Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07325

RESILIÊNCIA OPERACIONAL DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO COM SISTEMA DE REÚSO FRENTE À VARIAÇÃO DE CARGA ORGÂNICA: IMPACTOS E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

Mariana Schneider Rezende
Davi Oliveira Melo
Empresa Baiana de Águas e Saneamento - EMBASA

Contexto e objetivos

Por que estudar a resiliência da ETE?

1. **Déficit hídrico impulsiona o reúso**
   Efluente tratado aplicado na irrigação urbana paisagística.

2. **Lodos ativados são a base**
   Tecnologia consolidada para atender padrões de lançamento e de reúso.

3. **Carga e vazão oscilam**
   Em áreas turísticas, a população flutuante agrava as variações e ameaça a estabilidade.

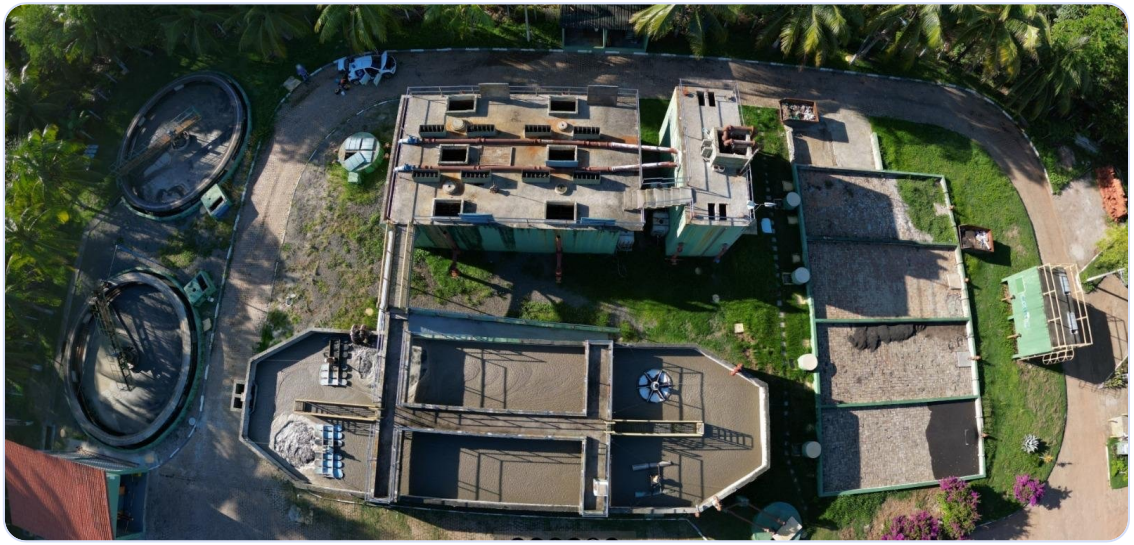
Objetivo geral

Avaliar a resiliência operacional da ETE de lodos ativados com reúso frente à variação de carga orgânica e de vazão, e seus impactos na qualidade da água de reúso.

Objetivos específicos

- Caracterizar a variação de carga (DQO/DBO) e de vazão
- Quantificar a correlação com a eficiência e buscar limiares críticos
- Propor estratégias de controle estruturais e de gestão

Estudo de caso: ETE Iberostar



ETE Iberostar · Mata de São João (BA) · operada pela EMBASA



ETAR integrada · tratamento terciário para reúso

ETE: anaeróbio-aeróbio

- DAFA, valo de oxidação, decantadores secundários e desinfecção com cloro
- População equivalente de projeto: 11.142 hab.

ETAR: polimento para reúso

- Coagulação, floculação, decantação lamelar e filtração
- Reúso em áreas verdes do hotel; o restante é lançado no Rio Pojuca

Metodologia

Dados

- Jan/2022 a Abr/2026, 76 amostras por ponto (quinzenal)
- P1 esgoto bruto, P2 efluente da ETE, P3 água de reúso
- DQO, DBO, cloro total (P2) e vazão diária

Análise estatística

- Média, desvio-padrão e coeficiente de variação
- Outliers do cloro pelo critério IQR
- Correlação de Pearson e regressão linear
- Teste t de Student: 2022–24 × 2025–26

Indicadores de resiliência

- RA = CV saída / CV entrada. RA < 1: o sistema atenua a variabilidade
- FEN = % de eventos com eficiência < 0%

ETE com bom desempenho médio

380,71 mg/L
DBO média do esgoto bruto (P1)

2,20
DQO/DBO do afluente: esgoto doméstico biodegradável

89,04 %
remoção mediana de DBO na ETE (P2/P1)

18,70 mg/L
DBO média da água de reúso (P3); mediana de 13 mg/L

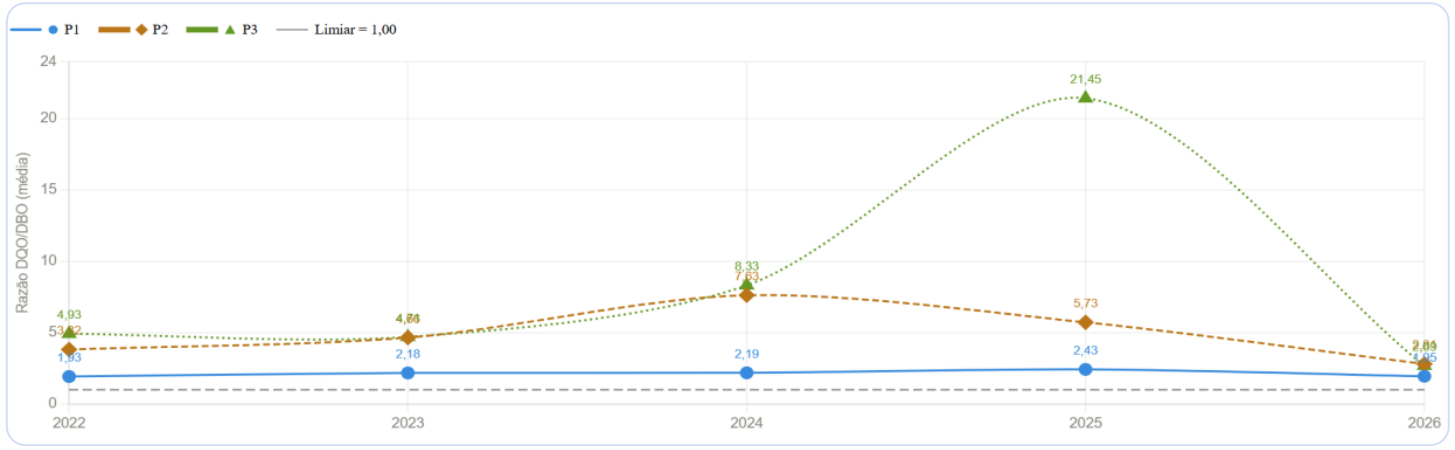
Acima do panorama nacional

Eficiência superior à de grande parte das ETEs brasileiras, que operam abaixo da eficiência projetada (ANA, 2017 e 2020).

Reúso paisagístico

A DBO de P3 se aproxima do padrão da ABNT NBR 13969:1997 (Classe 2), mas a alta variabilidade (CV = 0,98) impede o atendimento contínuo.

2025: ano anômalo na água de reúso



DQO/DBO média por ponto, 2022–2026

- O afluente (P1) é estável: a mudança nasce dentro do processo
- Hipótese: cloro em excesso inibe a biomassa e forma organoclorados recalcitrantes
- Sem monitoramento intermediário nem análise de subprodutos, a causa não está comprovada

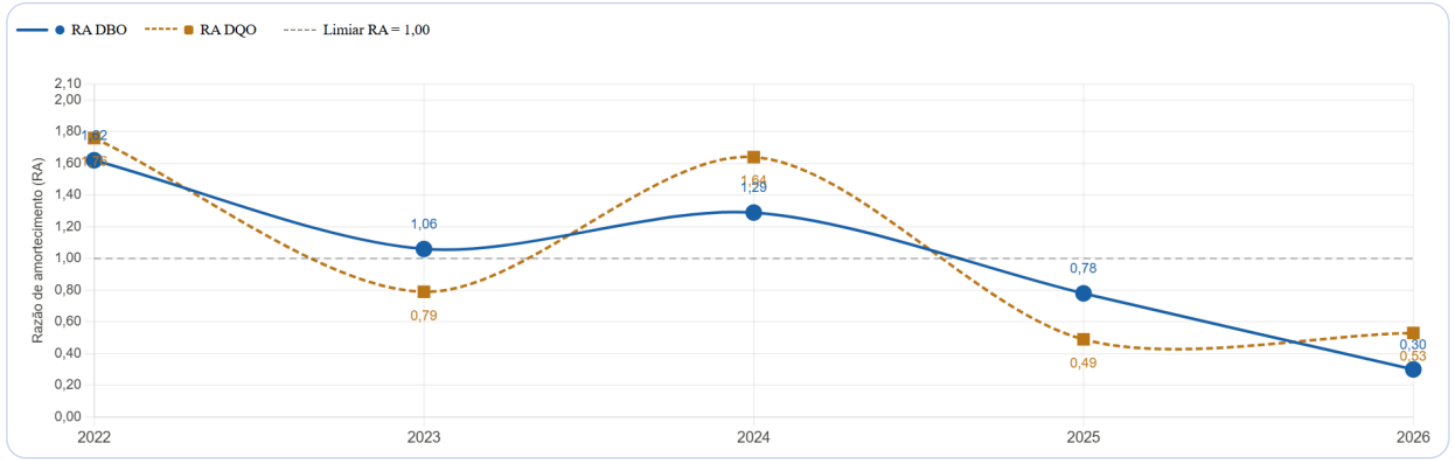
21,45

DQO/DBO média em P3 (P1: 2,43)

4,56 mg/L

cloro total médio em 2025; máximo de 17,27 mg/L

Resiliência operacional parcial



Razão de Amortecimento (RA) de DBO e DQO, 2022–2026

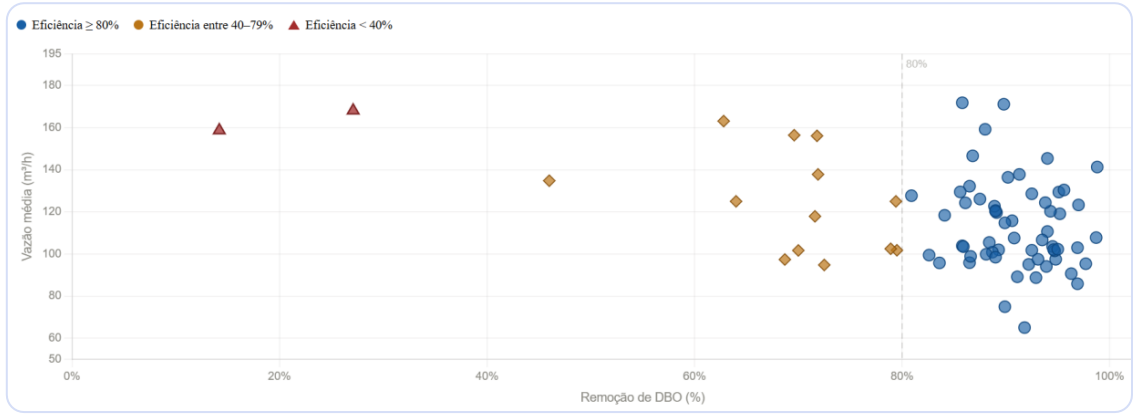
- RA < 1 em 2 de 5 anos para DBO (2025–26) e em 3 de 5 para DQO (2023, 2025–26)
- A atenuação da variabilidade melhora nos anos mais recentes
- Remoção mediana na ETAR: 59,1% (DBO) e 55,5% (DQO)

6,58 %
FEN de DBO (5 de 76 amostras)

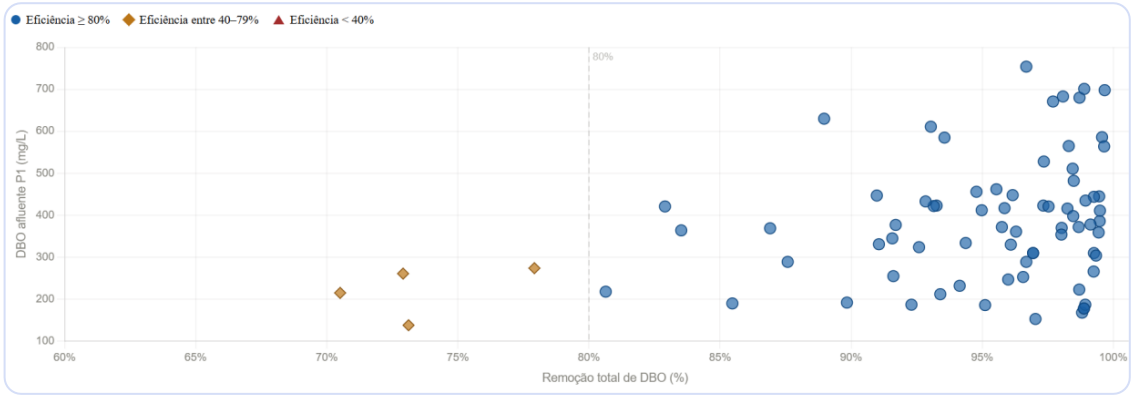
13,16 %
FEN de DQO (10 de 76 amostras)

Em parte das coletas, a saída da ETAR superou a entrada: sinal de instabilidades pontuais.

Vazão e carga não limitam a eficiência



Vazão diária × eficiência de remoção da ETE



DBO afluente × eficiência de remoção

Vazão não prediz a eficiência

R^2 = 0,18 na ETE e 0,026 no sistema integrado.

A carga orgânica também não

R^2 = 0,124. Eficiência entre 75% e 100% mesmo com DBO bruta alta.

Sem limiar crítico

Faixa de 60 a 180 m³/h com margem de segurança, sem extrapolar além dela.

Estratégias de controle propostas

1 Dosagem de cloro

Manter o cloro total na saída da ETE (P2) entre 0,5 e 2,0 mg/L.

2 TRS no valo de oxidação

Meta de 8 a 12 dias, evitando menos de 4 e mais de 20 dias.

3 IVL no monitoramento

Incluir no protocolo quinzenal: meta de 80 a 150 mL/g; acima de 200, acionar controle de bulking.

4 Oxigênio dissolvido

Monitorar de forma contínua no reator e manter OD entre 1,5 e 3,0 mg/L.

5 Eficiência do DAFA

Medir DQO/DBO no efluente anaeróbio para isolar a contribuição de cada etapa.

6 Subprodutos da desinfecção

Campanhas semestrais de THMs e AOX no P2 e no Rio Pojuca.

Conclusões

Resiliência operacional parcial

Desempenho satisfatório na maior parte da série, com episódios de instabilidade que podem comprometer o reúso.

1. Afluente estável (DQO/DBO de 1,93 a 2,43): as instabilidades vêm de condições internas, não do esgoto bruto.
2. Vazão e carga não determinam a eficiência na faixa observada. O foco deve ser a cloração e a estabilidade microbiológica.
3. Com controle operacional e monitoramento mais robustos, a ETAR pode atender à ABNT NBR 13969:1997.
4. Próximo passo: investigar os subprodutos da desinfecção para confirmar a causa de 2025.

Obrigado!

Mariana Schneider Rezende
mariana.rezende@embasa.ba.gov.br
(71) 3621-6037

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

Coautor

Davi Oliveira Melo
(71) 3621-6037