



II-121 - CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS DE SANTA CATARINA

Alexandre Bach Trevisan⁽¹⁾

Engenheiro químico pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia química pela UFSC. Engenheiro químico da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

Mariana Mota Godke⁽²⁾

Engenheira sanitária e ambiental pela UFSC. Mestre em Engenharia ambiental pela UFSC. Engenheira sanitária na Fundação do Meio Ambiente (FATMA).

Cesar Augusto Arenhart⁽³⁾

Engenheiro sanitário e ambiental pela UFSC.

Endereço⁽¹⁾: Rua Emilio Blum, n. 83, Centro - Florianópolis – Santa Catarina - CEP: 88020-010 - Brasil - Tel: +55 (48) 3221-5849 - Fax: +55 (48) 3221-5000 - e-mail: alexbachtrevisan@gmail.com.

RESUMO

Buscou-se através deste trabalho a caracterização dos efluentes tratados nas Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETEs) do estado de Santa Catarina, utilizando técnicas de estatística exploratória para verificação dos parâmetros físico químicos e microbiológicos de interesse ambiental. Foram avaliados vinte parâmetros, sem distinção ou categorização da tecnologia de tratamento empregada. Como resultado, foi evidenciado que existe diferença entre os esgotos tratados em estações de tratamento de diferentes portes, sendo que as ETEs avaliadas de maior porte no Estado possuem em geral um tratamento mais eficiente das variáveis DBO, DQO, Sólidos Suspensos, e Fósforo total. Este padrão não se repete em todas as variáveis, sendo estas mesmas estações menos eficientes quando observado o parâmetro Surfactantes. No caso do Nitrogênio Amoniacal, as características dos esgotos tratados não apresentam diferenças significativas por porte, porém, em análise posterior, pode ser percebido o incremento da relação do Nitrogênio Amoniacal com o tipo de tecnologia adotada.

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto sanitário, Santa Catarina, Caracterização, Estações de tratamento.

INTRODUÇÃO

Dados oriundos do monitoramento da operação e da fiscalização de ETEs podem ser ótimas ferramentas para a gestão e acompanhamento de metas de saneamento estaduais e municipais. O uso de dados reais de tratamento auxilia a compreensão de pontos falhos de investimentos em tecnologia, projeto ou operação dos sistemas.

A caracterização do esgoto sanitário tratado das ETEs de Santa Catarina foi realizada a partir de informações de 41 ETEs, utilizando como base 20 parâmetros de monitoramento, e dividindo as ETEs por porte de tratamento, tendo como parâmetro de referência a vazão de projeto.

MATERIAIS E MÉTODOS

A aquisição dos dados foi realizada através de um esforço institucional que buscou junto aos operadores informações de controle operacional das estações em operação em diversas cidades do estado. Os dados de automonitoramento foram utilizados para diagnosticar as características reais dos esgotos tratados. Ao todo foram compiladas informações de monitoramento de 41 ETEs.

As estações foram caracterizadas de acordo com sua capacidade e agrupadas por porte, de forma a buscar a identificação de padrões diferenciados para equipamentos com distintos potenciais poluidores. Foram analisados os dados de diversos parâmetros de interesse ambiental presentes nos esgotos doméstico, como: Temperatura; Potencial Hidrogeniônico (pH), Turbidez, Demanda Bioquímica de Oxigênio por 5 dias a 20°C (DBO_{5,20}), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Coliformes Fecais (*Escherichia coli*), Óleos e Graxas

(Substâncias Solúveis em n-Hexano), Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólidos Suspensos Totais e Sólidos Sedimentáveis (SSd).

A avaliação dos dados foi realizada com a utilização de técnicas de estatística exploratória visando observar tendências e percentuais de atendimento a determinadas faixas de valores para cada padrão, além da recorrência de análises reconhecidas como outliers ou extremos. Também foram observados o comportamento das séries de dados em relação a sua distribuição. Quando necessário foram utilizadas técnicas para normalização dos dados para redução de padrões de distribuição que fugissem do comportamento gaussiano.

A série de dados disponibilizada foi verificada sendo utilizados para o presente artigo os valores obtidos nos monitoramentos dos anos de 2013 e 2014 dos principais operadores de estado (operador I 52%) e dos municípios (operador II 48%), de forma a manter o equilíbrio entre as fontes de dados e entre os diversos portes de ETEs (I até 5 L/s – 24%, II até 50 L/s – 33% e III maior que 50 L/s – 43%). As ETEs analisadas apresentaram vazões que variaram de menos de 1 L/s até 300 L/s, distribuídas em diversas cidades catarinenses e contavam com as mais diversas tecnologias de tratamento, cujas informações estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Número e percentual de dados por tipos de Estação Tratamento.

Tipo de ETE	Total de Análises
Lodos Ativados	265 [27%]
UASB + Biofiltro Aerado	187 [19%]
UASB + Lodo Ativado	132 [14%]
UASB + Físico Químico	76 [8%]
UASB + Lodo Ativado Batelada	70 [7%]
Lagoas de Estabilização	62 [6%]
UASB + Filtro Percolador	40 [4%]
Reator Anaeróbio Leito Fixo	39 [4%]
Wetland	26 [3%]
UASB + Lagoa	20 [2%]
Biodiscos	19 [2%]
Reator Anaeróbio Biotec	19 [2%]
UASB + MBBR	8 [1%]
Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio	6 [1%]
Flotador Ar Dissolvido	6 [1%]

RESULTADOS

Preliminarmente, a análise estatística exploratória identificou o comportamento das variáveis através de avaliação dos histogramas de frequência de ocorrência dos valores da série, e das curvas de probabilidade de ocorrência das variáveis e dos resíduos das mesmas, em comparação ao comportamento normal, como apontado na figura 1.

Para a normalização dos dados foi realizada a avaliação do parâmetro lambda, obtido através da transformação Box-Cox das variáveis. Após o cálculo do lambda, foram utilizadas as funções diretas de normalização que melhor se ajustariam a cada parâmetro. Para a presente avaliação, as variáveis DBO, DQO, Óleos e Graxas, Surfactantes e Fósforo Total foram normalizadas com a utilização da função logaritmo (Log10) e a variável Nitrogênio Amoniacal foi normalizada pela função raiz quadrada.

De maneira complementar, foi realizada a estatística descritiva para as variáveis consideradas de interesse ambiental, tanto com os dados brutos, quanto com os dados normalizados. A tabela 2 apresenta os resultados dos principais parâmetros de interesse para esgotos sanitários tratados, mostrando o número de análises (N), a

média e do desvio padrão (DP) calculados para as variáveis brutas, além dos valores mínimos e máximos, evidenciando também os valores do primeiro (25%) e terceiro (75%) quartis.

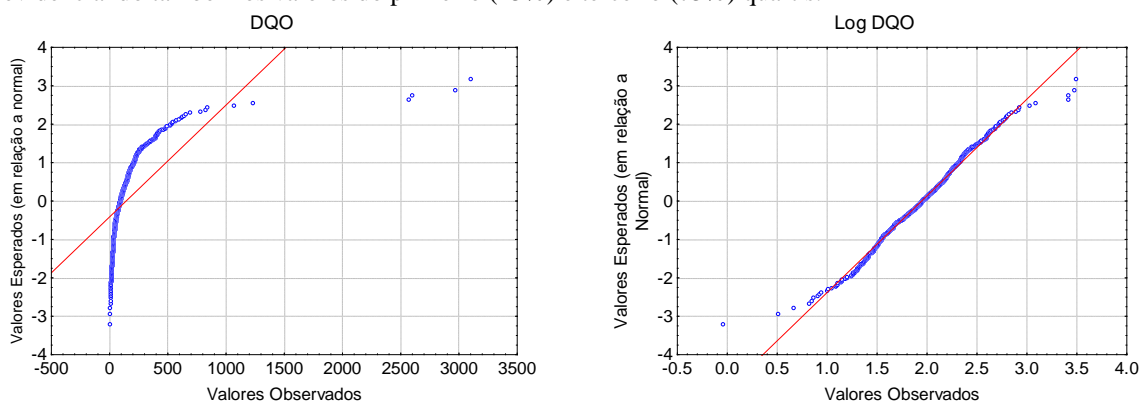


Figura 1: Verificação da distribuição dos dados brutos (esquerda) e normalizados (direita). Exemplo dos resultados obtidos para a DQO.

Tabela 2: Estatística descritiva.

Parâmetro	N (%)	Média (DP)
pH	966 [99%]	7,13 (0,65)
Temperatura [°C]	658 [67%]	22,43 (4,04)
Turbidez [NTU]	479 [49%]	29,62 (47,88)
DBO5 [mg/L]	906 [93%]	52,87 (105,40)
Log DBO		1,46 (0,48)
DQO [mg/L]	941 [97%]	134,91 (213,66)
Log DQO		1,94 (0,39)
Log Eschericia coli	724 [74%]	3,92 (1,84)
Óleos e Graxas [mg/L]	491 [50%]	12,48 (13,52)
Log Óleos e Graxas		0,85 (0,52)
N Amoniacal [mg/L]	598 [61%]	24,30 (21,00)
Raiz N Amoniacal		4,39 (2,25)
Nitrogênio Total [mg/L]	528 [54%]	39,11 (22,96)
Surfactantes [mg/L]	495 [51%]	2,63 (4,52)
Log Surfactantes		0,02 (0,56)
Fósforo Total [mg/L]	755 [77%]	5,74 (5,65)
Log Fósforo Total		0,55 (0,48)
Sólidos Susp [mg/L]	487 [50%]	87,19 (183,52)
Log Sólidos Suspensos		1,51 (0,59)
Sólidos Sedim [mL/L]	874 [90%]	0,40 (1,73)

Conforme pode ser verificado, os desvios padrões da maioria das variáveis é bastante elevado. Esta característica aponta para a variabilidade dos dados e para o padrão não gaussiano das séries de dados. Foram ainda avaliadas as diferenças na qualidade do efluente tratado entre os diferentes portes de estações de tratamento. A figura 2 apresenta o diagrama “box plot” dos resultados da DBO (Log DBO) e da DQO (Log DQO) por porte das estações levando em conta a categorização por vazão das ETES. A análise aponta para

valores superiores de DBO e DQO para ETES de pequeno porte (porte I), sendo as medianas de cada série respectivamente 151mg/L e 71 mg/L. Para as ETES com maior capacidade, os valores de saída medianos foram significativamente menores, sendo 83 mg/L e 21 mg/L para as ETES de porte II e 65 mg/L e 25 mg/L para as unidades de porte III.

Foi verificado padrão semelhante com relação aos parâmetros Sólidos Suspensos (SS) e Fósforo Total (PT), onde as ETES de porte III apresentaram menores concentrações medianas de saída das séries normalizadas, com destaque para os Sólidos Suspensos que no porte I apresentou valor mediano de 135 mg/L e nos portes II e III 34 e 20 mg/L respectivamente. Este padrão não se repetiu para as variáveis Surfactantes e Nitrogênio Amoniacal. Na primeira, as ETES de porte I tiveram o melhor desempenho com concentrações de saída na ordem de 0,56 mg/L enquanto as estações de porte II apresentaram os piores resultados com valores medianos de 0,93 mg/L. Para o Nitrogênio Amoniacal, as ETES de porte III apresentaram os menores valores medianos (16 mg/L) mas muito próximo aos demais portes (24 e 21 mg/L para os portes I e II respectivamente).

Ao observar os mesmos dados, porém agrupando os valores em categorias de tratamento (Aeróbio e Anaeróbio), percebe-se que a relação entre as categorias e as concentrações de Nitrogênio Amoniacal se aproximam mais do esperado na literatura. No caso das ETES que empregam tecnologias de tratamento por rota anaeróbia, as concentrações medianas de Nitrogênio Amoniacal são da ordem de 23 mg/L. Em contraposição, as ETES com rotas aeróbias apresentaram mediana de 14 mg/L. A mesma análise realizada com a DQO não apresenta diferenças significativas, conforme aponta a figura 5.

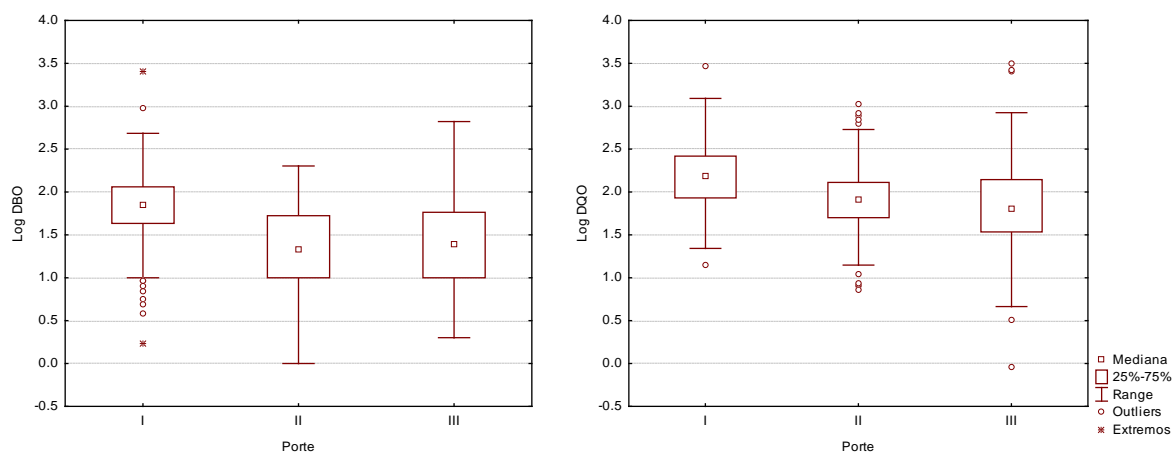


Figura 2: Distribuição dos valores de Log DBO e Log DQO por porte de ETE.

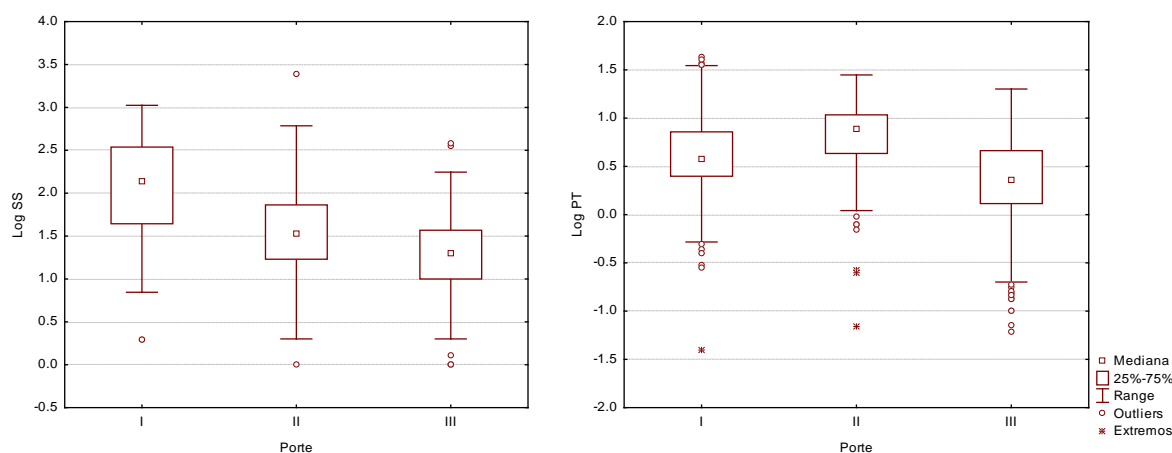


Figura 3: Distribuição dos valores de Log de Sólidos Suspensos e Log do Fósforo Total por porte de ETE.

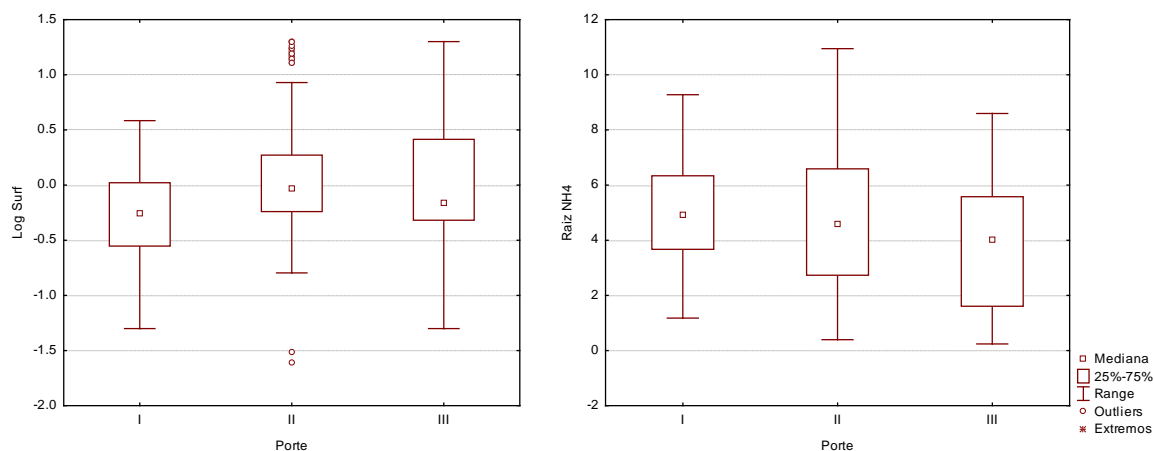


Figura 4: Distribuição dos valores de Log Surfactantes e Raiz do Nitrogênio Amoniacal por porte de ETE.

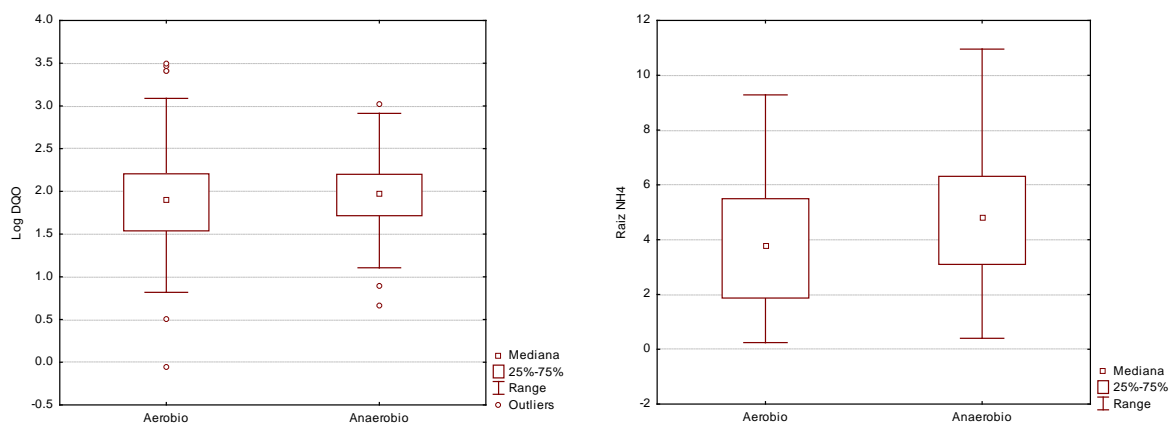


Figura 5: Valores de DQO (Log DQO) e Nitrogênio Amoniacal (Raiz de NH4) categorizados por rota de tratamento.

CONCLUSÕES

A partir da análise estatística realizada, foi evidenciado que existe diferença entre os esgotos tratados em estações de tratamento de diferentes portes, sendo que as ETEs avaliadas de maior porte no Estado possuem em geral um tratamento mais eficiente das variáveis DBO, DQO, Sólidos Suspensos, e Fósforo total. Este padrão não se repete em todas as variáveis, sendo estas mesmas estações menos eficientes quando observado o parâmetro Surfactantes. No caso do Nitrogênio Amoniacal, as características dos esgotos tratados não apresentam diferenças significativas por porte, porém, em análise posterior, pode ser percebido o incremento da relação do Nitrogênio Amoniacal com o tipo de tecnologia adotada.

Os dados foram avaliados sem distinção ou categorização da tecnologia de tratamento empregada. É esperada influência da tecnologia adotada nos valores de saída de alguns parâmetros, como é o caso do Nitrogênio Amoniacal. Além disso, ETEs com maior capacidade de tratamento (porte III) costumam ter mais tecnologia associada no tratamento, alcançando assim, melhores porcentagens de remoção de matéria orgânica e nutrientes, para contrabalancear as maiores cargas lançadas por estes equipamentos.

Este estudo também evidencia o potencial de conhecimento que pode ser adquirido apenas utilizando dados que são obrigatórios para o controle operacional dos empreendimentos. Neste sentido é de suma importância a criação de um banco de dados global onde a qualidade dos efluentes poderia ser alimentada pelos operadores,



possibilitando a realização de diversos trabalhos com baixo custo, já que este estaria sendo assumido para cumprimento da legislação vigente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VON SPERLING, M., 2007. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte. UFMG, 588p.
2. JORDAO, E.P., Pessoa, C.A. 2005. Tratamento de Esgotos Domésticos. 4ª edição. Rio de Janeiro. ABES, 932p.
3. MONTGOMERY, D.C., RUNGER, G.C. Applied statistics and probability for engineers. 2003. 3rd ed. New York. Wiley & Sons, 976p