

**Desempenho de estação de tratamento de esgoto doméstico no semiárido brasileiro e potencial de seu efluente para fins de irrigação**

**Performance of domestic sewage treatment plant in the Brazilian semiarid region and potential of its effluent for irrigation purposes**

DOI:10.34117/bjdv7n4-197

Recebimento dos originais: 10/03/2021

Aceitação para publicação: 08/04/2021

**Valdívia Gomes de Sousa Bezerra**

Mestra em Manejo de Solo e Água pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Avenida Francisco Mota, nº 572, Bairro Costa e Silva, Mossoró-RN  
valdiviagomesb@gmail.com

**Marcelo Gurgel Tavares**

Doutor em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Avenida Francisco Mota, nº 572, Bairro Costa e Silva, Mossoró-RN  
marcelo.tavares@ufersa.edu.br

**Solange Aparecida Goularte Dombroski**

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Avenida Francisco Mota, nº 572, Bairro Costa e Silva, Mossoró-RN  
solangedombroski@ufersa.edu.br

**Fernanda Lima Cavalcante**

Doutora em Manejo em Solo e Água pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Rua Raimundo Firmino de Oliveira, nº 400, Conjunto Ulrick Graff, Mossoró - RN  
fernanda.lima@ifrn.edu.br

**Luiz di Souza**

Doutor em Ciência e Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte  
Avenida Prof. Antônio Campos, Bairro Costa e Silva, Mossoró - RN,  
souzaluizdi@gmail.com

**Rafael Castelo Guedes Martins**

Doutor em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Avenida Francisco Mota, nº 572, Bairro Costa e Silva, Mossoró-RN  
rcastelo@ufersa.edu.br

**Rafael Oliveira Batista**

Doutor em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Avenida Francisco Mota, nº 572, Bairro Costa e Silva, Mossoró-RN  
rafaelbatista@ufersa.edu.br

**RESUMO**

O esgotamento sanitário inadequado é um dos principais problemas do semiárido brasileiro, e, além disso, o desempenho satisfatório das estações de tratamento de esgoto é essencial à qualidade ambiental. Neste sentido, este trabalho avaliou o desempenho de uma estação de tratamento de esgoto doméstico de um condomínio do município de Mossoró-RN. Para isso, o experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, no tempo, em três pontos de amostragem. Na estação o esgoto doméstico foi tratado por grade, desarenador, reator biológico aerado e reator ultravioleta artificial, sendo os pontos de amostragem os seguintes: EMR - Efluente coletado à montante do reator biológico aerado, EJR - Efluente coletado à jusante do reator biológico aerado e EJRUUV - Efluente coletado à jusante do reator ultravioleta artificial. Nas amostras coletadas foram determinados atributos físico-químicos (DBO, DQO, pH, condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, nitrato, fósforo total, teor de óleos e graxas, N, P, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> e razão de adsorção de sódio) e microbiológicos (Coliformes totais, *Escherichia coli* e ovos de helmintos). Comparando os pontos de amostragem EMR e EJRUUV, houve remoção superior a 92% para os atributos físico-químicos DBO, DQO, turbidez e óleos e graxas, enquanto para os atributos microbiológicos coliformes totais e *Escherichia coli* ocorreu redução 6,23 e 5,64 log<sub>10</sub>, respectivamente. Ao longo do período experimental não foi detectada a presença de ovos de helmintos no esgoto doméstico. A qualidade do efluente obtido em EJRUUV atendeu aos padrões exigidos pela legislação estadual do Estado do Ceará para fins de uso agrícola e florestal.

**Palavras-chave:** Esgotamento sanitário, Disposição no ambiente, Infraestrutura-urbana.

**ABSTRACT**

Inadequate sanitation is one of the main problems in the Brazilian semiarid region, and, in addition, the satisfactory performance of sewage treatment plants is essential to environmental quality. In this sense, this work evaluated the performance of a domestic sewage treatment plant in a condominium in the municipality of Mossoró-RN. For this, the experiment was set up in a completely randomized design with four replications, over time, at three sampling points. At the station, domestic sewage was treated by a grid, sand box, aerated biological reactor and artificial ultraviolet reactor, with the following sampling points: EUR - Effluent collected upstream of the aerated biological reactor, EDR - Effluent collected downstream from the aerated biological reactor and EDUR - Effluent collected downstream from the artificial ultraviolet reactor. In the collected samples, physical-chemical attributes (BOD, COD, pH, electrical conductivity, turbidity, total solids, suspended solids, dissolved solids, nitrate, total phosphorus, oil and grease content, N, P, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> and sodium adsorption ratio) and microbiological (total coliforms, *Escherichia coli* and helminth eggs). Comparing the EUR and EDUR sampling points, there was removal greater than 92% for the physical-

chemical attributes BOD, COD, turbidity and oils and greases, while for the total coliform and *Escherichia coli* microbiological attributes there was a reduction of 6.23 and 5.64 log<sub>10</sub>, respectively. During the experimental period, helminth eggs were not detected in domestic sewage. The quality of the effluent obtained in EDUR met the standards required by the state legislation of the State of Ceará for agricultural and forestry purposes.

**Keywords:** Sanitary sewage, Environment disposal, Urban infrastructure.

## 1 INTRODUÇÃO

O lançamento de esgotos domésticos sem tratamento nos corpos hídricos receptores gera diversos problemas ambientais e impactos socioeconômicos, tais como a eutrofização decorrente dos níveis elevados de nitrogênio e fósforo, a redução do oxigênio dissolvido pelo aumento da carga orgânica, a disseminação de doenças de veiculação hídrica e redução da qualidade da água para consumo humano (BARRETO et al., 2013; MARQUES et al., 2020).

Além disso, grande parte de todas as doenças que se alastram nos países em desenvolvimento são provenientes de água contaminada que prejudica a saúde das pessoas por meio da ingestão direta e pelo seu uso na higiene pessoal e no lazer, na agricultura e na indústria (RIBEIRO; ROOKE, 2010).

Para o tratamento de esgotos domésticos em condomínios urbanos existem diversos tipos de sistemas, entre os quais se destaca o uso combinado de grade, desarenador, reator biológico aerado e reator ultravioleta artificial, possibilitando o tratamento de maiores vazões, sem o uso de produtos químicos (FERREIRA; CARAIOLA, 2008; NOBRE, 2015).

O reuso deve ser incentivado por se tratar de uma fonte de suprimento de água, indispensável ao semiárido brasileiro dotado de precipitações pluviométricas reduzidas e irregulares ao longo dos anos; proporcionar a liberação da água com qualidade, para outros fins, como o abastecimento humano; evitar o lançamento de efluentes de estações de tratamento de esgotos em corpos hídricos receptores, os quais, em grande parte, são intermitentes, com vazão nula durante certo período do ano; e fornecer água, matéria orgânica e, ou nutrientes para o reuso agrícola, florestal, urbano, industrial e ambiental (BATISTA; QUEIROZ; OLIVEIRA, 2014).

O reuso deve ser incentivado por se tratar de uma fonte de suprimento de água, indispensável, principalmente no semiárido brasileiro, desde que atenda as legislações

ambientais para fins de reuso agrícola, florestal, urbano e industrial que ocupam papel de destaque quanto à implementação das infraestruturas do esgotamento sanitário nos condomínios urbanos.

Mediante a grande demanda na área urbana, no município de Mossoró, observa-se a crescente verticalização, bem como o aumento de condomínios horizontais fechados, alguns desses construídos em áreas que ainda não receberam o esgotamento sanitário, sendo responsáveis pelo tratamento dos seus efluentes. Dessa forma, o efluente precisa ser coletado, tratado e se possível reutilizado antes de ser devolvido ao ambiente. Não existe um tratamento padrão para todos os efluentes, o tipo de tratamento é escolhido observando a característica do efluente, o recurso financeiro a ser investido, a área disponível e a destinação do efluente tratado.

Diante o exposto, o presente trabalho avaliou a eficiência de um sistema de tratamento de esgoto doméstico, constituído por grade, desarenador, reator biológico aerado e reator ultravioleta artificial em condomínio no município de Mossoró-RN.

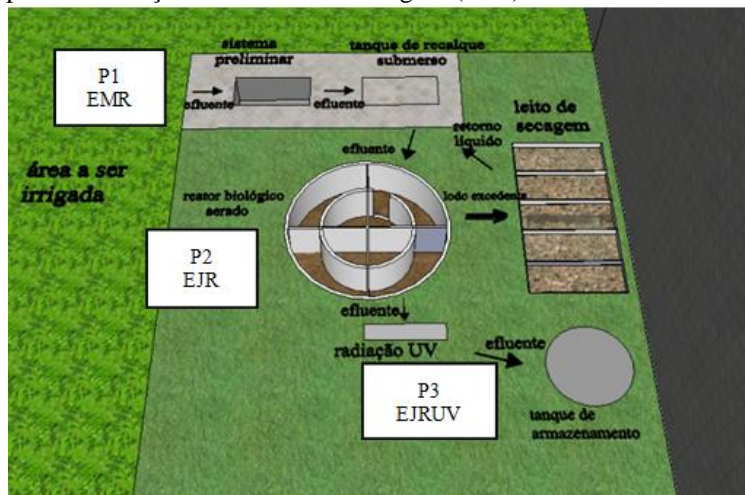
## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi realizado em uma Estação de Tratamento de Efluentes Domésticos (ETE) de um condomínio localizado no município de Mossoró-RN. Esta ETE opera com a vazão de 1,0 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, atendendo a demanda de 103 residências, a mesma, tem vazão de projeto o valor de 50,08 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup> e possibilita o tratamento do esgoto do condomínio em grade, desarenador, reator biológico aerado e reator ultravioleta artificial.

Segundo Koppen, o clima da região de Mossoró é classificado como BSh, semiárido, quente e seco, com precipitação pluviométrica anual média menor que 794 mm e temperatura anual média maior que 26,5°C (ALVARES et al., 2013).

O sistema preliminar é composto por grade e desarenadores em duplicata e de infraestruturas auxiliares tais como calha de recepção, calha parshall e tanque de recalque, como apresentado na Figura 1.

Figura 1: Vista superior da estação de tratamento de esgoto (ETE) do condomínio de Mossoró-RN.



Nota: EMR - Efluente coletado à montante do reator biológico aerado; EJR - Efluente coletado à jusante do reator biológico aerado; EJRUUV - Efluente coletado à jusante do reator ultravioleta artificial.

Inicialmente o esgoto coletado das residências intercepta a calha de recepção, tendo os sólidos grosseiros e a areia retidos gradeamento e desarenador, em seguida o efluente passa pela calha parshall para medição da vazão, por fim este é armazenado em um tanque de recalque, antes de seguir para a próxima etapa de tratamento. O resíduo retido nas grades e no desarenador é destinado ao aterro sanitário.

Do tanque de recalque o efluente segue para o reator biológico aerado composto um tanque de aeração e um sedimentador. O sistema de aeração possui dois aeradores que operam de forma alternada, a cada 3 h, estes fornecem oxigênio para as bactérias aeróbias degradarem o material orgânico presente no efluente, resultando em remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO). Os flocos formados durante o processo de aeração são removidos no sedimentador. O lodo presente no fluido decanta no fundo do sedimentador e uma bomba possibilita a recirculação desse lodo para o tanque de aeração, aumentando assim o nível populacional de bactérias no meio líquido.

A etapa final de tratamento do efluente consiste na exposição à radiação ultravioleta na faixa 253,7 nm gerada por três lâmpadas germicidas, medindo 1,20 m de comprimento para a inativação dos microrganismos patogênicos. Após a desinfecção o efluente é armazenado em um reservatório para irrigação da vegetação existente no condomínio. Todo lodo gerado na estação do condomínio passa por processo de deságue e desidratação, o efluente drenado retorna para o reator biológico aerado.

Durante o período experimental, de julho a agosto de 2017, foram realizadas quatro amostragens de efluente na estação de tratamento de esgoto nas datas de 05 de

julho, 02 de agosto, 19 de setembro e 17 de outubro de 2017. A amostragem do efluente foi realizada em três pontos: Ponto 1 - efluente coletado à montante do reator biológico aerado; Ponto 2 - efluente coletado à jusante do reator biológico aerado; e Ponto 3 - efluente coletado à jusante do reator ultravioleta artificial. Cada amostra composta foi resultante da junção de três amostras simples coletadas às 7:00h, 8:30h e 10:00h em cada um dos três pontos da estação. Essa metodologia foi adaptada dos trabalhos de Nobre e Feitosa (2015) que estudaram a mesma ETE.

Após coletadas as amostras foram imediatamente armazenadas em caixa isotérmica à 4°C, sendo posteriormente encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta (LASAP) e Laboratório de Saneamento Ambiental (LASAM) ambos pertencentes à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e ao Laboratório Catalise Ambiente e Materiais- LACAM da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN).

As análises realizadas no LASAP/UFERSA compreenderam os atributos: potencial hidrogeniônico (pH), obtido através de um pHgâmetro de bancada; condutividade elétrica (CE), medida com um condutivímetro de bancada; sódio (Na<sup>+</sup>) e potássio (K<sup>+</sup>), determinados com um fotômetro de chama; cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), cloreto (Cl<sup>-</sup>), carbonato (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) e bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) obtidos por titulação, estas análises seguiram as recomendações da Embrapa (2009).

No LASAM/UFERSA foram realizadas as análises microbiológicas, bem como parte das análises físico-químicas. As análises compreenderam a determinação da turbidez (TB), por meio de um turbidímetro de bancada; Demanda Química de Oxigênio (DQO), pelo método do refluxo fechado - colorimétrico; Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), pelo método iodométrico (processo Winkler); e identificação e quantificação dos níveis populacionais de coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* pelo método do colilert, seguindo as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (RICE; BAIRD; CLESCERI, 2012) e enumeração de ovos de helmintos utilizando a Técnica de Bailenger modificada (AYRES; MARA, 1996).

No LACAM/UERN foram analisados os teores de sólidos totais (ST), sólidos dissolvidos (SD), sólidos suspensos (SS) e óleos e graxas (OG) pelo método gravimétrico. Já o fósforo total (PT) e o nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) foram determinados por espectrofotometria. Estas análises foram realizadas de acordo com as metodologias que constam no Standard Methods for the examination of water and wastewater (RICE; BAIRD; CLESCERI, 2012).



O experimento foi montado no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições no tempo, tendo os pontos de coleta EMR- Efluente coletado à montante do reator biológico aerado, EJR - Efluente coletado à jusante do reator biológico aerado e EJRUUV - efluente coletado à jusante do reator ultravioleta artificial. Os valores dos atributos físico-químicos e microbiológicos dos efluentes foram submetidos à estatística descritiva, obtendo-se a média e respectivo desvio-padrão.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os valores médios e os desvios padrões dos atributos físico-químicos do esgoto, ao longo do tempo, analisados em três pontos de coletas da estação de tratamento. Nota-se que a temperatura média do efluente, nos pontos, EMR (26,40 °C), EJR (24,23 °C) e EJRUUV(24,40 °C) diminuiu em média 2 °C ao longo do processo, essa diminuição está relacionada com a atividade biológica de cada etapa do processo, como foi relatado por Von Sperling (2014). Esses valores médios de temperatura ficaram dentro do padrão (< 40 °C) da Resolução COEMA n° 2/2017, referente a critérios de lançamento de efluentes domésticos em corpos hídricos receptores (CEARÁ, 2017). Resultados semelhantes foram apresentados por Ferreira e Caraiola (2008) em sistema de tratamento de esgoto por lodos ativados seguido de desinfecção.

Enquanto em EJR e EJRUUV os valores de turbidez são de 3,59 e 2,94 UNT, respectivamente, encontrando-se dentro da faixa permitida (<5 UNT) em EMR, verificou-se, também, que a mesma extrapola o limite permitido (<5NTU) proposto pela NBR 13.969/1997 referente a classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos (ABNT, 1997). No presente estudo o tratamento do esgoto possibilitou remoção superior a 98% para o atributo turbidez. Paralelo a isso, Albornoz et al. (2016) ao avaliarem um sistema de tratamento contínuo por lodo ativado, com aeração prolongada no interior do tanque, e desinfecção com hipoclorito de sódio a 10%, encontraram valor médio de turbidez na caixa de desinfecção igual a 60 UNT, ou seja, fora do padrão recomendado para este tipo de reúso.

Tabela 1: Valores médios e desvio padrão dos atributos físico-químicos dos efluentes, ao longo do tempo, analisados em três pontos de coleta na estação de tratamento

Atributos	Unidade	Média e desvio padrão de EMR		Média e desvio padrão de EJR		Média e desvio padrão de EJRUV		Padrões	Remoção (%)
		Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão		
T	°C	26,40	0,70	24,23	1,51	24,40	0,98	< 40 <sup>(1)</sup>	-
TB	UNT	203,13	170,87	3,59	3,13	2,94	2,77	< 5 <sup>(2)</sup>	98,55
ST	mg L <sup>-1</sup>	1042,00	275,12	797,50	41,10	806,90	41,0	-	22,78
SS	mg L <sup>-1</sup>	117,33	77,05	43,50	40,64	46,50	41,44	≤ 100 <sup>(1)</sup>	60,37
SD	mg L <sup>-1</sup>	623,50	348,28	754,00	74,26	759,50	67,48	< 200 <sup>(3)</sup>	-21,81
pH	-	7,59	0,27	7,38	0,17	7,35	0,03	6,0 a 8,5 <sup>(4)</sup>	-
CE	dS m <sup>-1</sup>	1,28	0,31	1,06	0,31	0,93	0,46	3,0 <sup>(5)</sup>	27,20
Na <sup>+</sup>	mmolc L <sup>-1</sup>	5,68	1,26	5,02	0,65	5,20	0,38	40 <sup>(5)</sup>	8,37
Ca <sup>2+</sup>	mmolc L <sup>-1</sup>	2,85	0,69	2,92	0,91	2,72	0,41	20 <sup>(5)</sup>	4,48
Mg <sup>2+</sup>	mmolc L <sup>-1</sup>	1,33	0,69	1,33	0,60	1,63	0,47	5 <sup>(5)</sup>	-22,51
RAS	(mmolc L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	3,94	0,87	3,45	0,40	3,55	0,26	15 <sup>(5)</sup>	9,90

Nota: EMR – Efluente coletado à montante do reator biológico aerado; EJR - Efluente coletado à jusante do reator biológico aerado; EJRUV - Efluente coletado à jusante do reator ultravioleta artificial; T – Temperatura do efluente; TB – Turbidez; UNT – Unidade nefelométrica de turbidez; ST – Sólidos totais; SS– sólidos suspensos; SD - Sólidos dissolvidos; pH – Potencial hidrogeniônico; CE – Condutividade elétrica; Na+ - Sódio; Ca2+ - Cálcio; Mg2+ - Magnésio ; RAS - Razão de adsorção de sódio; (1) Resolução COEMA n°2/2017, referente ao lançamento de efluentes tratados em corpos hídricos; (2)ABNT 13.969/97 referente a classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos; (3)ABNT 13.969/97 referente a classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes; (4) Resolução COEMA n°2/2017, referente ao reúso externo de efluentes sanitários para fins agrícolas e florestais (5) ; e Critérios de qualidade de água para a irrigação, apresentado por Almeida (2010).

Os atributos sólidos totais, sólidos suspensos e sólidos dissolvidos apresentaram médias em EJRUV de 807, 46, e 760 mg L-1, respectivamente, dessa forma, os teores de sólidos suspensos totais atenderam ao limite de 100 mg L-1 da Resolução COEMA n° 2/2017 (CEARÁ, 2017) referente ao lançamento de efluentes tratados em corpos hídricos receptores. Para Jordão e Pessoa (2014), um decantador razoavelmente eficaz apresenta separação dos sólidos oriundos do tanque de aeração, gerando efluente final clarificado de baixa turbidez e valores de sólidos suspensos totais na faixa de 20 a 30 mg L-1. Já os teores de sólidos dissolvidos, extrapolou o limite (< 200 mg L-1) colocado pela NBR13.969/97 (ABNT, 1997) referente a classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador. Os sólidos dissolvidos aumentaram de 20 a 21% ao longo do processo. Em estudo paralelo, Ferraz et al. (2014) avaliaram um sistema composto por tratamento preliminar (gradeamento grosso e fino), UASB (Reator anaeróbio de manta de lodo), câmara anóxica, tanque de aeração com biodiscos, decantação secundária, e desinfecção



por raios ultravioletas; o qual apresentou elevados valores de sólidos no tanque de aeração, sendo que os autores relacionaram os resultados com os procedimentos de recirculação e descarte de lodo excedente dos decantadores secundários para digestão nos reatores UASB.

Os valores médios de pH ao longo da estação oscilaram de 7,59 a 7,35 atendendo aos padrões (entre 6 e 8,5) exigidos pela Resolução COEMA nº 2/2017, referente a critérios de reuso urbanos, agrícolas, florestais e ambientais, valores semelhantes foram encontrados no trabalho de Albornoz et al. (2016).

No tocante a qualidade da água para irrigação, foram encontradas médias em EJRUUV de CE (0,93 dS m<sup>-1</sup>), Na<sup>+</sup>(5,20, mmolc L<sup>-1</sup>), Ca<sup>2+</sup>(2,72 mmolc L<sup>-1</sup>), Mg<sup>2+</sup>(1,63 mmolc L<sup>-1</sup>) e RAS (3,55 mmolc L<sup>-1</sup>)<sup>0,5</sup>, atendendo as faixas propostas por Almeida (2010) de 0-3 dS m<sup>-1</sup>, 0-40 mmolc L<sup>-1</sup>, 0-20 mmolc L<sup>-1</sup>, 0-5 mmolc L<sup>-1</sup>, 0-15 mmolc L<sup>-1</sup>)<sup>0,5</sup>, respectivamente. Valores mais elevados de Ca<sup>2+</sup>(11,4 mmolc L<sup>-1</sup>) e Mg<sup>2+</sup>(4,58 mmolc L<sup>-1</sup>) foram encontrados por Lacerda (2011) em esgotos oriundos de lagoas de estabilização, que possibilitou melhor desenvolvimento do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) em relação à produção com água de abastecimento pública. De acordo com Almeida (2010), a condutividade elétrica é um atributo considerado determinante para o reuso, devido à sua potencialidade de salinizar o solo. Já a Relação de Adsorção de sódio (RAS), segundo o mesmo autor, é um índice que denota a proporção relativa do Na<sup>+</sup> competindo com o Ca<sup>2+</sup> e o Mg<sup>2+</sup> pelos lugares de intercâmbio nas argilas do solo, quando existe predominância de íons Na<sup>+</sup>, a estrutura e permeabilidade do solo pode ficar comprometida. No presente estudo, o efluente EJRUUV não causará problemas de salinização nem toxicidade às plantas. De acordo com Almeida (2010), uma água com grau de qualidade de restrição ao uso leve a moderado deve apresentar condutividade elétrica de 0,7 a 3,00 dS m<sup>-1</sup> e Na<sup>+</sup> de 3 a 9 mmolc L<sup>-1</sup>.

Na Tabela 2 observam-se os valores médios e os desvios padrões dos atributos químicos, bioquímicos e microbiológicos dos efluentes, ao longo do tempo, analisados em três pontos da estação de tratamento. Ao comparar os valores médios da demanda bioquímica de oxigênio de EMR e EJRUUV, nota-se elevada remoção desse atributo (> 99%), atendendo plenamente aos padrões estabelecidos pelas Resoluções CONAMA 430/2011 e do COEMA nº 2/2017, no que se refere ao lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários em corpos receptores, as quais estabelecem um valor de 120 mg L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2011; CEARÁ, 2017).

Tabela 2: Valores médios e desvio padrão dos atributos químicos, bioquímicos e microbiológicos dos efluentes, ao longo do tempo, analisados em três pontos da estação de tratamento

Atributos	Unidade	Média e desvio padrão de EMR		Média e desvio padrão de EJR		Média e desvio padrão de EJRUUV		Padrões	Remoção (%)
		Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão		
DBO	mg L <sup>-1</sup>	319,25	73,71	3,00	0,82	<2,00	-	120 <sup>(1)</sup>	>99,37
DQO	mg L <sup>-1</sup>	758,25	151,58	25,75	4,99	18,00	8,83	<125 <sup>(2)</sup>	97,63
K <sup>+</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	1,11	0,14	1,09	0,14	1,09	0,05	0,05 <sup>(3)</sup>	1,58
Cl <sup>-</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	3,49	0,31	4,45	0,53	3,47	1,39	30 <sup>(3)</sup>	0,64
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10 <sup>(3)</sup>	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	8,82	1,34	3,81	2,54	2,00	1,17	10 <sup>(3)</sup>	77,32
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mg L <sup>-1</sup>	23,24	5,65	29,16	3,50	30,57	2,30	10 <sup>(3)</sup>	-31,50
OG	mg L <sup>-1</sup>	78,18	66,73	8,68	5,80	6,08	4,96	≤100 <sup>(1)</sup>	92,23
PT	mg L <sup>-1</sup>	8,25	2,38	7,85	4,27	7,15	3,32	2 <sup>(3)</sup>	13,33
CT <sup>(*)</sup>	NMP 100mL <sup>-1</sup>	1,43x10 <sup>8</sup>	1,31	2,49x10 <sup>6</sup>	1,88	8,32x10 <sup>1</sup>	4,53	-	6,23 log <sub>10</sub>
E. coli <sup>(*)</sup>	NMP 100mL <sup>-1</sup>	2,07x10 <sup>7</sup>	1,41	2,68x10 <sup>5</sup>	2,30	4,73x10 <sup>1</sup>	2,24	1x10 <sup>3(4)</sup>	5,64 log <sub>10</sub>
Ovos de helmintos	ovo L <sup>-1</sup>	0	0	0	0	0	0	≤1 <sup>(4)</sup>	-

Nota: EMR – Efluente coletado à montante do reator biológico aerado; EJR - Efluente coletado à jusante do reator biológico aerado; EJRUUV - Efluente coletado à jusante do reator ultravioleta artificial; DBO - Demanda bioquímica de oxigênio; DQO -Demanda química de oxigênio; K+ - Potássio; Cl- - Cloreto; CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> - Carbonato; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> - Bicarbonato; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - Nitrato; TOG -Teor de óleos e graxas; PT - Fósforo total; CT - Coliformes totais; E.Coli - Escherichia coli; NMP – Número mais provável; (1)Resolução COEMA n°2/2017, referente ao lançamento de efluentes tratados em corpos hídricos; (2) ABNT 13.969/97 referente ao limite do efluente tratado lançado nas águas litorâneas, praias e nos rios que desaguam nas praias frequentadas pelas pessoas para recreação - classe c (3); Critérios da qualidade da água de irrigação apresentado por Almeida (2010); (4) Resolução COEMA n°2/2017, referente ao reúso externo de efluentes sanitários para fins agrícolas e florestais; e \* Média e desvio padrão geométrico.

Comparando os valores médios da demanda química de oxigênio em EMR e EJRUUV, obtém-se elevada remoção desse atributo (>97%). Em EJRUUV o valor médio da demanda química de oxigênio foi de 18mg L-1 valor esse inferior ao limite de 125 mg L-1 para lançamento de efluente tratado em águas superficiais classe c (ABNT, 1997). No trabalho de Nobre (2015) que desenvolveu seu estudo nessa mesma estação de tratamento de esgoto, os valores da demanda química de oxigênio em EMR e EJRUUV foram de 1984,13 e 63,49mg L-1, respectivamente.

No trabalho desenvolvido por Ferreira e Caraiola (2008) em sistema de tratamento de esgoto por lodos ativados, seguidos de desinfecção, o valor médio da demanda

bioquímica de oxigênio e da demanda química de oxigênio do esgoto tratado foram de 9,1 e 67 mg L<sup>-1</sup>, obtendo remoção superior a 95 e 90%, respectivamente.

Ao longo das etapas de tratamento do esgoto, observa-se que os valores de médios do potássio foram semelhantes. O valor médio de potássio em EJRUUV (1,09 mmolc L<sup>-1</sup>) foi superior ao valor limite de 0,05 mmolc L<sup>-1</sup> proposto por Almeida (2010). Malafaia et al. (2016) encontraram valor médio de potássio de valores de 19,16 mmolc L<sup>-1</sup> em esgoto de lagoa de estabilização.

O valor médio do potássio em EJRUUV (3,47 mmolc L<sup>-1</sup>) representa risco de ligeiro a moderado (>3,47 mmolc L<sup>-1</sup>), pois segundo Almeida (2010) no caso de irrigação por aspersão sobre a folhagem, e umidade abaixo de 30%, o cloro pode, juntamente com o sódio, causar toxicidade em cultivos sensíveis ao ser absorvido pelas folhas. No estudo conduzido por Rolin et al. (2016) comparando distintos sistemas de tratamento de esgoto, os referidos autores detectaram teores de cloreto de 0,15, 0,15 e 0,17 mmolc L<sup>-1</sup> em esgoto sem tratamento, efluente de UASB e efluente de lodo ativado, respectivamente. Os valores médios de carbonato (0 mmolc L<sup>-1</sup>) e bicarbonato (2,00 mmolc L<sup>-1</sup>) atendem aos limites de 0,1 e 10 mmolc L<sup>-1</sup> estabelecidos por Almeida (2010) para qualidade da água de irrigação. Segundo Almeida (2010), as precipitações de cálcio e magnésio como carbonatos são completas quando na água de irrigação as concentrações de carbonato e bicarbonato superam a soma das concentrações de cálcio e magnésio.

Comparando EMR e EJRUUV percebe-se que houve aumento de 31% no teor médio de nitrato na forma de nitrogênio, passando de 23,24 para 30,57 mg L<sup>-1</sup>. Este é atribuído ao processo de nitrificação que ocorreu pela atuação do reator biológico aerado, onde o oxigênio favorece o surgimento de bactérias nitrificadoras que transformam o nitrogênio amoniacal em nitrito e posteriormente em nitrato. O valor médio de nitrato em EJRUUV foi superior ao valor limite de 10 mg L<sup>-1</sup> apresentado por Almeida (2010). No entanto, para fins de reúso agrícola e florestal desse esgoto tratado recomenda utilizar o critério proposto pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, que considera o nitrato como elemento químico referencial no cálculo da dosagem de água residuária a ser aplicada no sistema solo-planta. Por outro lado, Malafaia et al. (2016) encontraram valor médio de 6,0 mg L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> N no efluente de lagoa de estabilização.

Para o fósforo total, percebe-se que os três tipos de efluentes apresentaram valores médios superiores ao limite de 2,0 mg L<sup>-1</sup> apresentado por Almeida (2010), para qualidade de água de irrigação, e que a remoção média dessa atributo do esgoto foi 13,33%. Deve-se ressaltar que à presença de detergentes no esgoto incrementa os valores

de fósforo total no esgoto. Oliveira e Sá (2015) avaliaram o desempenho de sistema de lagoas aeradas e detectaram valores de fósforo total de 21,48 e 18,54 mg L<sup>-1</sup> nos esgotos sem tratamento e tratado, respectivamente. Em outro estudo, Rolin et al. (2016) estudaram o desempenho de um sistema de lodo ativado e detectaram remoção de 24,6% no teor médio de fósforo total.

Com uma remoção superior à 92% , o valor médio de óleos e graxas em EJRUUV (6,08 mg L<sup>-1</sup>) foi inferior ao limite de 100 mg L<sup>-1</sup> da Resolução COEMA n° 2/2017, referente aos critérios para lançamento de efluente tratado em corpos hídricos receptores. Resultado semelhante foi apresentado por Ferreira e Caraiola (2008) em um sistema de tratamento por lodo ativado em fluxo contínuo, onde a remoção média de óleos e graxas foi de 90%.

Houve remoção de 6,23 log<sub>10</sub> na população de coliformes totais quando os efluentes EMR e EJRUUV são comparados. A desinfecção com radiação ultravioleta artificial propiciou média geométrica dos coliformes totais de 8,32x10<sup>1</sup> NMP 100mL<sup>-1</sup> em EJRUUV. No trabalho de Latif-Eugenín et al. (2017), houve remoção de 3,43 log<sub>10</sub> nos níveis populacionais de enterococos intestinais quando da utilização da cloração e radiação ultravioleta artificial em esgotos.

Com relação aos níveis populacionais de *Escherichia coli* ocorreu remoção de 5,64 log<sub>10</sub> quando se compara EMR e EJRUUV. Além disso, em EJRUUV a média geométrica de *Escherichia coli* foi de 4,73x10<sup>1</sup> NMP 100mL<sup>-1</sup>, estando assim dentro do padrão para reúso externo de efluentes sanitários para fins agrícolas e florestais proposto na Resolução do CONEMA n° 2/2017 (CEARÁ, 2017). Experimentos conduzidos por Billota e Daniel (2012) revelaram a elevada potencialidade da técnica do reator ultravioleta artificial (254 nm) na inativação de colifagos e *Escherichia coli*, alcançando remoção entre 1,70 a 3,90 log<sub>10</sub> e 1,60 a 5,20 log<sub>10</sub>, respectivamente, com dosagens correspondentes a 123,0 e 247,0 mWs cm<sup>-2</sup>.

Não foram encontrados ovos de helmintos em nenhum dos pontos avaliados, estando em conformidade com o padrão estabelecido de até 1 ovo de helmintos por litro de amostra conforme a Resolução do COEMA n° 2/2017, para reúso externo de efluentes sanitários para fins agrícolas e florestais (CEARÁ, 2017). O fato de não ter sido encontrado ovos de helmintos nas águas residuárias dos condomínios em estudo pode ser explicado pelo exposto em Santos e Merlini (2010); relatam que a suscetibilidade às enteroparasitoses varia, dentre outros fatores, com as condições econômicas da população, uma vez que as parasitoses apresentam uma distribuição cosmopolita, sendo

as maiores prevalências verificadas em países em desenvolvimento, especialmente em áreas onde as condições de saneamento e de educação são deficientes e regiões tropicais, onde a temperatura e umidade favorecem o desenvolvimento dos parasitas.

#### 4 CONCLUSÕES

A estação de tratamento de esgoto apresentou excelente desempenho quando a remoção da turbidez (>98%), demanda bioquímica de oxigênio (>99%), demanda química de oxigênio (>97%), óleos e graxas (>92%), coliformes totais (6,23 log10) e *Escherichia coli* (5,64 log10).

A maioria dos atributos estudados atendeu aos padrões exigidos pela legislação para fins de reuso agrícola e florestal, com exceção dos sólidos dissolvidos, nitrato e fósforo que extrapolaram em 3,8, 3,0 e 3,5 vezes os valores limite para fins de irrigação.

Recomenda-se diminuir o tempo de descarte do lodo excedente, aumentar a injeção de ar no tanque de aeração para a maior redução dos sólidos, bem como, efetuar limpeza das lâmpadas ultravioletas a cada três meses.

Por fim, há necessidade de novos estudos para caracterização do lodo gerado na estação de tratamento de efluente, bem como dimensionar a dosagem de efluente para fins de reuso da água na irrigação com base nos critérios da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.

## REFERÊNCIAS

- ALBORNOZ, L. L.; BERNARDES, A. M.; TESSARO, I. C.; CENTURIÃO, T.C.; MENDES, C. A. B. Monitoramento, caracterização e avaliação da eficiência de remoção de poluentes em uma estação compacta de tratamento de efluentes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 10., 2016, Porto Alegre. Anais... Porto alegre: PUCRS, 2016.
- ALMEIDA, O. A. Qualidade da água de irrigação. 1 ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 227p.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR-13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 60p.
- AYRES, R.; MARA, D. Analysis of wastewater for use in agriculture: a laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques. Geneva: Who, 1996. 35p.
- BARRETO, L. V. BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S. Eutrofização em rios brasileiros. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 9, n.16, p. 21-79, 2013.
- BATISTA, F. G. A; QUEIROZ, F. R. P.; OLIVEIRA, D. S. Percepção socioambiental do reuso das águas residuárias em condomínios verticais da cidade de Campina Grande – PB. Holos, Natal, v. 6, n. 1, p. 70-82, 2014.
- BILLOTTA, P. DANIEL, L. A. Utilização de lâmpadas germicidas na desinfecção de esgoto sanitário. Revista Ambiente & Água, Taubaté, v. 7, n. 1, p. 120-129, 2012.
- BRASIL. Resolução nº 430, de 13 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. Diário Oficial da União, Brasília, 16 de Maio. 2011.
- CEARÁ. Resolução COEMA nº 2 de 2 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as Portarias SEMACE nº 154, de 22 de julho de 2002 e nº 111, de 05 de abril de 2011, e altera a Portaria SEMACE nº 151, de 21 de fevereiro de 2017. Diário Oficial do Estado do Ceará, Fortaleza, 21 de Fevereiro de 2017.
- FERRAZ, D. L. M.; CUNHA, P. E. V.; NETO, C. F.; ARAÚJO, A. L. C. Avaliação do desempenho operacional de uma ETE em escala real, composta de retor UASB seguido de tanque de aeração com biodiscos. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12., 2014, Natal. Anais... Natal: ABES, 2014.



FERREIRA, F. D.; CARAIOLA, M. Eficiência do lodo ativado em fluxo contínuo para tratamento de esgoto. Revista acadêmica ciência agrária ambiental. Curitiba, v. 6, n. 2, p. 259-279, 2008.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 7 ed. Rio de Janeiro: 2014. 1087p.

LACERDA, P. M.; RODRIGUES, R.; NALINI JÚNIOR, H.; MALAFAIA, A. G.; RODRIGUES, A. S. L. Influência da irrigação com águas residuárias no desenvolvimento de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 159-168, 2011.

LATIF-EUGENÍN, F.; BEAZ-HIDALGO, R.; SILVERA-SIMÓN, C.; FERNANDEZ-CASSI, X.; MARÍA J. F. Chlorinated and ultraviolet radiation -treated reclaimed irrigation water is the source of *Aeromonas* found in vegetables used for human consumption. Environmental Research, New York, v. 154, n. 1, p 190-195, 2017.

MALAFAIA, G. ARAÚJO, F.G. LEANDRO, W.M. RODRIGUES, A.S.L. Teor de nutrientes em folhas de milho fertilizado com vermicomposto de lodo de curtume e irrigado com água residuária doméstica. Revista Ambiente & Água, Taubaté, v. 11, n. 4, p. 799-809, 2016.

MARQUES, J. S. S.; LOPES, A. B. G.; SOUSA, D. C. C.; FERREIRA, E. B.; PAZ, E. S.; LIMA, G. F.; NETTO, I. S.; SOUZA, S. L. Desafios da implantação de tratamento de esgoto em regiões ribeirinhas. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n.12, p.98817-98824, 2020.

NOBRE, S. S. S. Monitoramento da estação de tratamento de esgoto de um condomínio residencial em Mossoró/RN. 2015. 37f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2015.

OLIVEIRA, C. S.; SÁ, O. R. Avaliação da eficiência do tratamento de efluentes em um abatedouro do município de Passos, MG, Brasil. Ciência et Praxis, Belo Horizonte, v. 8, n. 16, p 13-20, 2015.

RIBEIRO, J. W. ROOKE, J. M. S. Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. 2010. 36f. Monografia (Especialização em Análise Ambiental) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

NOBRE, S. S. S. Monitoramento da estação de tratamento de esgoto de um condomínio residencial em Mossoró/RN. 2015. 37f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2015.

RICE, E. W.; BAIRD, R. B.; CLESCERI, A. D. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22. ed. Washington DC: APHA, AWWA, WPCR, 2012. 1496 p.

ROLIN, H. O.; CHAVES, J. R.; NUNES, A. B. A.; SILVA FILHO, H. A.; SANTOS, E. V. M. Qualidade dos efluentes de sistemas de tratamento biológico UASB e UCT para reúso agrícola. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, Maringá, v. 9, n. 2, p. 393-414, 2016.

SANTOS, S.A.; MERLINI, L. S. Prevalência de enteroparasitoses na população do município de Maria Helena, Paraná. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v.15, n. 3, p. 899-905, 2010.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 452p.