *Urban Water Journal*, v. 21, n. 2, 252–258, 2023.
7. GRESPAN, A., GARCIA, J., BRIKALSKI, M.P., HENNING, E. KALBUSCH, A. Assessment of water consumption in households using statistical analysis and regression trees. *Sustainable Cities and Society*, v. 87, 13p, 2022.
8. MAKKI, A.A., STEWART, R.A., BEAL, C.D., PANUWATWANICH, K. Novel bottom-up urban water demand forecasting model: Revealing the determinants, drivers and predictors of residential indoor end-use consumption. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 95, 15–37, 2015.
9. ONU. Organização das Nações Unidas. Água.



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



10. PIRES, F. J. Construção participativa de sistemas de tratamento de esgoto doméstico no assentamento rural Olga Benário – MG. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa, 2012.
11. ROSE, C.; PARKER, A.; JEFFERSON, B.; CARTMELL, E. The characterization of feces and urine: a review of the literature to inform advanced treatment technology. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 45, n. 17, 1827–1879, 2015.
12. UNESCO. Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos, 2017: Águas residuais: o recurso inexplorado, resumo executivo. UNESCO World Water Assessment Programme. 2017.
13. WHO/UNICEF. World Health Organization & United Nations Children's Fund. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020: five years into the SDGs. World Health Organization, 2021.