Encontro Técnico
AESABESP
Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente



# 35ETC-06778
# ANÁLISE DE DESEMPENHO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANTANA DA CIDADE DE VARGINHA - MG

André Aguiar*
Juan Pablo Pereira Lima
Universidade Federal de Itajubá
*aguiar@unifei.edu.br

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

AESABESP
Associação dos Engenheiros da Sabesp

# Introdução

- 80% da água distribuída para o consumo humano é convertida em esgoto doméstico;
- 2023: coleta de 6 bilhões de $m^3$ de esgoto no país (SNIS, 2024);
- Apenas 56% da população brasileira foi atendida quanto à coleta e para somente 52% do que foi coletado recebeu tratamento;
- Novo Marco Regulatório do Saneamento (Lei 14.026/2020): expandir o tratamento de esgoto para mais de 90% da população até 2033;
- Mas e as cidades que possuem ETEs? Elas têm sido efetivas??????

PERIÓDICO TCHÊ QUÍMICA
ARTIGO ORIGINAL

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

# MONITORAMENTO E RELACIONAMENTO DOS PARÂMETROS DQO E $DBO_5$ EM AFLUENTE E ESGOTO TRATADO DAS CIDADES DE ITAJUBÁ E PEDRALVA, MG

# MONITORING AND RELATIONSHIP OF COD AND $BOD_5$ PARAMETERS IN AFLUENT AND TREATED SEWAGE FROM ITAJUBÁ AND PEDRALVA CITIES, MG

BUDEIZ, Victor; AGUIAR, André*

Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Recursos Naturais

** Autor correspondente*
*e-mail: andrepiranga@yahoo.com.br*

Received 30 July 2019; received in revised form 09 January 2020; accepted 29 January 2020

Fonte:
https://doi.org/10.52571/PTQ.v17.n34.2020.98_P34_pgs_80_92.pdf

## RESUMO

Uma das principais características avaliadas no tratamento de esgotos municipais consiste no teor de matéria orgânica, geralmente baseado nas análises de Demandas Química e Bioquímica de Oxigênio, DQO e DBO respectivamente. O objetivo deste trabalho foi analisar e comparar a relação entre os parâmetros DQO e $DBO_5$ para esgotos domésticos brutos (afluentes) e tratados de duas estações de tratamento de esgoto (ETEs) pertencentes às cidades de Itajubá e Pedralva, ambas localizadas no sul de Minas Gerais, Brasil. Em função dos dados obtidos ao longo de dois anos junto à companhia de saneamento do Estado, analisaram-se as razões e a correlação linear entre DQO e $DBO_5$, assim como suas remoções percentuais como forma de verificar a eficiência das ETEs. Foram verificadas razões médias DQO/$DBO_5$ de 2,13 e 2,20 para os afluentes das ETEs de Itajubá e Pedralva, respectivamente. Esses valores estão na faixa típica de esgoto bruto doméstico, não sendo encontrados indícios de contribuição industrial. Os valores de coeficiente de correlação linear ($R^2$) entre os parâmetros DQO e $DBO_5$ para o esgoto bruto de Itajubá e Pedralva foram 0,8585 e 0,4863, respectivamente, sugerindo que pode-se estimar a $DBO_5$ a partir da DQO para a ETE da primeira cidade ($R^2$>0.8). Para as amostras de esgoto tratado de ambas as ETEs não se recomenda tal abordagem, pois os valores de $R^2$ foram menores que 0.3. De acordo com a legislação estadual vigente (COPAM/CERH nº 1), as duas ETEs removeram eficientemente a $DBO_5$, enquanto a ETE de Itajubá apresentou remoção de DQO levemente abaixo do estipulado. Em relação à legislação federal (CONAMA nº 430), ambas as ETEs reduziram eficientemente a $DBO_5$.

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Water Process Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jwpe



# Sewage treatment in cities of the state of Minas Gerais, Brazil, that use the UASB reactor as the only biological treatment: A case study

Márcio Daniel Nicodemos Ramos [a], Tamara Maria Gomes [b], Sérgio Francisco de Aquino [c], André Aguiar [a,*]

[a] Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, 37500-903 Itajubá, MG, Brazil
[b] Departamento de Engenharia de Biossistemas, Universidade de São Paulo, 13635-900 Pirassununga, SP, Brazil
[c] Departamento de Química, Universidade Federal de Ouro Preto, 35400-000 Ouro Preto, MG, Brazil

ARTICLE INFO

*Keywords:*
Sewage treatment
UASB reactor
Wastewater treatment plant
Environmental legislation
Fertigation

ABSTRACT

This article analyzed the performance of four Wastewater Treatment Plants (WWTP) in three cities in the state of Minas Gerais, Brazil, which use the UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) reactor as the only stage of biological treatment. When evaluating the characteristics of treated wastewater, it was verified that the WWTPs were not efficient enough to meet the disposal standards established by environmental agencies. Most of the sewage samples from Ipatinga municipality did not meet the minimum removal for $BOD_5$ of 60 % and COD of 55 %, being 56 % and 46 % the average removals, respectively. These results suggest the need for improvements in the current biological treatment and/or the adoption of a polishing step. The raw sewage had high biodegradability ($BOD_5/COD>0.4$) and the UASB reactors reduced this biodegradability (ranging from 0.2 to 0.43) by removing the content of easier degradation. A strong linear correlation ($R^2 = 0.85$) was observed between COD and $DBO_5$ data for the raw sewage from Timóteo municipality, making it possible to estimate the second parameter as a function of the first. When compared with wastewater characterized and used in fertigation studies, the treated sewage samples of the present study show potential for application in agricultural practices.

*Fonte:* https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104509

# Presente estudo de caso: Varginha

- Município localizado no sul de MG;
- Área territorial : 395.396 km$^2$;
- População estimada: 137.608 habitantes (IBGE, 2021);
- Principais atividades econômicas: serviços, atividade cafeeira, além de indústrias de outros ramos.

*Fonte: IBGE, 2020; Portal Prefeitura de Varginha, 2024.*

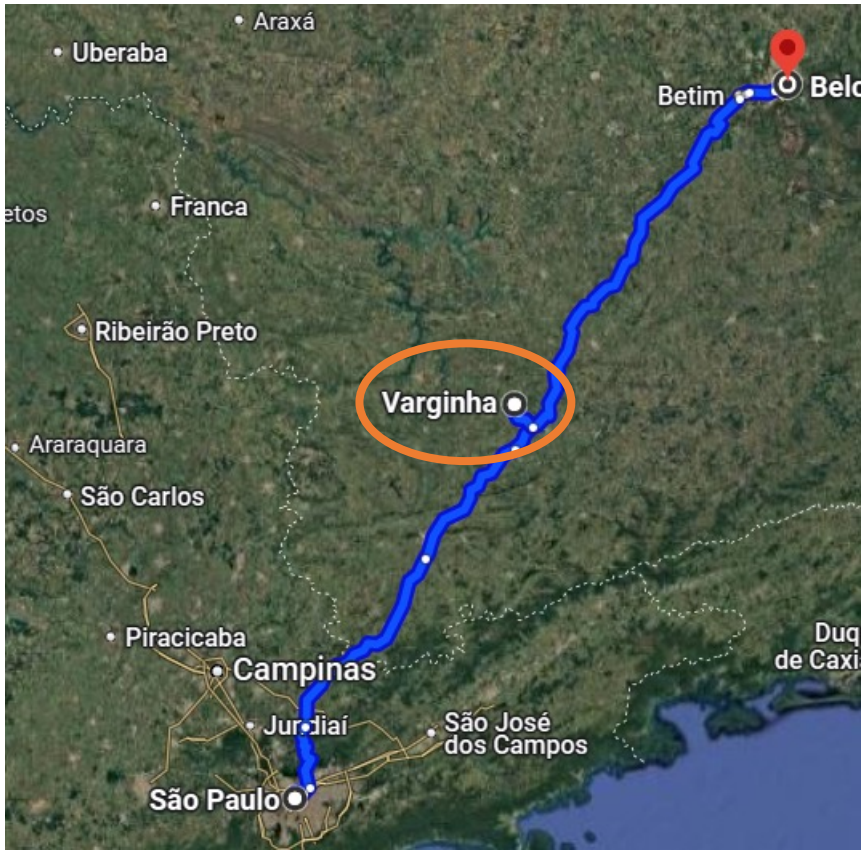



***Figura 1*** *– Localização de Varginha*
*Fonte: Google Maps*

# Estudo de caso: Varginha

- Varginha possui 3 ETEs administradas pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa-MG);
- A rede coletora de esgoto possui uma extensão de ~538 mil m, cobrindo ~92% da população;
- Aproximadamente 70% do esgoto do município é trata na ETE Santana;
- Tal ETE recebe 1/3 da vazão máxima operacional de 280 $L.s^{-1}$ de esgoto;

*Fonte: ARSAE-MG (2021).*

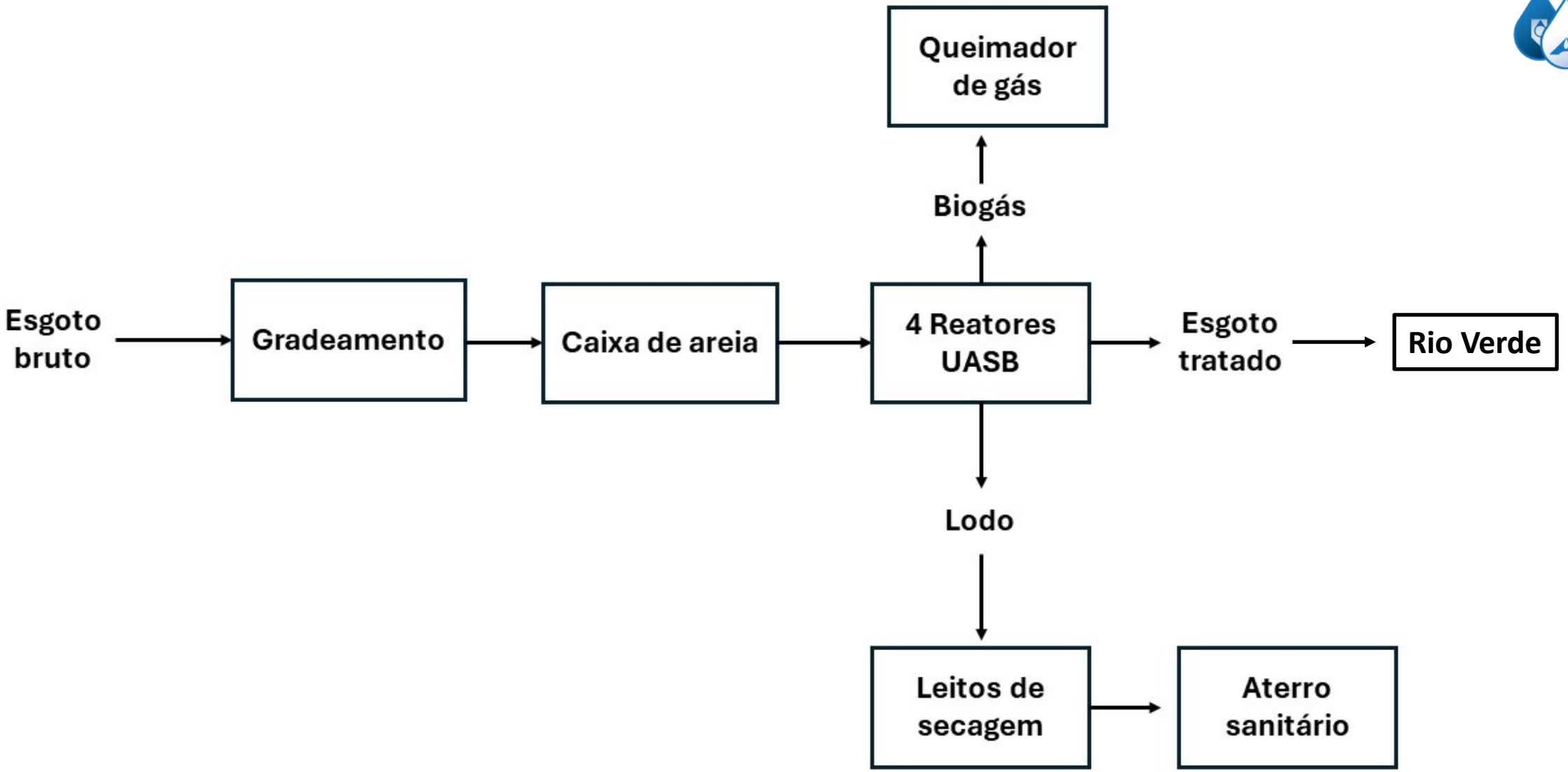



**Figura 2 -** Fluxograma dos processos de tratamento presentes na ETE Santana de Varginha-MG.

*Fonte: ARSAE, 2021.*

# UASB (RAFA – reator anaeróbio de fluxo ascendente)

- Adotado em 70% das ETEs em MG;
- Tratamento biológico anaeróbio;
- Baixos requisito de espaço e custo operacional;
- Baixa produção de lodo;
- Desvantagens: produção de biogás, baixa eficiência em remover nutrientes, pode requerer pós-tratamento.

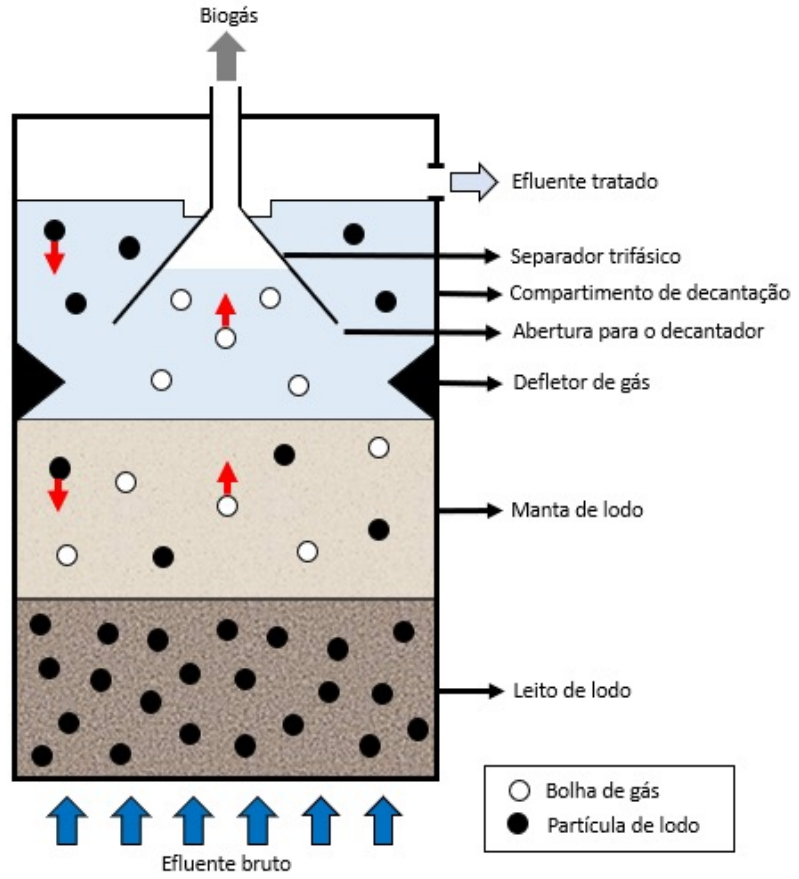



**Figura 3 –** Reator UASB

*Fontes: Marques e Nunes (2018); Daud et al. (2018).*

**Tabela 1.** Padrões de lançamento de esgoto tratado em corpos hídricos.

| Parâmetros | CONAMA 430 (2011) | COPAM/CERH-MG (2008) |
|---|---|---|
| pH | 5,0 - 9,0 | 6,0 – 9,0 |
| $DBO_5$ (mg $O_2$ $L^{-1}$) | 120 ou remoção mínima de 60% | 60 ou remoção mínima de 60% |
| DQO (mg $O_2$ $L^{-1}$) | - | 180 ou remoção mínima de 55% |
| O&G (mg $L^{-1}$) | 100 | 50 |
| SST (mg $L^{-1}$) | - | 100 |
| SSed (ml.$L^{-1}$) | 1 | 1 |

# Objetivos

- Analisar dados do tratamento de esgoto da ETE Santana da cidade de Varginha-MG;
- Comparar os parâmetros físico-químicos de caracterização com os padrões de descarte em corpos hídricos receptores e reúso frente às legislações vigentes;
- Avaliar a biodegradabilidade das águas residuárias (razão $DBO_5$/DQO);
- Análises de regressão linear simples para possibilitar a predição de um parâmetro em função de outro como forma de facilitar a caracterização dessas águas residuárias.



# Metodologia

**Dados**

- Aquisição dos dados: a partir do “Relatório de Fiscalização Operacional Nº 127/2021” da Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE-MG, 2021).

**Legislação**

- Os dados de caracterização das amostras de esgoto foram avaliados frente aos padrões de descarte em corpos hídricos receptores.
- Avaliar potencial de reúso de esgoto tratado (Deliberação Normativa CERH-MG Nº 65/2020).

**Cálculos**

- Avaliar a biodegradabilidade das amostras por meio da razão $DBO_5/DQO$,
- Avaliar correlações lineares preditivas entre os parâmetros citados no relatório.

# Resultados e discussão

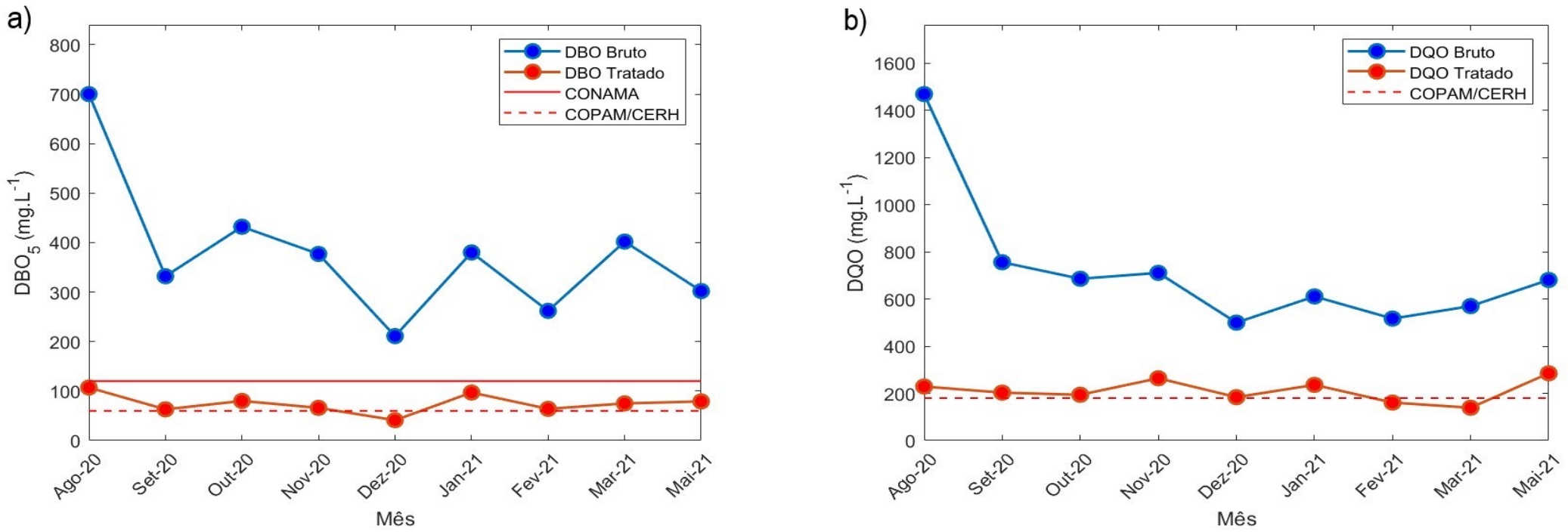



**Figura 4 -** $DBO_5$ (a) e DQO (b) das amostras de esgoto bruto e tratado da ETE Santana de Varginha-MG no período de 08/2020 a 05/2021, juntamente com os limites das legislações vigentes.

*Fonte: autores.*

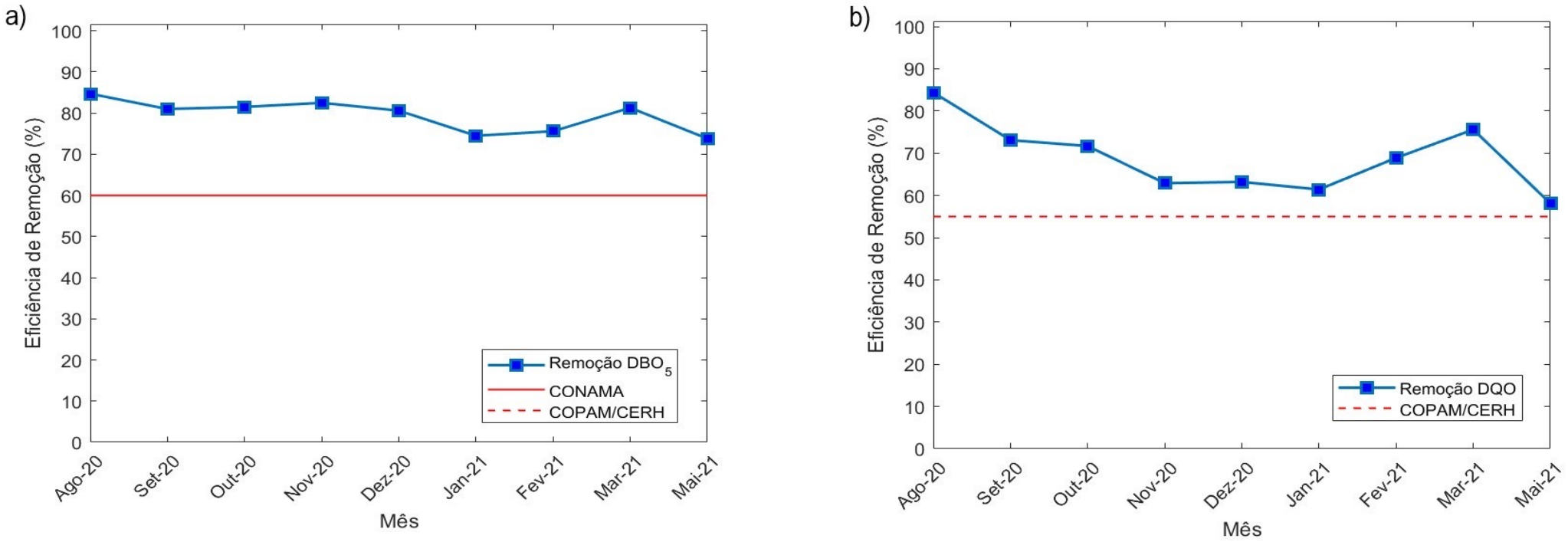
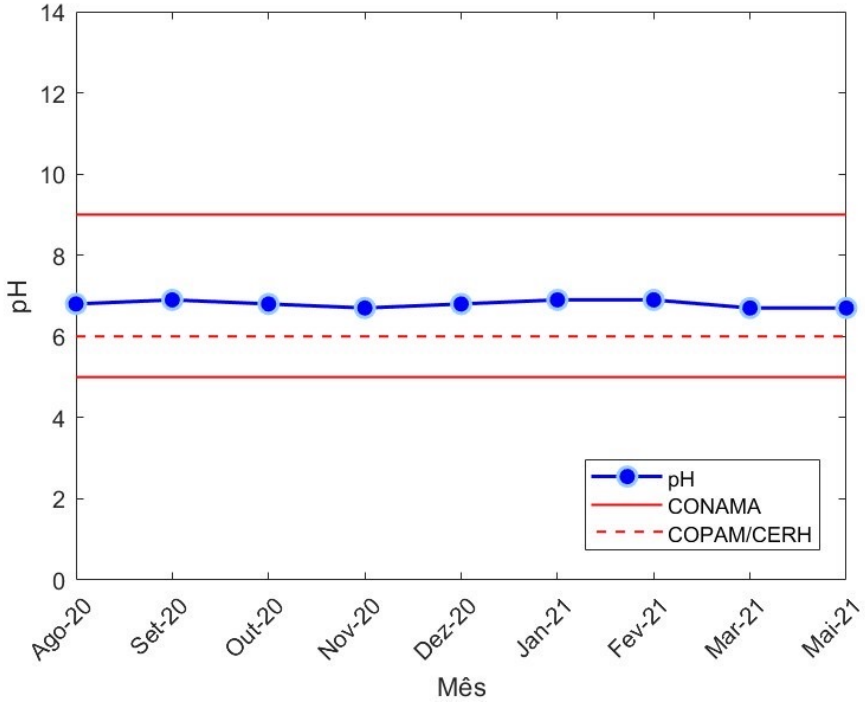



**Figura 5 -** Eficiência na remoção de $DBO_5$ (a) e DQO (b), juntamente com os padrões das legislações vigentes.

*Fonte: autores.*



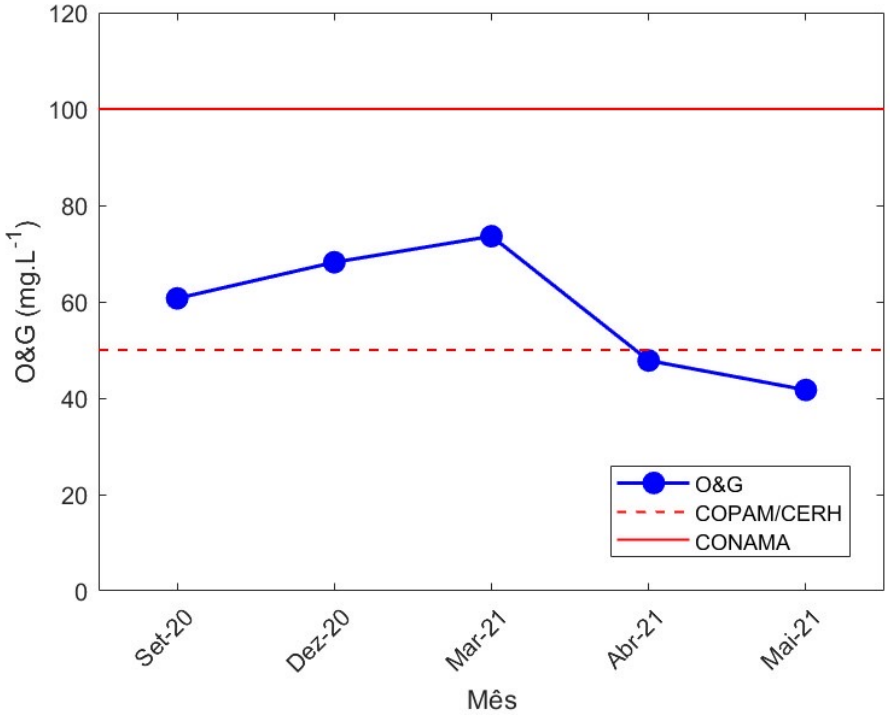




**Figura 6 -** Valores de pH e O&G juntamente com os valores mínimos e máximos permitidos das legislações vigentes.

*Fonte: autores.*

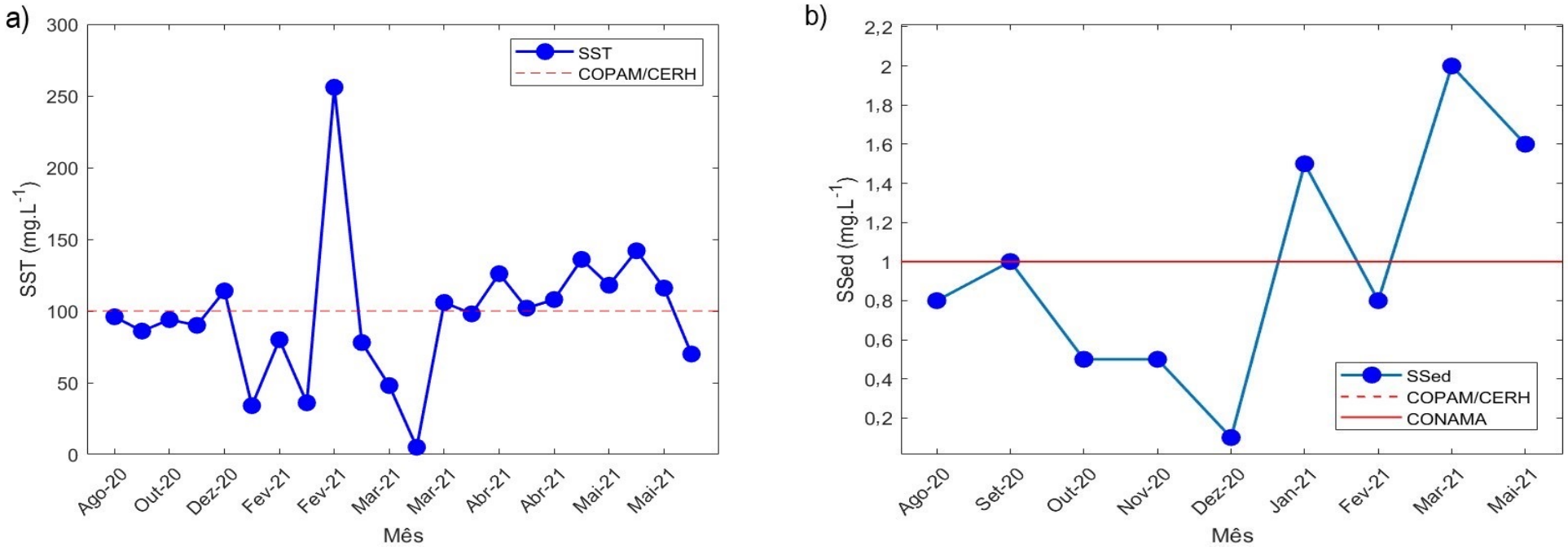



**Figura 7 -** SST e SSed das amostras de esgoto tratado da ETE Santana de Varginha-MG juntamente com os limites permitidos das legislações vigentes.

*Fonte: autores.*

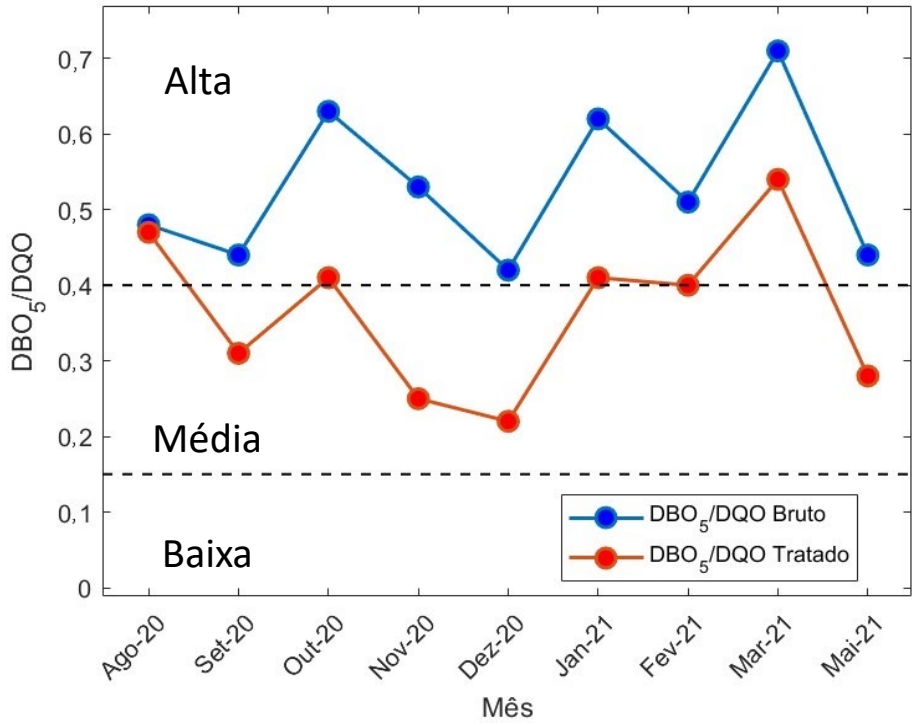



**Figura 8 -** Razão $DBO_5$/DQO das amostras de esgoto bruto e tratado, juntamente com as faixas de biodegradabilidade adaptadas de von Sperling (2014).

*Fonte: autores.*

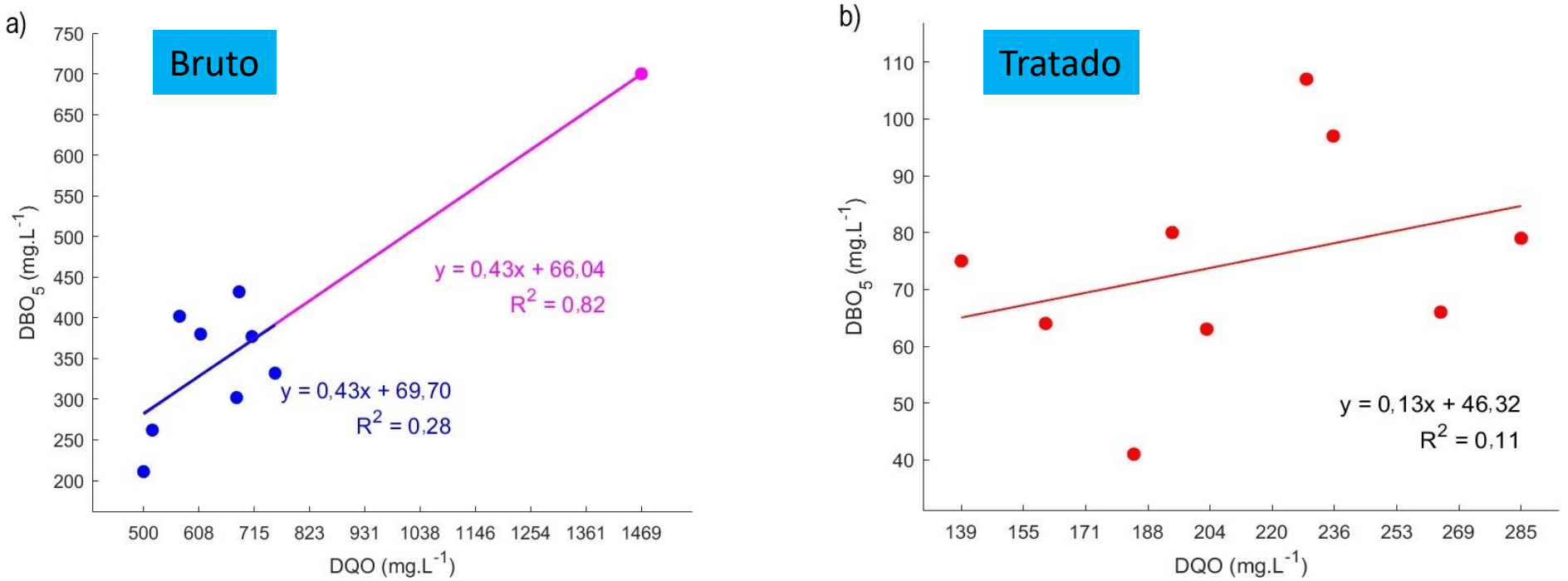



**Figura 9 -** Análises de regressão linear simples entre dados de $DBO_5$ e DQO das amostras de esgoto da ETE Santana de Varginha-MG.

*Fonte: autores.*

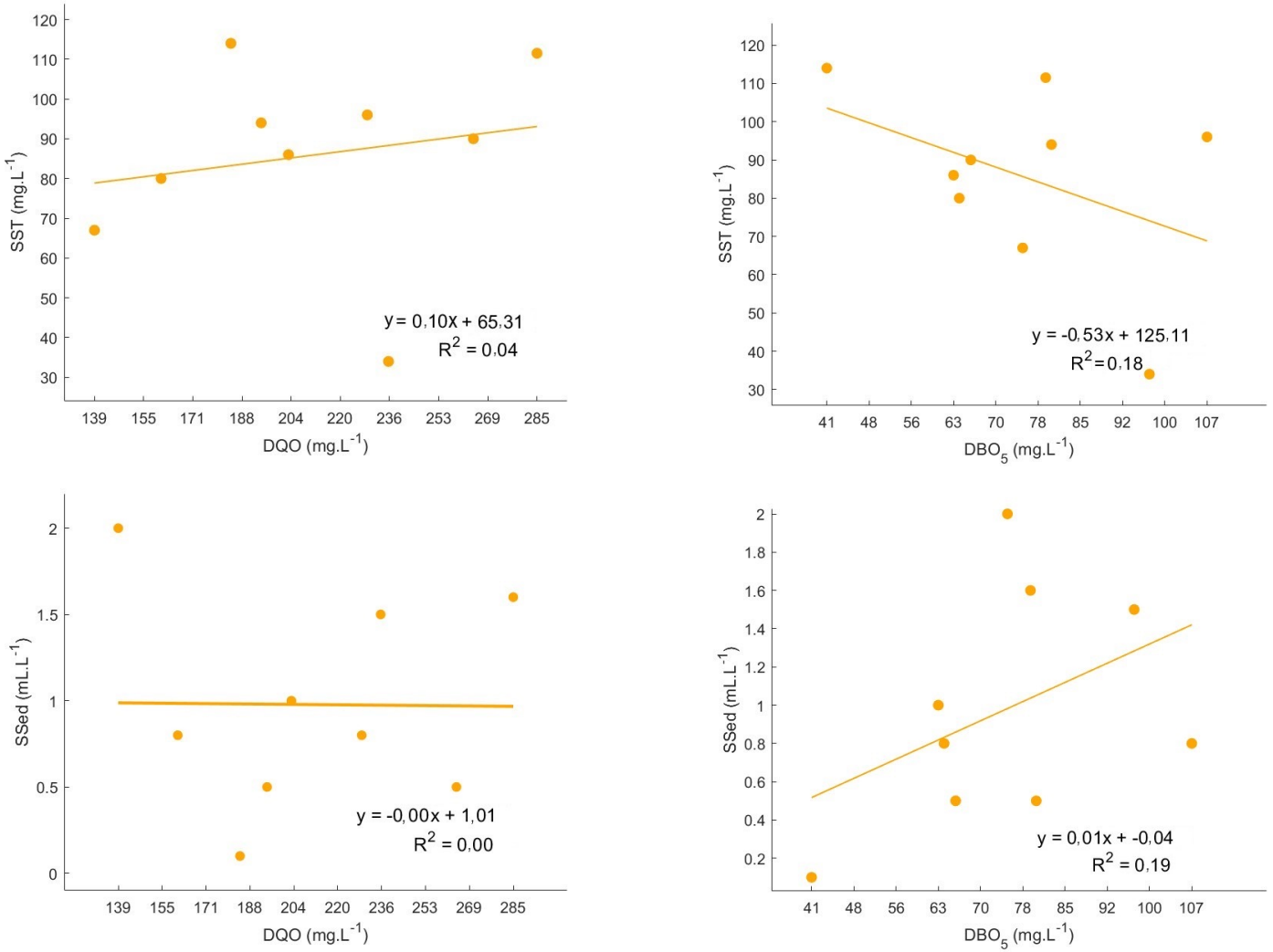



**Figura 10 -** Outras tentativas de correlação linear das amostras de esgoto tratado da ETE Santana de Varginha-MG.

*Fonte: autores.*

# Reúso de água não potável

**Tabela 3.** Padrões de reúso.

| Aspectos | Norma ABNT NBR 16783/2019 | Deliberação Normativa CERH-MG nº 65/2020 |
|---|---|---|
| **Descrição** | Diretrizes para caracterização, projeto, uso, operação e manutenção de sistemas alternativos de água não potável em edificações. | Diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados: fins agrícolas e industriais, combate a incêndios, edificações, etc. |
| **pH** | **6,0 - 9,0** | **6,0 – 9,0** |
| **$DBO_5$ (mg $O_2$ $L^{-1}$)** | **≤ 20** | **-** |

# Conclusões

- Esgoto tratado em conformidade quanto ao pH e concentração de matéria orgânica ($DBO_5$ e DQO) para o descarte no Rio Verde, exceto SST e Ssed;
- Conforme a nova legislação vigente (Deliberação Normativa COPAM/CERH Nº 08/2022) O&G estaria em conformidade. Mas quanto ao N amoniacal?
- Adotar melhorias no tratamento para > remoção de sólidos no esgoto tratado;
- Foram verificadas correlações lineares fracas entre os parâmetros de qualidade de água e, dessa forma, contraindicadas para qualquer finalidade;
- É preciso monitorar a presença de coliformes termotolerantes e ovos de helmintos para melhor avaliar o potencial de reuso agrícola do esgoto tratado.

# Referências


- ARSAE. Relatório de fiscalização operacional nº 127/2021. Sistema de esgotamento sanitário. Sede Municipal de Varginha, 2021. Disponível em: https://www.arsae.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/05/rf_tec_op_ses_varginha.pdf. Acessado em: 05/05/2024
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n°. 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, DF, 2011.
- DAUD, M.K.; RIZVI, H., AKRAM, M.F., ALI, S., RIZWAN, M., NAFEES, M., JIN, Z.S. Review of Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor technology: effect of different parameters and developments for domestic wastewater treatment, Journal of Chemistry, v.2018, p. 1-13, 2018.
- IBGE. Cidades e Estados. Disponível em https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/varginha.html. Acesso em: 06/05/2024.
- MARQUES, L.C.; NUNES, A.B.A. Análise da eficiência do tratamento de efluentes em reatores UASB em Fortaleza/CE, Revista DAE, v. 66, p. 95-104, 2018.
- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta do Conselho Estadual de Política Ambiental e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais, 01/2008. Que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências 2008. Diário Executivo de Minas Gerais, Belo Horizonte, 13 de maio de 2008.
- PORTAL PREFEITURA DE VARGINHA. Informações estatísticas. Disponível em: https://www.varginha.mg.gov.br/portal/servicos/1002/informacoes-estatisticas/. Acesso em: 20/10/2024
- RAMOS, M.D.N., GOMES, T.M., AQUINO, S.F., AGUIAR, A. *Sewage treatment in cities of the state of Minas Gerais, Brazil, that use the UASB reactor as the only biological treatment: A case study. Journal of Water Process Engineering*, v. 56, 104509, 2023.
- SNIS. Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto. Visão Geral ano de referência 2020. Brasília, 2021. Disponível em: http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos. Acessado em: 05/05/2022.
- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4a ed., Belo Horizonte: UFMG, 2014.

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

# Muito obrigado!

Prof. Dr. André Aguiar

Unifei/MG

Contato: aguiar@unifei.edu.br

Agradecimentos: Fapemig (código de financiamento APQ-01898-17) e ao evento.