

## Regressão Linear Múltipla aplicada à Correção de Parâmetros de Reatores UASB

Antonio Marcos Galvez Serra<sup>1</sup>  
Marcos Henrique de Paula Dias da Silva<sup>2</sup>

### Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Líquidos

#### *Resumo*

Os procedimentos de coleta e medições utilizadas em estações de tratamento de esgoto por técnicos e engenheiros, proporcionam custos a instituição. Em caso de falha seja por erro na precisão do instrumento, não homogeneidade da amostra, fatores climáticos atípicos ou erro humano, refazer a coleta de dados é inviável, pelo fato de sua amostra ser efêmera, comprometendo os dados de registros da estação. O presente estudo analisa a aplicação de um modelo matemático baseado em equações de regressão linear múltipla, para as correções dos parâmetros físico-químicos registrados pelo corpo técnico de uma estação de tratamento de esgoto do interior do Estado de São Paulo. Com isto, verificou-se que o dado procedimento matemático permitiu corrigir e aproximar informações em 22% dos dias de coletas medidos e registrados nos relatórios técnicos que foram disponibilizados neste estudo.

Palavras-chave: Matemática Aplicada à Engenharia; Estação de Tratamento de Esgoto; Modelo Matemático; Correção de Erros.

---

<sup>1</sup>Unesp – Faculdade de Engenharia de Bauru, toninhoexatas237@gmail.com

<sup>2</sup>Unicamp- IFGW, calibum@usp.br

## INTRODUÇÃO

Reconhecendo que qualquer procedimento de coleta está sujeita a erros, sejam de fator humano ou mesmo oriundos de suas condições ambientais, o uso da modelagem matemática é uma ferramenta para tratar o problema do ajuste dos parâmetros de ETE's (Estações de Tratamento de Esgoto), ligado principalmente ao que se entende por confiabilidade estatística (TAHERIYOUN, MORADINEJAD, 2014; BENEDETTI et al., 2010). Assim, utilizamos um modelo matemático, baseado em equações de regressão linear múltipla, para calcular e corrigir os parâmetros registrados pelo corpo técnico de uma ETE do interior do Estado de São Paulo.

Este modelo se baseou no relaxamento do sistema, o qual se sugere que todos os parâmetros conhecidos possam ter um pequeno equívoco na sua coleta. Seja este equívoco de natureza humana, como falha na medição ou uma aproximação decimal que desencadeia sempre um erro. Estes equívocos podem ser de natureza do próprio sistema, como a não homogeneidade do material analisado, levando a uma medição diferente da média real. Fatores estes, que mesmo desconsiderando o custo de novas coletas, as mesmas são inviáveis, dado a natureza efêmera dos materiais amostrados, comprometendo a integridade dos dados registrados pela instituição ao longo do tempo.

Assim, o presente estudo tratou da aplicação deste modelo para a correção e reajuste dos parâmetros físico-químicos ligados ao procedimento de um reator UASB, de um sistema de tratamento de esgoto com a seguinte estrutura: UASB + Biofiltro + Decantador Secundário + Desinfecção por Sistema de Cloração, com capacidade para atendimento de uma vazão média de 60,0 L/s .

## METODOLOGIA

Devido à natureza prática desta pesquisa, este modelo buscou as solicitações do corpo técnico da empresa-alvo, composta principalmente por engenheiros e técnicos em química. Apesar de seus amplos conhecimentos sobre as relações físico-químicas e biológicas envolvidas nos processos de tratamento, tomavam por informações ausentes ou

peculiares nos registros, uma grande dificuldade para revisar com precisão, se houve negligência nas estruturas locais das quais os fatores foram medidos. Dessa forma, tomamos por suas solicitações, o estudo sobre a correção dos parâmetros referentes aos processos anterior e posterior do tratamento referente ao reator UASB.

O reator de fluxo ascendente anaeróbico (RAFA ou a sigla em inglês UASB) - é um reator fechado, cujo tratamento biológico é produzido por um processo anaeróbico, isto é, sem oxigênio. A decomposição da matéria orgânica é feita por microrganismos presentes em um manto de lodo. A água residual sai do fundo do reator e passa pela camada de lodo que age como um filtro. A eficiência chega a 65% a 75% e, portanto, um tratamento complementar é necessário (VON SPERLING, 1995).

Muitos problemas em engenharia e ciências envolvem explorar as relações entre duas ou mais variáveis. Assim, a regressão simples considera uma variável independente X e outra dependente Y. Se a relação entre Y e X for linear, teremos então constantes  $\beta_0$  e  $\beta_1$  tal que  $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$ . Na regressão linear múltipla, para Y uma variável dependente de  $X_1$  até  $X_n$ , variáveis independentes, teremos então constantes  $\beta_0$  até  $\beta_n$  tal que  $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$  (BARROS NETO, et al. 2001). No caso deste estudo, tratamos as amostras que precedem a entrada no reator UASB, como variáveis independentes ou dados de entrada, e as amostras obtidas na saída do reator UASB, como variáveis dependentes ou dados de saída.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No caso estudado, foi identificada uma confiabilidade entre 89 e 95% para três parâmetros dos treze parâmetros de saída do reator UASB cujas equações de regressão linear múltipla foram calculadas (Temperatura amostral, Condutividade, Sólidos Totais Dissolvidos).

Para os parâmetros de Temperatura (R1), Condutividade (R3), foram calculados (em amarelo na Tabela 1), os resultados para os dias em que faltavam estes dados. Com o intuito de comparar os resultados, também se calculou a Temperatura, a Condutividade e os Sólidos Totais Dissolvidos nestes dias, mesmo quando estes não estavam ausentes.

Assim, na Tabela 1, estão presentes as diferenças obtidas em porcentagem, dos resultados reais e daqueles gerados pelas previsões da regressão linear múltipla (R1', R3', R12').

**Tabela 1** - Diferenças das previsões para saída do reator.

	R1	R1'	Dif %	R3	R3'	Dif %	R12	R12'	Dif %
26/03/18	28,77	28,65	0,42%		712,17		303	348,95	-15,17%
06/03/17		28,32		948	942,17	0,61%	465	464,23	0,17%
09/09/15		23,56		906	954,64	-5,3%	444	466,27	-5,02%
29/05/17	24,4	24,02	1,56%		1141,24		535	554,05	-3,56%

Fonte: Elaborado pelo autor

Um procedimento de relaxamento, baseado nas equações de regressão calculadas, visando à otimização dos resultados dentro das margens conhecidas para cada parâmetro, foi aplicado a 32 casos nos quais apenas um parâmetro independente (ou seja, anterior a entrada no Reator UASB) era ausente.

Aplicamos este modelo com dados coletados da empresa-alvo referentes a um período de 1.267 dias. Destes, 2,5% dos registros, referentes aos parâmetros de reação, puderam ser corrigidos aplicando diretamente o cálculo da regressão. E 20% dos registros, referentes aos parâmetros de ação, puderam ser corrigidos através do processo de otimização linear. Nestes casos, as oscilações máximas ficaram em 13,88% dos valores originais, e as oscilações mínimas em 0,49%.

Destacamos assim, que a presença de erros é inevitável e incorrigível com a realização de novas coletas. Dessa forma, este modelo preditor e corretor, ainda que limitado a poucas variáveis, pode ser estendido a diferentes etapas do tratamento, aumentando assim os ganhos e velocidade no reconhecimento de falhas e nas suas correções. Visto que nesta aplicação, proporcionamos a correção de dados referentes à 22% das coletas realizadas, que se fossem agrupadas, seria equivalente a um intervalo de coletas referentes a 278 dias.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo da matemática aplicada à engenharia pode ser combinado no desenvolvimento de outros procedimentos de coleta sujeita a erros e instrumentos de medição onerosos. Viabilizando a prevenção de alguns resultados pontuais quando estes são dependentes do restante do sistema, e sugerir modificações gerais a todos os dados, quando se apresentam como variáveis independentes na formação do sistema de equações.

## REFERÊNCIAS

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2001.

BENEDETTI, L.; et al. **Probabilistic modelling and evaluation of wastewater treatment plant upgrades in a water quality based evaluation context**. 2010.

TAHERIYOUN, M.; MORADINEJAD, S. **Reliability analysis of a wastewater treatment plant using fault tree analysis and Monte Carlo simulation**. 2014.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, v.01. Minas Gerais: ABES, 1995.