

Remoção natural de coliformes em esgoto doméstico por meio de lodos ativados – Um estudo de caso

Natural removal of coliforms in domestic sewage by means of activated sludge - A case study

DOI:10.34117/bjdv9n1-105

Recebimento dos originais: 05/12/2022

Aceitação para publicação: 06/01/2023

Arlindo Soares Räder

Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Instituição: Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo (COMUSA)

Endereço: Av. Coronel Travassos, 287, Rondônia, Novo Hamburgo - Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: arader@comusa.rs.gov.br

Luciana Paulo Gomes

Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela USP

Instituição: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Universidade do Vale do Rio dos Sinos (PPGEC - UNISINOS)

Endereço: Av. Unisinos, 950, Cristo Rei, Campus São Leopoldo - Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: lugomes@unisinos.br

Ester Souza Lopes

Doutora em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituição: Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo (COMUSA)

Endereço: Av. Coronel Travassos, 287, Rondônia, Novo Hamburgo - Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: elopes@comusa.rs.gov.br

Aline Bauer Lacerda

Mestre em Materiais e Processos Industriais pela Universidade Feevale

Instituição: Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo (COMUSA)

Endereço: Av. Coronel Travassos, 287, Rondônia, Novo Hamburgo - Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: alacerda@comusa.rs.gov.br

RESUMO

A Resolução CONSEMA n.º 355/2017 dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul – Brasil. Quanto maior a vazão de lançamento de efluente nas águas superficiais, mais restritivo é o padrão de coliformes a ser cumprido. O presente trabalho mostra que é possível atingir remoções de coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* (*E. coli*), em esgoto doméstico, previstas na legislação

ambiental brasileira, sem uso de desinfecção química ou ultravioleta, por meio do processo de tratamento lodos ativados. Para tanto, são apresentadas as eficiências de remoção de CT e *E. coli*, monitorados entre 2020 e 2021, na Estação de Tratamento de Esgotos Mundo Novo, município de Novo Hamburgo, pertencente a COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo. A amostragem e exames foram realizados com frequência quinzenal durante o período monitorado. O tratamento ocorreu em dois reatores quadrados (17x17x2 metros), vazão da ordem de 300m³/dia, aproximadamente 5.000 habitantes. As unidades exercem as funções de reator biológico aerado e decantador secundário. Cada reator apresenta um aerador mecânico superficial para completa mistura e aeração. O afluente alimenta o tanque em fase de aeração (aerador ligado) e deixa o sistema, na condição de esgoto tratado, quando este mesmo se encontra em fase de decantação (aerador desligado). O ciclo total de operação apresenta quatro horas, dividida em períodos iguais de aeração e decantação. Com a estação adequadamente dimensionada e operada, obteve-se remoção acima de 89% para CT e acima de 92% para *E. coli*, o que resultou em média em um esgoto tratado com 1,70E+06NMP/100mL para CT (mínimo 1,13E+05NMP/100mL, máximo 7,33E+06NMP/100mL) e 4,69E+05NMP/100mL para *E. coli* (mínimo 3,9E+04NMP/100mL, máximo 1,02E+06NMP/100mL), sendo que esses valores atenderam a referida legislação.

Palavras-chave: coliformes totais, *Escherichia coli*, lodos ativados, estação de tratamento de esgoto, meio ambiente.

ABSTRACT

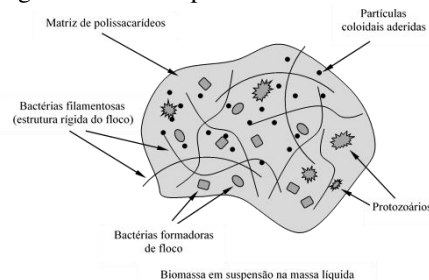
Resolution CONSEMA No. 355/2017 provides on the criteria and standards for the emission of liquid effluents to the generating sources that release their effluents in surface waters in the State of Rio Grande do Sul - Brazil. The higher the effluent discharge rate in surface waters, the more restrictive is the coliform pattern to be met. The present study shows that it is possible to achieve total coliform (CT) and *Escherichia coli* (*E. coli*) removals in domestic sewage, provided for in Brazilian environmental legislation, without the use of chemical or ultraviolet disinfection, by means of the treatment process of activated sludge. To this end, CT and *E. coli* removal efficiencies are presented, monitored between 2020 and 2021, at the Mundo Novo Sewage Treatment Station, Novo Hamburgo municipality, belonging to COMUSA - Water and Sewage Services of Novo Hamburgo. Sampling and examinations were performed every other week during the monitored period. The treatment took place in two square reactors (17x17x2 meters), flow in the order of 300m³/day, approximately 5,000 inhabitants. The units perform the functions of aerated biological reactor and secondary decanter. Each reactor features a surface mechanical aerator for complete mixing and aeration. The influent feeds the tank in the aeration phase (aerator connected) and leaves the system, in the condition of treated sewage, when it is in the decanting phase (aerator switched off). The total operating cycle is four hours, divided into equal periods of aeration and decanting. With the station properly sized and operated, removal was achieved above 89% for CT and above 92% for *E. coli*, which resulted in an average treated sewage with 1.70E+06NMP/100mL for CT (minimum 1.13E+05NMP/100mL, maximum 7.33E+06NMP/100mL) and 4.69E+05NMP/100mL for *E. coli* (minimum 3.9E 04NMP/100mL, maximum 1.02E+06NMP/100mL), and these values met the said legislation.

Keywords: total coliforms, *Escherichia coli*, activated sludge, sewage treatment plant, environment.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia de Lodos Ativados (LA) é mundialmente reconhecida e amplamente utilizada para o tratamento de efluentes de origem doméstica ou sanitária (fezes, urina e águas de lavagem em geral) e industrial. Pode-se dizer que LA é o floco produzido num esgoto bruto ou decantado pelo desenvolvimento de zoogleias (agregado de microrganismos associados à substância mucilaginosa), na presença de oxigênio dissolvido (O_2), e acumulado em concentração suficiente graças ao retorno de outros flocos previamente formados (JORDÃO e PESSÔA, 2014). A Figura 1 mostra a estrutura típica de um floco de LA. A tecnologia LA necessita de alto grau de mecanização quando comparado a outros sistemas de tratamento, implicando em uma operação mais sofisticada e, conseqüentemente, exige maior consumo de energia elétrica (VON SPERLING, 2014). Conforme NUNES (2012), VON SPERLING (2014) e JORDÃO e PESSÔA (2014), algumas das características dos LA são: exigência de pequeno requisito de área para sua implantação, elevado grau de eficiência de remoção de matéria orgânica, flexibilidade operacional, necessidade de análises físico-químicas e microbiológicas frequentes para controle do processo, operadores qualificados para a operação e custos operacionais estão associados ao consumo de energia elétrica, consumo de químicos (quando necessário) e capacitações periódicas dos responsáveis pela operação.

Fig. 1. Estrutura típica de um floco de LA



Fonte: Adaptado de VON SPERLING (1996, 2012), NUNES (2012).

O objetivo do presente trabalho consiste em demonstrar que é possível atingir remoções de coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* (*E. coli*), em esgoto doméstico, previstas na legislação ambiental brasileira, no presente caso Resolução CONSEMA n.º 355/2017, sem uso de desinfecção química ou radiação ultravioleta, por meio do processo de tratamento LA. Para tanto, são apresentadas as eficiências de remoção de CT e *E. coli*, monitorados entre os anos de 2020 e 2021, na Estação de Tratamento de Esgotos denominada Mundo Novo (ETE MN), localizada no município de Novo Hamburgo,

pertencente a COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo. A ETE MN é responsável por receber e tratar o esgoto doméstico de aproximadamente 5.000 habitantes.

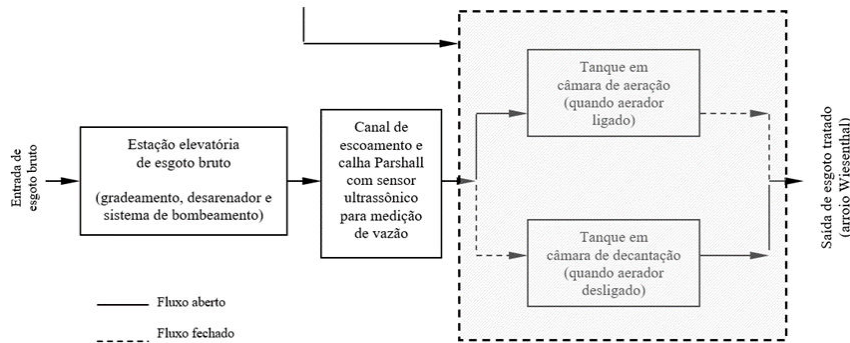
2 MATERIAIS E MÉTODOS

A ETE MN usa a tecnologia de LA em nível secundário, remoção 85% DBO, fluxo intermitente (batelada), aeração prolongada, vazão média da ordem de $300\text{m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ para o período em estudo, carga orgânica total da ordem de $364\text{kgDBO} \cdot \text{dia}^{-1}$, população máxima 6.740 habitantes. A estação apresenta tratamento preliminar com elevatória contendo gradeamento, duas bombas centrífugas de rotor aberto (principal e reserva), caixa de areia, calha Parshall com sensor ultrassônico de vazão e canaleta bifurcada para conduzir o efluente até aos reatores de LA. O tratamento ocorre em dois reatores quadrados de lado 17 metros e profundidade útil 2 metros (volume total 1.184m^3). Cada reator apresenta um aerador mecânico superficial (flutuante) de eixo vertical, fluxo ascendente, responsável pelo fornecimento de ar necessário ao processo. A potência do motor de cada aerador é 30CV. Os dois aeradores funcionam alternadamente em ciclos de operação específicos e bem definidos. Esses equipamentos aeradores foram projetados para proporcionar completa mistura e aeração à massa líquida no interior dos reatores minimizando-se, dessa forma, a possível presença de zonas mortas (sem aeração e mistura) em cada reator, pois a completa mistura e aeração alcança todo o volume reacional do sistema. A operação da estação é efetuada de tal forma que o afluente alimenta o tanque quando exercendo a função de câmara de aeração (aerador flutuante ligado); e deixa o sistema, na condição de esgoto tratado, quando este mesmo tanque esteja exercendo a função de câmara de decantação (aerador flutuante desligado). Assim, o mesmo tanque exerce as funções de reator biológico aerado e decantador secundário como uma sequência no tempo. Ciclo de operação: (a) duas horas de aeração: período em que o efluente bruto é alimentado no reator; nesse caso, esse reator está funcionando na condição de reator biológico aerado; (b) duas horas sem aeração: na primeira uma hora sem aeração, tem-se a condição de câmara de decantação; seguido de uma hora de descarte do efluente tratado, através da regulação da altura do vertedouro de saída de efluente líquido, permitindo o descarte pela superfície. O ciclo total de operação resulta quatro horas. O efluente líquido tratado é descartado no arroio local denominado

Wiesenthal (localizado aos fundos da estação). A Figura 2 ilustra o ciclo operacional típico da ETE MN.

Fig. 2. Ciclo operacional ETE MN. Fonte: autoria própria.

O mesmo tanque (reator) funciona como câmara de aerção e câmara de decantação, sendo cada etapa uma sequência no tempo. Ciclo: 2 horas de aerção seguido de 2 horas sem aerção (1 hora de decantação + 1 hora de descarte) totalizando 4 horas. Nesta representação, dentro do retângulo pontilhado, têm-se as duas condições que ocorrem em tempos diferentes no mesmo tanque.



A amostragem e exames foram realizados com frequência quinzenal durante o período monitorado, contemplando alternadamente os dois reatores. A coleta do efluente bruto foi realizada diretamente na canaleta de alimentação a montante da calha Parshall. As metodologias analíticas utilizadas estão de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, de autoria das instituições *American Public Health Association (APHA)*, *American Water Works Association (AWWA)* e *Water Environment Federation (WEF)*, (APHA et al., 2017), e Procedimentos Laboratoriais da COMUSA, a saber, Substrato Enzimático ONPG-MUG, referência 9223 SMEWW 23rd Ed. (2017). O Laboratório de Controle de Qualidade (LCQ) da COMUSA apresenta cadastro na Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Estado do Rio Grande do Sul (FEPAM – RS), desde o ano de 2008, como Laboratório de Análises Ambientais (Certificado de Cadastro de Laboratório de Análises Ambientais atualizado e em vigor CCLAAM n.º 00008/2020 – DL), contemplando parâmetros físico-químicos e microbiológicos de interesse para controle de águas subterrâneas, controle de águas superficiais e controle de efluentes líquidos. Possui Certificado de Reconhecimento pela Rede Metrológica do Estado do Rio Grande do Sul, por estar de acordo com os requisitos da norma técnica ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, para Ensaio Químicos, Ensaio Biológicos e Amostragem, para os parâmetros monitorados nas amostras de efluentes sanitários e corpos hídricos receptores (Certificados n.º 25801, 25802 e 25803 para Ensaio Químicos, Biológicos e Amostragem, respectivamente). Adicionalmente, o LCQ apresenta Licença Ambiental de Operação (LO n.º 082/2020 – DLA atualizada e em

vigor), emitida pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Novo Hamburgo (SEMAM-NH).

A ETE MN apresenta Licença Ambiental de Operação n.º 087/2017 – DLA emitida pela SEMAM-NH.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os resultados de CT, *E. coli* e cálculo da eficiência de remoção para a ETE MN. A referida tabela mostra a média mensal dos ensaios quinzenais para CT e *E. coli*.

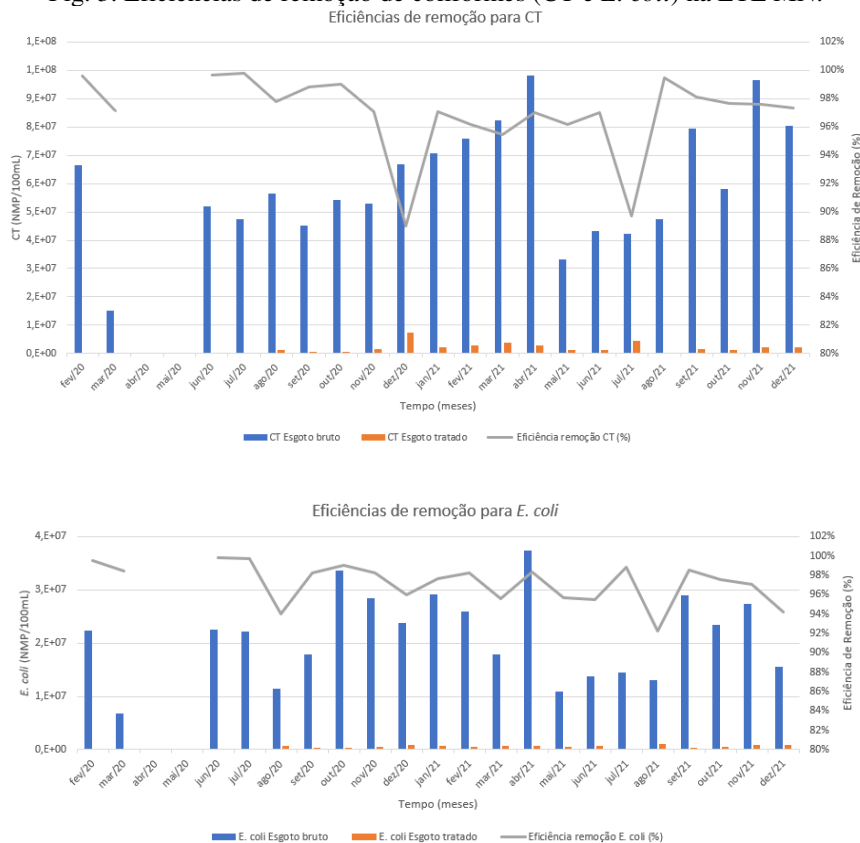
Tab. 1. Resultados de análise de CT, *E. coli* e cálculo da eficiência de remoção para a ETE MN.

ETE Mundo Novo						
Parâmetro	CT			<i>E. coli</i>		
Mês	Esgoto bruto	Esgoto tratado	Eficiência (%)	Esgoto bruto	Esgoto tratado	Eficiência (%)
fev/20	46.110.000	137.500	100%	18.600.000	35.700	98%
mar/20	15.290.000	438.175	97%	6.770.000	107.925	98%
abr/20	*	346.350	*	*	96.225	*
mai/20	*	255.750	*	*	85.850	*
jun/20	51.795.000	190.175	100%	22.585.000	39.800	100%
jul/20	47.475.000	112.967	100%	22.230.000	54.700	100%
ago/20	56.515.000	1.243.750	98%	11.520.000	693.450	94%
set/20	45.245.000	522.150	99%	17.935.000	306.700	98%
out/20	54.200.000	547.150	99%	33.650.000	318.125	99%
nov/20	52.970.000	1.563.225	97%	28.500.000	501.276	98%
dez/20	66.680.000	7.326.000	89%	23.705.000	949.050	96%
jan/21	70.685.000	2.072.250	97%	29.155.000	686.583	98%
fev/21	75.760.000	2.899.750	96%	25.955.000	463.000	98%
mar/21	82.390.000	3.730.750	95%	17.930.000	785.250	96%
abr/21	98.040.000	2.952.250	97%	37.410.000	619.250	98%
mai/21	33.275.000	1.274.250	96%	10.890.000	473.667	96%
jun/21	43.190.000	1.288.490	97%	13.740.000	623.118	95%
jul/21	42.420.000	4.375.000	90%	14.550.000	167.550	99%
ago/21	47.520.000	261.800	99%	13.105.000	1.021.250	92%
set/21	79.530.000	1.522.175	98%	28.980.000	416.975	99%
out/21	58.030.000	1.373.000	98%	23.385.000	569.425	98%
nov/21	96.436.667	2.326.000	98%	27.290.000	799.000	97%
dez/21	80.375.000	2.154.750	97%	15.535.000	890.750	94%

*Dado não disponível.

Optou-se por apresentar os resultados sob a forma de gráficos, considerando a média mensal dos ensaios quinzenais para CT e *E. coli*. Nos meses de abril e maio de 2020, devido ao cenário de pandemia COVID-19, efetuou-se coleta apenas no efluente tratado, evitando-se contato com o efluente bruto. O período considerado no presente trabalho inicia em fevereiro de 2020 e finaliza em dezembro de 2021. A Figura 3 ilustra as eficiências de remoção de coliformes na ETE MN.

Fig. 3. Eficiências de remoção de coliformes (CT e *E. coli*) na ETE MN.



Para a faixa de vazão tratada na ETE MN, a Resolução CONSEMA n.º 355/2017 estabelece, em seu artigo 17, inciso II, o valor de 10^6 NMP/100mL ou 90% de remoção, para coliformes termotolerantes. No presente caso, esse padrão de descarte de efluente tratado refere-se à *E. coli*. O fator de conversão entre coliformes termotolerantes e *E. coli* é considerado e aceito como sendo unitário pelo órgão ambiental pertinente.

O cálculo da eficiência de remoção de coliformes (CT e *E. coli*) foi efetuado de acordo com a equação 1:

$$E(\%) = [(P_{\text{bruto}} - P_{\text{tratado}})/P_{\text{bruto}}] \times 100 \quad (1)$$

Onde P significa o parâmetro microbiológico analisado, ou seja, CT e *E. coli*, para o esgoto bruto e para o esgoto tratado.

Com a estação adequadamente dimensionada e operada, obteve-se remoção acima de 89% para CT e acima de 92% para *E. coli*, o que resultou em média em um esgoto tratado com 1,70E+06NMP/100mL para CT (mínimo 1,13E+05NMP/100mL, máximo 7,33E+06NMP/100mL) e 4,69E+05NMP/100mL para *E. coli* (mínimo 3,9E+04NMP/100mL, máximo 1,02E+06NMP/100mL), sendo que esses valores atenderam a referida legislação.

4 CONCLUSÕES

A tecnologia LA quando adequadamente projetada, operada e monitorada permite a redução de CT e *E. coli* naturalmente, sem exigir unidades adicionais construídas em separado para efetuar a desinfecção por meio de aplicação de produtos químicos ou utilização de lâmpadas de radiação ultravioleta. Para o presente caso, a remoção de coliformes termotolerantes (*E. coli*) atingiu valores superiores a 92% para o período em estudo. Esses resultados evidenciam a robustez da tecnologia denominada LA, fluxo intermitente (batelada), aeração prolongada, a qual consegue atingir bons resultados técnicos operacionais e de acordo com o estabelecido na licença ambiental de operação da estação e Resolução CONSEMA n.º 355/2017.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo (em especial à Equipe Técnica do Laboratório de Controle de Qualidade – LCQ) pela disponibilização dos dados, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA); Water Environment Federation (WEF). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23rd Edition, Washington, DC, 2017.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

Guimarães, J. R.; Nour, E. A. A. *Tratando Nossos Esgotos: Processos que Imitam a Natureza*. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. Edição Especial. Maio. 2001.

Jordão, E. P.; Pessôa, C. A. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. Rio de Janeiro. 7^a Edição. 2014.

Nunes, J. A. *Tratamento Biológico de Águas Residuárias*. 3^a Edição. Aracaju: Gráfica Editora J. Andrade. 2012

Rio Grande do Sul. Conselho Estadual do Meio Ambiente. Resolução n.º 355, de 13 de julho de 2017, “*Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.*”

Von Sperling, M. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos*. 1^a Edição. Volume 2. Belo Horizonte. Editora UFMG. 1996.

Von Sperling, M. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - Lodos Ativados*. 3^a Edição. Volume 4. Belo Horizonte. Editora UFMG. 2012.

Von Sperling, M. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. 4^a Edição. Volume 1. Belo Horizonte. Editora UFMG. 2014.