



II-400 – AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE POLUENTES DE UMA ETE EM UMA REGIÃO PORTUÁRIA EM BARCARENA PARÁ

Luiza de Cássia Santa Brígida Gomes⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e ambiental pela Universidade Federal do Pará. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Pontifícia Universidade Católica (PUC-MINAS). Pesquisadora-colaboradora do Instituto Evandro Chagas. Mestranda em Gestão de Riscos e Desastres Naturais no PPGGRD/UFPA.

Bruno Santana Carneiro⁽²⁾

Engenheiro químico pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Geologia e Geoquímica pela Universidade Federal do Pará. Doutor em Saúde Coletiva Pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Vice-diretor do Instituto Evandro Chagas

Neuton Trindade Vasconcelos Junior⁽³⁾ Químico pela Universidade Federal do Pará. Mestre em recursos hídricos pela Universidade Federal do Pará. Pesquisador-colaborador do Instituto Evandro Chagas.

Yasmim Oliveira dos Santos⁽⁴⁾ Graduada de Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade do Estado do Pará. Bolsista de Iniciação Científica do Instituto Evandro Chagas.

Kelson do Carmo Freitas Faial⁽⁵⁾ Químico pela Universidade Federal do Pará. Mestre em química analítica pela Universidade Federal do Pará. Doutor em química analítica pela Universidade Federal do Pará. Pesquisador do Instituto Evandro Chagas.

Endereço⁽¹⁾: Rod. BR 316 km 7 s/n - Ananindeua - PA - CEP: 67.030-000 - Brasil - Tel: (91) 981470816 - e-mail: luizasbgomes@gmail.com

RESUMO

Este estudo foi realizado na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) no Porto de Vila do Conde, em Barcarena, Pará, teve como objetivo avaliar a concentração de parâmetros físico-químicos e metais e a partir dos resultados obtidos determinar a eficiência de remoção de poluentes da ETE. As amostras foram coletadas nos meses de agosto e outubro de 2022, além de janeiro e março de 2023, para analisar a influência da sazonalidade nos parâmetros. Os resultados mostraram que a ETE foi eficaz na remoção de poluentes, com destaque para a eficiência na remoção de alumínio, acima de 76%. O estudo também revelou conformidade com os padrões exigidos para os metais analisados, de acordo com a resolução CONAMA 430/2011. Análises multivariadas, como Análise de Agrupamentos Hierárquicos (HCA) e Análise de Componentes Principais (PCA), demonstraram a interação entre os diferentes parâmetros analisados, destacando a correlação entre alguns metais e a relação entre cobre e oxigênio dissolvido. Concluiu-se que a ETE do Porto de Vila do Conde apresenta capacidade para tratar adequadamente os efluentes gerados, contribuindo para a preservação ambiental e a promoção da saúde pública. A remoção eficaz de poluentes pelas estações de tratamento é crucial para a proteção dos ecossistemas aquáticos do rio Pará, rio onde seus efluentes tratados são depositados.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento, Efluentes, Eficiência, Região Portuária.

INTRODUÇÃO

Barcarena é uma cidade localizada no estado do Pará com 126.650 habitantes e desde 2023 passou a fazer parte da região metropolitana de Belém (GESTER et al,2023). Em 2021 a cidade ocupou a 5ª colocação no ranking das cidades que mais contribuíram ao PIB (Produto Interno Bruto) do estado. A importância econômica da cidade em grande parte está atrelada ao Porto de Vila do Conde e ao complexo alumínico ali instalado (FAPESPA, 2023).

Em 1973 Brasil e Japão firmaram um acordo de incentivos ao desenvolvimento da exploração de alumínio e em 1985 concomitante a inauguração do Porto de Vila do Conde foi inaugurada a Albras uma empresa de extração



e beneficiamento de alumínio seguida por outros empreendimentos como terminais caulíniferos, transportadoras de minério e indústrias têxteis (HOMMA, 2016).

De acordo com a ANTAQ (Agência Nacional de Transportes Aquáticas) (2018) as operações desenvolvidas dentro da região portuária podem gerar impactos ambientais, entre eles a geração de efluentes líquidos. Dessa forma, a importância da estação de tratamento de efluentes encontra-se na minimização dos impactos através da redução das cargas poluidoras de esgoto (FERREIRA NETO; MELO; SANTOS, 2021).

Ainda segundo a ANTAQ (2018) o efluente gerado na região portuária de vila do Conde é composto de esgoto doméstico, águas pluviais e possíveis vazamentos das operações realizadas no terminal portuário.

Para Legner (2016), efluente industrial é aquele oriundo das atividades exercidas no ambiente industrial seja dos processos de produção ou mesmo da higienização de máquinas e equipamentos. Dessa forma, tomando posse do conceito adotado por Legner (2016) e da descrição do efluente encontrado no porto de Vila do Conde dada pela ANTAQ (2018), este estudo utilizará tal descrição para caracterização e avaliação das amostras coletadas.

Dentro da região do porto para atender as necessidades estruturais e sanitárias há a presença de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) que conta com tratamento primário, gradeamento e caixa de areia, seguido de poço úmido e reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), também conhecido como RAFA (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente) seguido de decantadores e desinfecção (dosador de cloro).

Nesse sentido, esse estudo visa demonstrar as características do esgoto bruto antes e depois da ETE e demonstrar a eficiência de remoção de poluentes da estação, através de análise físico-química e determinação de metais.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação do Instituto Evandro Chagas (IEC-PA)

OBEJTIVOS

O objetivo desse trabalho é demonstrar a eficiência de remoção de uma ETE de tratamento primário mais reator UASB. A partir da determinação de parâmetros físico-químicos e químicos da água em dois pontos de amostragem, esgoto bruto e tratado (entrada e saída da ETE) verificando as diferenças entre eles em 4 campanhas nos períodos chuvoso e menos chuvoso.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar os parâmetros: pH, turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Oxigênio dissolvido (OD)
- Determinar os metais: Al, Cu, Fe e Mn
- Realizar análise multivariada através da Análise de Agrupamentos Hierárquicos (HCA) e da Análise dos Componentes Principais (PCA)
- Efetuar o cálculo de eficiência de remoção dos parâmetros avaliados no estudo à luz da Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio 2011.

MATERIAIS E MÉTODOS

PRIMEIRA ETAPA: COLETA DAS AMOSTRAS

O estudo foi realizado na Estação de Tratamento de efluentes localizada no porto de vila do conde, em Barcarena, Pará, em dois pontos amostrais, entrada da ETE e saída da ETE, a fim de evidenciar a eficiência de remoção de poluente no tratamento empregado na ETE.

As coletas foram realizadas nos meses de agosto e outubro de 2022, período menos chuvoso e janeiro e março de 2023, período chuvoso, buscando avaliar a influência da temporalidade na concentração dos parâmetros avaliados.

Com auxílio de um balde esterilizado retirou-se certo volume de efluente que posteriormente foi transferido a um frasco de polipropileno de 1L devidamente etiquetado (esse procedimento foi realizado em ambos os pontos amostrais). Em seguida as amostras foram acondicionadas em collers com gelo e levadas ao laboratório.



A determinação dos parâmetros físico-químicos pH, Oxigênio Dissolvido (OD) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD), foi obtida *in loco* com uso do medidor multiparâmetro HI9829 (Hanna), e a quantificação da turbidez foi realizada com auxílio do Turbidímetro Ap2000 – Policontrol.

SEGUNDA ETAPA: ANÁLISE LABORATORIAL

No laboratório retirou-se uma alíquota de 50 mL de cada amostra para análise de metais. Em seguida passou-se ao processo de abertura de amostra por micro-ondas, que tem como objetivo reduzir a interferência da matéria orgânica presente nas amostras. No primeiro momento foi realizada a pipetagem de uma alíquota de 9 mL de amostra em tubos digestivos, passando então a adição de 200 µL de ácido clorídrico (HCl) e 800 µL de ácido nítrico (HNO₃). Finalizada essa etapa os tubos digestivos com as amostras foram inseridos em um carrossel acrescido dos brancos de campo e método e levados ao micro-ondas ficando por 10 minutos a 175° C. Ao final do processo as amostras foram colocadas em tubos falcon identificados com o código das amostras e seguiram para análise.

Já para a determinação da concentração dos metais adotou-se a metodologia 3120b através da técnica de Espectrometria de Emissão Óptica de Plasma Induzido no equipamento ICP OES, Vista MPX (Varian®) e para a digestão dos efluentes a metodologia 3015a da 23ªed. *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater* (2017).

TERCEIRA ETAPA: EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DA ETE

Para determinação da eficiência de remoção de poluentes foi utilizada a seguinte equação:

$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100$$

Onde:

E: Eficiência de Remoção (%)

C₀: Concentração afluente do poluente (mg/L)

C_e: Concentração efluente do poluente (mg/L)

QUARTA ETAPA: ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA

Para melhor compreensão e análise dos dados obtidos os mesmos foram submetidos a análise multivariada através da Análise de Agrupamentos Hierárquicos (HCA) e da Análise de Componentes Principais (PCA). Ambas as análises permitem observar a interação entre as variáveis e seus comportamentos semelhantes ou distintos, tratando os dados de maneira adimensional, ou seja, sem considerar suas diferentes unidades e assim poder correlacioná-los.

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

A tabela 01 apresenta os valores das análises físico-químicas realizadas *in loco* no período menos chuvoso. Os valores pH variaram de 4,34 a 6,90 destaca-se o valor de Ph do mês de outubro de 2022 na saída da ETE em desconformidade com o estabelecido na resolução CONAMA 430/2011, mesmo após o tratamento, demonstrando a necessidade de correção e monitoramento constante desse parâmetro (BRASIL, 2011). De acordo com Campos et al. (2006) os valores ótimos de pH para crescimento e reprodução de bactérias em reator UASB devem estar entre 4 e 9. Os demais parâmetros estiveram em conformidade com a resolução.

Tabela 01: Resultados físico-químicos período menos chuvoso

Ponto de coleta	Data da coleta	Ph	TDS	OD	Turb
Entrada da ETE	AGO	6,18	520	1,13	206,22
Saída da ETE	AGO	6,90	472	3,42	17,20
Entrada da ETE	OUT	4,52	454	0,52	101,55
Saída da ETE	OUT	4,34	383	4,54	31,40

Res. CONAMA n° 430/2011 5,0 - 9,0 - - -

Na tabela 02 constam as determinações realizadas no período mais chuvoso, onde houve pequena elevação do pH (7,33 a 7,57), diminuição dos valores de STD e aumento da turbidez. De acordo com Siqueira, Correa e Araujo (2013) a introdução de águas pluviais no sistema de tratamento de efluentes pode alterar os custos e a eficiência da estação. Além disso, outro fator que pode ser alterado nesse processo é a turbidez em função do carreamento de partículas sólidas, já que esse parâmetro é determinado a partir da presença de partículas em suspensão (MEDEIROS; DORNELES, 2022).

Tabela 02: Resultados físico-químicos período chuvoso

Ponto de coleta	Data da coleta	Ph	TDS	OD	Turb
Entrada da ETE	JAN	7,57	265	1,30	423,00
Saída da ETE	JAN	7,33	284	6,17	21,60
Entrada da ETE	MAR	7,43	389	1,13	112,00
Saída da ETE	MAR	7,32	211	3,42	10,30
Res. CONAMA n° 430/2011		5,0 - 9,0	-	-	-

A determinação da concentração de metais (tabela 03 e tabela 04) mostrou que todos os analitos estiveram em conformidade com a resolução CONAMA 430/2011.

Tabela 03: concentração de metais período menos chuvoso

Ponto de coleta	Data da coleta	Al	Cu	Fe	Mn
Entrada da ETE	AGO	<LQ	<LQ	<LQ	0,041
Saída da ETE	AGO	<LQ	<LQ	<LQ	0,024
Entrada da ETE	OUT	1,719	<LQ	3,405	0,481
Saída da ETE	OUT	0,133	<LQ	0,955	0,450
Res. CONAMA n° 430/2011		-	1,000	15,000	1,000

<LQ: Limite de Quantificação do equipamento

Tabela 04: concentração de metais período chuvoso

Ponto de coleta	Data da coleta	Al	Cu	Fe	Mn
Entrada da ETE	JAN	0,589	<LQ	0,779	0,362
Saída da ETE	JAN	0,136	0,0648	0,225	0,167
Entrada da ETE	MAR	7,567	0,014	5,971	0,367
Saída da ETE	MAR	0,462	<LQ	0,840	0,401
Res. CONAMA n° 430/2011		-	1,000	15,000	1,000

<LQ: Limite de Quantificação do equipamento

RESULTADOS DA TERCEIRA ETAPA

A tabela 05 contém os valores de eficiência de remoção de metais, TDS e turbidez em cada mês de análise. Destaca-se a eficiência de remoção do Al acima de 76%, não foi possível determinar a eficiência de remoção do Cu em função de resultados menores que o LQ, a ETE também se mostrou eficiente na remoção de Fe, acima de 71,07%, já para o caso do Mn observa-se no mês de março um aumento da sua concentração do ponto de entrada ao ponto de saída da ETE e a baixa eficiência de remoção nos outros meses desta pesquisa, resultados semelhantes a remoção TDS, onde no mês de março houve aumento de sua concentração entre os pontos de entrada e saída de efluentes. Em contraponto a eficiência de remoção da turbidez teve bom desempenho, ficando entorno de 90%.

Tabela 05: Eficiência de remoção da ETE

Data da coleta	Al	Cu	Fe	Mn	TDS	Turb
AGO	-	-	-	41,46	9,23	91,66
OUT	92,26	-	71,95	6,37	15,64	72,35
JAN	76,84	-	71,07	54,00	-7,17	94,89
MAR	93,89	-	85,93	-9,26	45,76	90,80

RESULTADOS DA QUARTA ETAPA

Na aplicação da HCA evidencia-se a similaridade entre os analitos Al e Fe e destes com o Mn e a ainda a correlação entre Cu e OD relações essas corroboradas na PCA. Para Flauzino Junior (2017) a introdução de metais no meio ambiente é causada por fontes antrópicas com potencial poluidor. Normalmente os coagulantes adicionados nas ETES são compostos por Al e Fe o que pode explicar a alta similaridade entre eles. Sampaio, Boijinkin e Rantin (2013) afirmam que existe relação direta entre oxigênio dissolvido e alguns metais como o cobre, ao passo que a forma química desse metal pode ser caracterizada pela concentração de OD no meio líquido, influenciando a toxicidade do elemento.

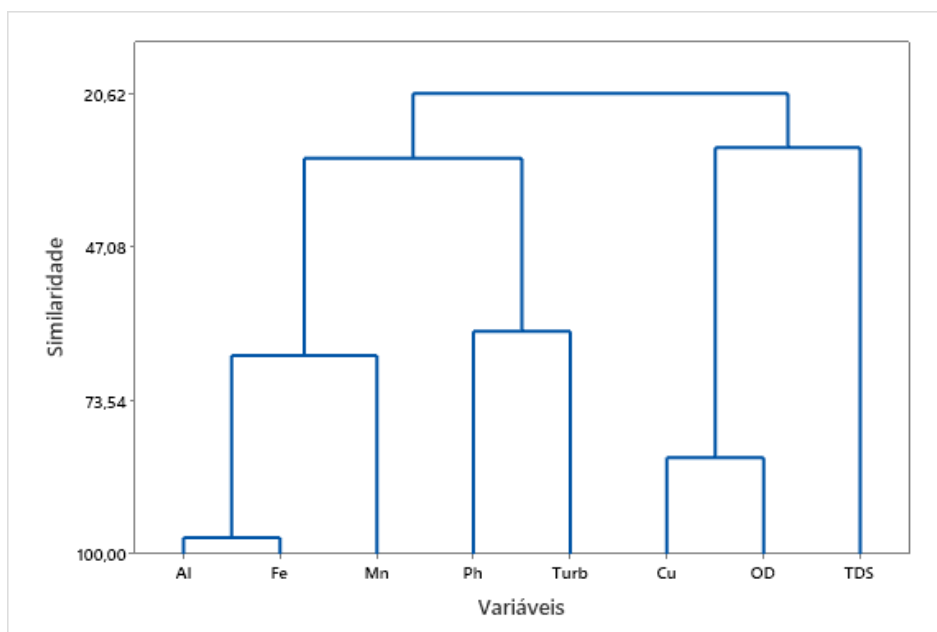


Figura 01: Dendrograma

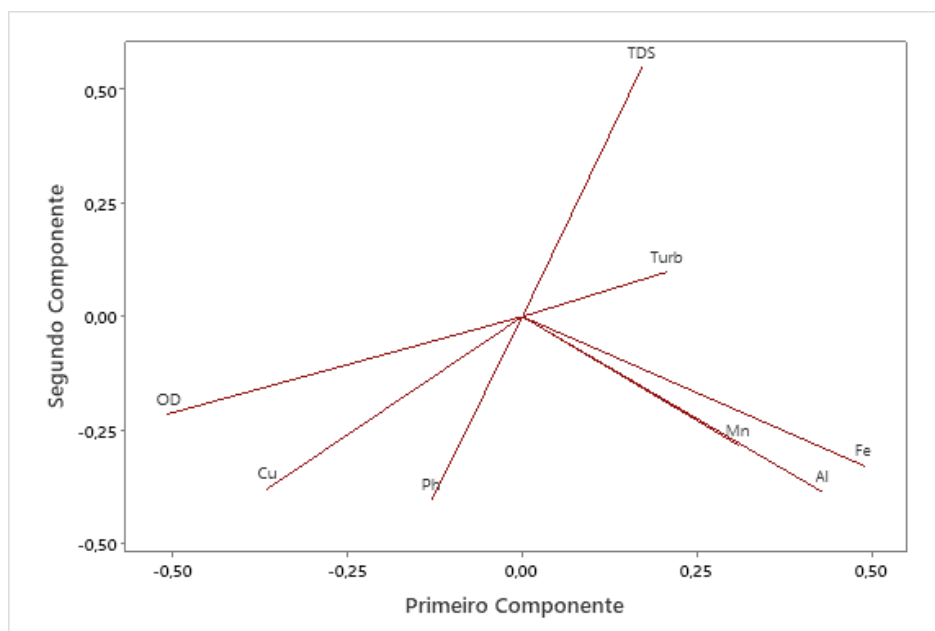


Figura 02: Gráfico de cargas

CONCLUSÕES

Em síntese, diante dos resultados apresentados após tratamento observa-se que a ETE do porto de vila do conde demonstrou-se eficiente na remoção de cargas poluentes, no que concerne aos parâmetros avaliados neste estudo, apesar das atividades realizadas no porto serem potencialmente danosas verificou-se que a ETE de Vila do Conde possui a capacidade de tratar e dispor de maneira eficiente as águas residuárias produzidas no porto. Destaca-se que a remoção de poluentes em estações de tratamento desempenha papel importante na preservação do meio ambiente e consequentemente na promoção de saúde. Ao assegurar o tratamento de águas residuárias reduzem-se diversos impactos causados aos corpos receptores preservando assim a qualidade dos ecossistemas aquáticos, sendo essencial ao desenvolvimento ambiental sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANTAQ. Agência Nacional de Transporte Aquaviário. **Área de arrendamento VDC 12 – Porto de Vila do Conde.** Seção F. 2018. Disponível em: http://web.antaq.gov.br/Sistemas/WebServiceLeilao/DocumentoUpload/Audiencia%2037/VDC12___Sec_ao_F___Ambiental_rev.04.pdf. Acesso em :22 dez 2023.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 23º ed. Washington, 2017. 3010 B.
3. Brasil. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Publicada no Diário Oficial nº 92 em 16 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**
4. CAMPOS, Cláudio Milton Montenegro et al. **Desenvolvimento e operação de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento dos efluentes da suinocultura em escala laboratorial.** v. 30, n.1, p. 140–147, 2006
5. FAPESPA. **PIB apresenta crescimento em 134 municípios do estado do Pará.** 27 dez. 2023. Disponível em: <https://www.fapespa.pa.gov.br/2023/12/27/pib-apresenta-crescimento-em-134-municipios-do-estado-do-Para/#:~:text=Em%20novembro%2C%20a%20Fapespa%20divulgou,Federa%C3%A7%C3%A3o%2C%20em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20a%202020>. Acesso em: 1 jan. 2024.



6. FLAUZINO JUNIOR, Mauricio. **Análise da concentração de alumínio na água e sedimentos em um trecho do rio do Campo – Campo Mourão/PR**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.
7. GESTER, Lucélia Cândida Guedes *et al.* **Impactos socioambientais na Amazônia Paraense: Uma análise na comunidade de Curupeté** (Barcarena, Pará, Brasil). Cuadernos de educación, v. 15, ed. 7, p. 6164-6196, 2 ago. 2023.
8. Homma, Alfredo Kingo Oyama. **A imigração japonesa na Amazônia: sua contribuição ao desenvolvimento agrícola**. 2. ed. – Brasília, DF: Embrapa, 2016.
9. Legner, Carla. **Efluente Industrial X Efluente Doméstico**. Ed. 32, ago/set 2016. Disponível em: <https://www.revistatae.com.br/Artigo/115/efluente-industrial-x-efluente-domestico#:~:text=As%20diferen%C3%A7as%20entre%20o%20efluente,%20principalmente%20em%20suas%20caracter%C3%ADsticas>. Acesso em: 1 jan. 2024.
10. MEDEIROS, Adriana torres; DORNELLES, Fernando. **Efeitos da intrusão de águas pluviais em um sistema de tratamento de esgoto**. XIV ENAU - Encontro Nacional de Águas Urbanas e IV SRRU - Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos, [s. l.], setembro 2022.
11. Ferreira de Moraes Neto, V., Hellen da Silva Melo, J., & Felipe de Melo Sales Santos, A. (2021). Eficiência do tratamento de esgotos sanitários no município de Garanhuns – PE após melhorias na estação de tratamento de efluentes. *Revista Geama*, 7(1), 73–83. Recuperado de <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/4010>
12. SAMPAIO, Fernanda Garcia; BOIJINK, Cheila de Lima; RANTIM Francisco Tadeu. **O uso do sulfato de cobre em ecossistemas aquáticos: fatores que afetam sua toxicidade em peixes de água doce**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2013.
13. SIQUEIRA, Bruna Franco de; CORREA, Ana Cristina Santos Strava; ARAÚJO, Gabrielle Ramos Aragão de. **Estudo da influência das águas pluviais em um sistema de tratamento de esgoto por lodo ativado**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013.