

ANÁLISE DA REMOÇÃO DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO E DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO GERTRUDES LOCALIZADA NA CIDADE DE PONTA GROSSA - PR

Tatiana Gulminie Josué (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) tatiana.gjosue@gmail.com

Resumo:

Devido ao intenso crescimento populacional viu-se a necessidade do tratamento dos efluentes gerado pela população. Para isso foram criadas as estações de tratamento de esgoto (ETE). Na cidade de Ponta Grossa, uma das ETE's chama-se Gertrudes e atende aproximadamente 7% da população da cidade de Ponta Grossa, com uma vazão nominal de 30L/s. Essa unidade utiliza tratamento primário anaeróbio, e esse se dá através de um Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RALF) e tratamento secundário que se dá via filtro biológico aeróbio ou filtro percolador. O objetivo do estudo realizado foi analisar a eficiência de remoção da Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) do esgoto tratado. Os resultados encontrados foram comparados com as legislações vigentes, sendo essas o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA 430) e a Secretaria de Meio Ambiente (SEMA021) e, também, com outros realizados em estações de tratamento de esgoto que possuem o mesmo sistema da ETE Gertrudes. As coletas foram realizadas na entrada de esgoto bruto e na saída de esgoto tratado e foram realizadas análises físico-químicas das amostras para saber a eficiência de remoção e se a ETE cumpre com os padrões exigidos pela legislação.

Palavras Chave: DBO, DQO, RALF, Filtro Percolador.

ANALYSIS OF REMOVAL OF OXYGEN BIOCHEMICAL DEMAND AND OXYGEN CHEMICAL DEMAND AT GERTRUDES SEWAGE TREATMENT STATION LOCATED IN THE CITY OF PONTA GROSSA - PR

Abstract

Due to the intense population growth, it was necessary to treat the effluents generated by the population. For this, the Sewage Treatment Statin (STS) were created. In the city of Ponta Grossa, one of the ETE's is called Gertrudes and serves approximately 7% of the population of the city of Ponta Grossa, with a nominal flow rate of 30 L/s. This unit uses anaerobic primary treatment, and this is done through an Anaerobic Upflow Reactor (UASB) and secondary treatment that is given via aerobic biological filter or percolator filter. The objective of the study was to analyze the removal efficiency of the Oxygen Demand (COD) and Biochemical Oxygen Demand (BOD) of treated sewage. The results were compared with the current legislation, such as the Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA 430) and the Secretaria de Meio Ambiente (SEMA 021), as well as with others carried out in sewage treatment plants that have the same ETE Gertrudes. The samples were collected at the raw

sewage inflow and at the treated sewage outlet and physical-chemical analyzes of the samples were carried out to determine the removal efficiency and if the STS complied with the standards required by the legislation.

Key-words: BOD, COD, RALF, Percolator Filter.

1. Introdução

Todas as cidades produzem águas residuais que podem ser denominadas como esgoto urbano. Essas águas têm características similares com alto poder de poluição. Devido a esse alto poder de poluição vem à necessidade do tratamento para que possam retornar aos corpos hídricos sem produzir danos à natureza.

Para que esses esgotos sejam tratados foram construídas as estações de tratamento de esgoto que tem como principal objetivo tratar o esgoto gerado pela população de modo a propiciar melhor qualidade de vida e proteção do meio ambiente. Para que o efluente retorne aos corpos hídricos com a qualidade exigida, as estações de tratamento de esgoto (ETE) devem fornecer um tratamento que cumpra as normas estabelecidas por conselhos nacionais, estaduais e municipais.

No Paraná, o órgão responsável pelo tratamento de águas e efluentes é a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). É considerada uma das melhores empresas no tratamento de esgoto do Brasil e a que possui uma das melhores tecnologias para esse fim.

Um tratamento de esgoto pode se dar de duas maneiras: tratamento aeróbio e tratamento anaeróbio. Ambos utilizam bactérias para degradação da matéria orgânica presente no efluente. As ETE's da Sanepar são compostas por reatores do tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) ou RALF (Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente) operando anaerobiamente. É importante salientar que, para que o efluente possa entrar no RALF e receber o tratamento anaeróbio, é necessário que ele receba um tratamento preliminar ou gradeamento que visa a retirada de sólidos grosseiros desse efluente. Esse processo pode ocorrer por peneiramento, por exemplo.

Outro ponto importante de citar é que, mesmo o tratamento primário ou tratamento via RAFL se tratar de um tratamento eficaz, ele ainda não consegue retirar toda a matéria orgânica presente no esgoto necessitando de um tratamento secundário. Na SANEPAR, esse tratamento secundário geralmente se dá através de filtros biológicos aeróbios.

Na cidade de Ponta Grossa destacam-se os seguintes tratamentos: Reator RALF associado a filtro anaeróbio, RALF associado a filtro biológico percolador, RALF associado a lagoa de estabilização (SANEPAR, 2015).

O tratamento de efluentes pode ser dado através de tratamento anaeróbio e tratamento aeróbio. Ambos os tratamentos utilizam bactérias para degradar a matéria orgânica presente no meio. A diferença entre eles é a utilização do oxigênio para sobrevivência das bactérias, onde as bactérias aeróbias não sobrevivem em meios sem oxigênio. Os tratamentos de esgoto aeróbio podem acontecer de diversas maneiras: lodos ativados, filtros biológicos aeróbios, lagoas de estabilização, lagoas facultativas, lagoas aeradas facultativas, lagoas aeradas com mistura completa, lagoas de polimento. Isso também ocorre com o tratamento anaeróbio, que pode acontecer das seguintes maneiras: reator anaeróbio tipo RALF, fossa séptica, tanque imhoff, lagoas anaeróbias, filtros anaeróbios, entre outros.

O tratamento anaeróbio é um processo biológico, onde os tipos de microorganismos presentes no efluente transformam compostos orgânicos complexos. Trata-se de um processo biológico pelo fato de que a degradação ocorre através de bactérias presentes no meio. Esse processo

também ocorre na ausência de oxigênio. (CHERNICHARO et all, 2011, apud FAGUNDES, 2010, p.18).

O reator RALF é um exemplo de processo anaeróbico, pois funciona através de processos biológicos onde utiliza a matéria orgânica presente no meio para degradar e digerir compostos orgânicos sem a utilização do oxigênio. Porém, o reator RALF apresenta a desvantagem em relação a sua eficiência, necessitando de um tratamento complementar que pode ser feito através de filtros biológicos aeróbios.

A Figura 1 representa o esquema de um reator RALF localizado em uma das Estações de Tratamento de Esgoto da cidade de Ponta Grossa – PR.

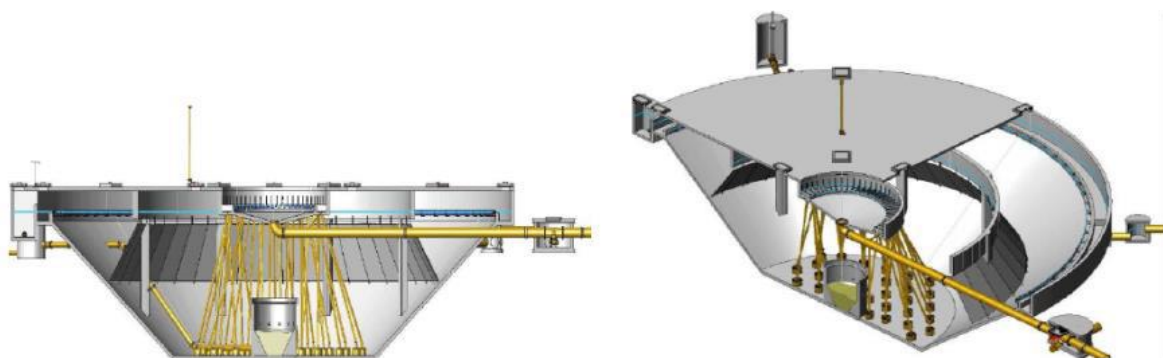


Figura 1 – Esquema do reator RALF

O princípio de funcionamento do reator RALF é relativamente simples. Consiste em introduzir o lodo e distribuir o mesmo em toda base do reator. O esgoto é então forçado a percolar por todo o manto de biomassa que é mantido no interior do reator. Nesse processo de percolação, todas as partículas finas que estão suspensas são filtradas e os componentes solúveis são absorvidos pela biomassa presente, que irá converter esses componentes solúveis em gás carbônico e metano, além de formar uma nova biomassa (BÁREA, 2015).

Todo gás gerado pela degradação pela biomassa é direcionado para os coletores de biogás que estão presentes na parte de cima do reator. Os sólidos e o líquido que ficou no reator são direcionados para os compartimentos de decantação. Ocorre então a recirculação desses sólidos, pois os mesmos retornam para o compartimento em que o manto de biomassa se encontra. Nos decantadores encontram-se os vertedores que realizam a retirada do efluente tratado no reator (BÁREA, 2015).

As vantagens do reator RALF perto de outros processos anaeróbios convencionais são: baixa produção de lodo, baixa demanda de área, baixo custo de implementação e operação, baixo consumo de energia, produção de biogás metano (combustível), boa desidratabilidade do lodo, reinício de operações relativamente rápido, elevada concentração do lodo excedente (BARBOZA; AMORIM, 2015).

Os tratamentos anaeróbios, apesar de serem relativamente eficientes, ainda necessitam de tratamentos auxiliares ou secundários devido não conseguirem degradar toda matéria orgânica presente no esgoto. é desejável que o processo auxiliar seja com baixo ou zero consumo de energia visando a economia e rentabilidade. Devido a isso é muito comum encontrar processo primário via RALF e processo secundário via Filtros Biológicos Aeróbios em muitas estações, pois essa combinação vem se mostrando eficiente no tratamento de esgotos.

Os filtros biológicos aeróbios podem também ser chamados de leito percoladores. Esse nome se dá devido o seu sistema possuir um material filtrante que funciona como um “recheio” podendo ser pedra brita, por exemplo. São nessas pedras que os microorganismos se fixam para fazer a degradação da matéria orgânica através da percolação em fluxo descendente (AISSE, et all, 2000, P. 1). Devido o sistema ser aeróbio, os microorganismos presentes no meio necessitam de oxigênio para sua sobrevivência, obrigando o sistema possuir um sistema de aeração.

A Figura 2 representa o filtro biológico que é utilizado em uma das estações de tratamento de esgoto da cidade de Ponta Grossa.

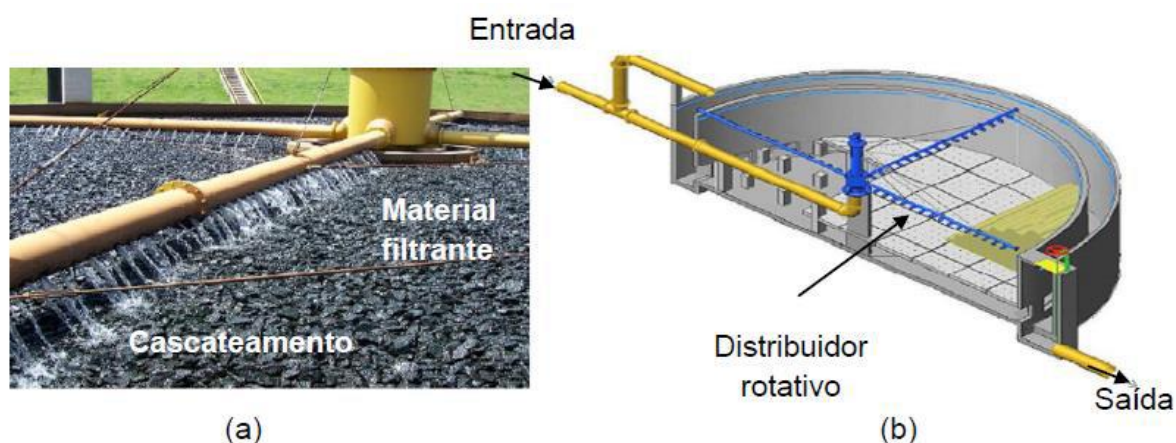


Figura 2 – Ilustração do filtro biológico instalado na ETE – Cará Cará

O funcionamento desses filtros é baseado na entrada do esgoto pela tubulação, sendo está ligada a distribuidores rotativos que distribuem todo o esgoto de maneira uniforme no recheio. O recheio utilizado pela SANEPAR é a pedra brita numero 4, e é nesse recheio que as bactérias se fixam para degradar a matéria orgânica restante no esgoto. Todo lodo gerado por esse sistema é decantado.

Esses filtros também possuem um sistema de drenagem que faz tanto a coleta do liquido já percolados, como também permite a circulação do ar através do leito. Os líquidos coletados são encaminhados a um decantador que tem como função separar os sólidos do efluente final (AISSE, et all, 2000, P. 1). A circulação de ar dentro do sistema é de extrema importância pois as bactérias degradadoras desse sistema são aeróbias e necessitam de oxigênio para sua sobrevivência.

Diversos são os parâmetros que devem ser analisados quando se trata de tratamento de esgoto. São eles: demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, sólidos sedimentáveis, sólidos solúveis totais, pH, nitrogênio, fósforo, carbono orgânico total (COT) e surfactantes. Todos esses indicadores possuem parâmetros de lançamento após receberem o tratamento, e esses parâmetros são regidos por alguns órgãos. Os órgãos responsáveis que determinam os padrões de lançamento é o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) a nível federal e a Secretaria de Meio Ambiente 021 (SEMA 021). A tabela 1 representa os padrões exigidos pela legislação:

PARÂMETROS	CONAMA 430	SEMA 021
DBO	Redução mínima de 60%	90 mg.L ⁻¹
DQO	-	225 mg.L ⁻¹
Óleos vegetais e gorduras animais	-	50 mg.L ^{-1*}
Óleos minerais	-	20 mg.L ^{-1*}
Sólidos sedimentáveis	< 1mL.L ^{-1*}	-
Sólidos suspensos	-	-
Ph	Entre 5 e 9*	-
Temperatura	< 40°C*	-
Materiais flutuantes	Ausente*	-

Fonte: Resolução CONAMA 430 (2011) e Resolução SEMA 021 (2009)

Tabela 1 – Padrões de lançamento de efluentes aos corpos hídricos

Dentre todos os parâmetros que devem seguir a legislação, apenas a DBO e a DQO foram estudadas mais profundamente neste trabalho.

A DBO é a retirada do oxigênio da água através de bactérias aeróbias que tiram suas fontes de vida e energia do oxigênio. Trata-se de um parâmetro que mede a capacidade de um determinado efluente ser decomposto através das bactérias aeróbias presentes no meio. A consequência desse processo é o consumo de energia (BARBOSA, 2003). Esse indicador mede a quantidade de oxigênio consumida para degradar a matéria orgânica, sendo ele o mais empregado para medição da poluição do meio.

A DQO é usada para indicar o conteúdo orgânico das águas residuais e superficiais. Esse indicador avalia o quanto de oxigênio dissolvido (OD) consumido em meio ácido que leva a degradação da matéria orgânica (SOUZA, 2015).

O principal objetivo do trabalho foi analisar a eficiência do tratamento de esgoto na ETE, comparando os resultados obtidos com a legislação vigente. Os resultados também foram comparados com outros trabalhos realizados em outras ETE's da cidade que possuem tratamento de esgoto diferenciado (composto de RALF e lagoa de estabilização) e também com trabalhos realizados em ETE's que possuem o mesmo sistema de tratamento da ETE Gertrudes. Os parâmetros analisados foram a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO).

2. Metodologia

O estudo foi realizado em uma estação de tratamento de esgoto da SANEPAR chamada Gertrudes que se localiza no bairro Schangrilá no município de Ponta Grossa. A pesquisa teve início na metade do ano de 2015, sendo finalizada na metade do ano de 2016. O corpo hídrico

receptor desta estação é o Arroio Gertrudes, afluente do Rio Taquari, sendo esse pertencente ao Rio Tibagi. O valor médio de lançamento da ETE Gertrudes é 21 L/s.

A ETE Gertrudes iniciou sua operação em 2003 e possui uma vazão nominal de 30 L/s, atendendo aproximadamente 7% da cidade de Ponta Grossa (aproximadamente 7 mil imóveis). É constituída de estação elevatória de esgoto bruto, tratamento preliminar e biológico, reator do tipo RALF e filtro biológico aeróbio. No ano que a pesquisa se sucedeu, esta estação estava passando por reformas e ampliações a fim de dobrar a sua capacidade de vazão nominal.

Para a pesquisa foram realizadas coletas mensais entre os meses de novembro de 2015 a abril de 2016, totalizando seis coletas. A amostragem foi realizada no pós gradeamento, antes da entrada do reator RALF e na saída do filtro biológico aeróbio, ambas realizadas no mesmo dia.

As amostras foram coletadas em baldes específicos e transferidas para frascos de polietileno. Os frascos com as amostras foram ensacados e colocados em caixa de isopor com gelo. As amostras foram mantidas resfriadas durante todo trabalho de campo para minimizar a atividade biológica.

As análises realizadas neste trabalho fazem parte dos parâmetros físico-químicos para avaliação da qualidade do tratamento de esgoto. Para comparação dos resultados utilizaram-se valores registrados em literatura técnica e padrões determinados por legislação vigentes de lançamento de efluentes sanitários.

Para determinação dos parâmetros DQO e DBO utilizou o equipamento *Pastel UV – Secomam* sendo todas as análises realizadas em triplicada. Esse equipamento é de origem francesa e atua como um espectrofotômetro analisador de qualidade de águas e efluentes. As informações obtidas pelo aparelho são de origem quantitativa onde é feito uma estimativa da concentração de parâmetros monitorados em tempo real de acordo com o dispositivo de calibração e de origem qualitativa onde o espectro da amostra é comparado com o modelo digital interno.

O equipamento também faz comparação do perfil da amostra com o tipo de água selecionado, podendo ser água ou efluente, completando assim os dados quantitativos. Isso permite com que os dados quantitativos se tornem válidos e detecta a presença de poluentes químicos. O equipamento trabalha com faixa espectral de 200 a 320 nm e possui dois caminhos óticos de 5 e 10 mm.

3. Resultados e Discussão

Diversos são os fatores que podem ter influenciado nos resultados das análises. Dias muito chuvosos tornam o esgoto mais dissolvido, assim como dias muito secos fazem com que o esgoto fique mais concentrado, influencias como horário da coleta, redes de esgoto industriais ligadas clandestinamente ao sistema coletor, entre outros.

A partir dos resultados encontrados é possível fazer uma comparação com a legislação e com outros trabalhos já realizados e poder concluir a eficiência de tratamento da estação Gertrudes. Os valores apresentados são referentes ao Esgoto Bruto (EB) e ao Esgoto Tratado (ET).

3.1 Demanda Química de Oxigênio

A Tabela 2 a seguir apresenta os valores encontrados através de análises para demanda química de oxigênio tanto para EB quanto para ET:

Coleta	Data	Esgoto Bruto (mg/L)	Esgoto Tratado (mg/L)	Eficiência de Tratamento (%)
1	20/11/2015	154,7	126,3	18,35
2	23/12/2015	738,3	191,5	74,06
3	29/01/2016	673,3	162,6	75,85
4	19/02/2016	631,7	168,7	73,29
5	23/03/2016	695	149,5	78,48
6	19/04/2016	1166,7	165,3	85,83
Média		676,61	160,65	67,64%

Fonte: Autoria própria (2016)

Tabela 2 – Valores de DQO para esgoto bruto e tratado e eficiência de tratamento

Para a DQO, a legislação SEM 021/09 delimita o valor de 225 mg/L. Analisando a média final dos resultados, e também os resultados encontradas em todas as análises de esgoto tratado pode-se dizer que para remoção de DQO o sistema mostrou eficiência de 67,64% atendendo a legislação aplicada.

Segundo Haandel e Lettinga (1194), a maior parte da remoção de DQO se dá no reator RALF, sendo este capaz de atingir uma remoção de 65% a 80% da taxa de DQO presente no esgoto. com isso, apenas 1/3 da DQO presente no esgoto bruto seguiria para filtro biológico aeróbio.

Em um trabalho realizado por Machado Filho (2015) na ETE Cara-Cará que possui o mesmo sistema de tratamento da ETE Gertrudes, os resultados dos valores médios de DQO no esgoto foram de 113,6 mg/L, obtendo uma eficiência de remoção de 92%. Ele atribui a eficiência de remoção ao tratamento secundário, ou seja, o filtro biológico aeróbio citando a importância de um tratamento secundário em uma ETE.

Devido a elevada média de remoção de DQO de esgoto tratado tanto na estação em estudo quanto na estação em comparação, ambas possuindo o mesmo sistema de tratamento, é possível considerar eficiente um sistema de tratamento preliminar, seguido por reator RALF e filtro biológico aeróbio na remoção de DQO do esgoto.

3.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A Tabela 3 a seguir apresenta os valores encontrados através de análises para demanda bioquímica de oxigênio tanto para EB quanto para ET:

Coleta	Data	EB (mg/L)	ET (mg/L)	Eficiência de Tratamento (%)
1	20/11/2015	62,2	52,6	15,43
2	23/12/2015	176,6	75,75	57,1
3	29/01/2016	200,6	68,2	66,0
4	19/02/2016	162	85	47,53
5	23/03/2016	169,3	72,25	57,32
6	19/04/2016	498,3	79	84,14
Média		211,5	72,13	54,58

Fonte: Autoria própria (2016)

Tabela 3 – Valores de DBO para esgoto bruto e tratado e eficiência de tratamento

Von Sperling (2005) determina faixas médias de eficiências das estações de tratamento de esgoto considerando tratamento através de RALF com pós tratamento composto de filtro biológico aeróbio de aproximadamente 80 a 93% para DBO. Sendo assim, e de acordo com os resultados encontrados a ETE Gertrudes não possui tratamento eficiente para DBO visto que, de acordo com os resultados encontrados, a eficiência média é de 54,58%.

Porém, se for comparar com a legislação vigente SEMA 021 que determina os padrões de lançamento para esgoto tratado e que diz que a quantidade de DBO na amostra final deve ser menor que 90 mg/L. Portanto, como a média do esgoto tratado foi de 72,13 mg/L e todos os resultados encontrados em cada análise foram menores que 90 mg/L é possível afirmar que a ETE atende a legislação.

A ETE Cara-Cará que possui o mesmo sistema de tratamento da ETE Gertrudes também mostrou eficiência de tratamento na remoção de DBO, visto que a média final do esgoto tratado foi 57,8 mg/L, resultando em uma eficiência média de 90%.

Schoenhals et al., (2007) em um estudo realizado utilizando RALF para tratamento de efluentes monitorou o Tempo de Detenção Hídrica (TDH) e mostrou, que nesse período de monitoramento o TDH estava abaixo do valor de projeto do sistema. Isso não é recomendado pois acarreta uma sobrecarga no sistema causando a queda da eficiência do tratamento.

Um baixo TDH faz com que os microorganismos não tenham tempo de ação adequado para digestão da matéria orgânica presente no efluente e, portanto, a não adequação aos parâmetros do processo, afetando diretamente a eficiência de parâmetros físico-químicos de remoção, nesse caso a DBO.

Parâmetros como DQO e DBO são indispensáveis em estudos de caracterização de esgoto sanitários e tornam-se muito úteis quando utilizadas conjuntamente, onde é possível observar a biodegradabilidade dos esgotos, sendo os valores de DQO superiores aos de DBO (CETESB, 2016).

Segundo Metcalf & Eddy (2003) a relação DBO/DQO atua como um indicativo desta biodegradabilidade do efluente. Altos valores desta razão indicam que a fração biodegradável é elevada. Para efluentes domésticos essa razão está na faixa de 0,3 a 0,8, onde valores acima de 0,5 indicam que o esgoto é facilmente tratável biologicamente. Já valores $\leq 0,3$ indicam que o esgoto pode estar contaminado com elementos tóxicos ou componentes que possuem baixa biodegradabilidade necessitando de tratamentos físico-químicos adicionais.

A Tabela 4 mostra essa razão entre DBO/DQO das coletas analisadas:

COLETA	DIA	DBO/DQO
1	20/11/2015	0,4020
2	23/12/2015	0,2391
3	29/01/2016	0,2979
4	19/02/2016	0,2564
5	23/03/2016	0,2435
6	19/04/2016	0,4271
MÉDIA		0,311

Fonte: Autoria Própria (2016)

Tabela 4 – Relação DBO/DQO

A média dos resultados foi maior que 0,3 o que caracteriza o esgoto como facilmente biodegradável. Porém, se analisar os valores individualmente, a maioria apresenta valores menores que 0,3 caracterizando um efluente com baixo grau de biodegradabilidade, necessitando assim de tratamentos adicionais devido ao fato desse efluente possuir chances de estar contaminado.

4. Conclusão

A partir dos resultados analisados é possível concluir que a estação de tratamento de Esgoto Gertrudes é eficiente na remoção de DQO e DBO no esgoto tratado, visto que ambos os parâmetros estão dentro dos padrões exigidos pelas legislações vigentes. Também é possível concluir que o conjunto reator RALF e filtro biológico aeróbio formam um sistema eficiente de remoção desses parâmetros.

Outro ponto a se concluir é que o RALF necessita de um tratamento complementar, pois esse sistema não consegue ser eficaz individualmente.

Os resultados encontrados foram satisfatórios no cumprimento da legislação.

Referências

AISSE, Miguel Mansur et al. I-108 - Avaliação do sistema reator UASB e filtro biológico para o tratamento de esgoto sanitário. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27., 2000, Porto Alegre. I-108 - Avaliação do sistema reator UASB e filtro biológico para o tratamento de esgoto sanitário. Porto Alegre: Qualitymark, 2000. p. 1 - 9.

BARBOSA, João Marcelo do Nascimento. “Estudo do comportamento da DBO em suporte aeróbio de oxigênio puro”. Coeficientes cinéticos e Fatores de correlação”. 2003. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2003.

BARBOZA, Marcio Gomes; AMORIM, Eduardo L. C. de. Tratamento anaeróbio de esgotos através de reatores do tipo uasb. Disponível em: <[http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/Reatores UASB v2.pdf](http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/Reatores%20UASB%20v2.pdf)>. Acesso em: 17 maio 2015.

BARÉA, Luis César. RALF, Reator Anaeróbio de Manto de Lodo e Fluxo Ascendente reduzindo custos e economizando energia no Tratamento de Esgotos. Disponível em: <[http://www.sanepar.com.br/sanepar/calandrakbx/filesmng.nsf/1B9DF09C9EAE4D2B832573760042EB40/\\$File/APRESENTAÇÃO_RALF_SANEPAR -.pdf?OpenElement](http://www.sanepar.com.br/sanepar/calandrakbx/filesmng.nsf/1B9DF09C9EAE4D2B832573760042EB40/$File/APRESENTAÇÃO_RALF_SANEPAR-.pdf?OpenElement)>. Acesso em: 17 maio 2015.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguassuperficiais/aguasinteriores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas/carbono_organico_dissolvido_e_carbono_organico_total.pdf>. Acesso em 10 mar. 2016

CHERNICHARO, C. A. L. et al. Influência da alteração e da distribuição do tamanho de partículas no desempenho de reator UASB no tratamento de esgoto doméstico. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 159-166, abr./jun. 2009.

HAANDEL A. V.; LETTINGA, G. Tratamento anaeróbio de esgotos - um manual para regiões de clima quente. Campina Grande; Guerreiro e Catunda, 1994.

JURGENSEN, Décio et al. Tratamento Biológico Anaeróbio. Curitiba: Sanepar, 2005.

MACHADO FILHO, José Geraldo. Tratamento biológico de esgoto sanitário composto por reator anaeróbio de leito fluidizado e filtro percolador com inserção de uma etapa intermediária de aeração. 2015. 59 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2015.

METCALF & EDDY. Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse. 3 ed. New York, McGraw - Hill Book, 1991. 1334 p.

SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná), 2005. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/sanepar/tratamento>>. Acesso em 08 jun. 2015

SCHOENHALS, M.; FRARE, L. M.; SARMENTO, L. A. V. Análise do Desempenho de Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo no Tratamento de Efluentes da Suinocultura. *Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal*, v. 4, p. 005-023, jan/jun 2007.

SOUZA, Liria Alves de. Demanda Química de Oxigênio. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/quimica/demanda-quimica-oxigenio.htm>>. Acesso em: 17 maio 2015.

VON SPERLING, M. Princípios de tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005. 425p