

Avaliação da eficiência do sistema de tratamento de efluentes de uma indústria de celulose e papel kraft

Selesia Magnanti (UNOESC) selesiamagnanti@hotmail.com
José Carlos Azzolini (UNOESC) jose.azzolini@unoesc.edu.br
Andrei Bonamigo (UNOESC) andreibonamigo@gmail.com

Resumo:

A indústria de celulose e papel é responsável pela geração de grandes volumes de efluentes, que se não tratados adequadamente, podem causar sérios danos aos corpos receptores, uma vez que são ricos em matéria orgânica, portanto há necessidade de acompanhamento da eficiência dos sistemas de tratamentos desta natureza. Este trabalho contemplou um estudo experimental, relacionado com o monitoramento da eficiência do sistema de tratamento de efluentes por lodos ativados de uma indústria de celulose e papel, por meio de análises de parâmetros físico-químicos do efluente. For industrial effluents must comply with the standards established by current legislation: CONAMA Resolution No. 430, of May 13, 2011 and Law No. 14.675, of April 13, 2009. Para avaliar o desempenho do sistema de tratamento foram coletas amostras dos efluentes para análise em laboratório em três pontos: efluente bruto, saída do decantador secundário e saída final do sistema de tratamento. Após o estudo realizado comprovou-se que os parâmetros analisados estão em conformidade com os padrões estabelecidos pelas legislações em vigor, bem como, comprovou-se que o sistema está operando com eficiência média 83% em relação aos parâmetros de qualidade, DQO, DBO, nitrogênio total, ferro total, fósforo total, fenol, cianeto, sulfeto, sólidos suspensos e sólidos sedimentáveis.

Palavras chave: Celulose e Papel, Parâmetros de Qualidade, Efluente.

The efficiency evaluation of the effluent treatment system in a cellulose and Kraft paper industry

Abstract

The pulp and paper industry is responsible for the large volumes of effluents, which if not properly treated can cause serious damage to the recipient bodies since they are rich in organic matter, so there is a need to monitor the treatment nature systems efficiency. This work included an experimental study, related to the effective monitoring for the effluent treatment system by activated sludge from a pulp and paper industry, by means of physical analyzes and effluent chemical. To evaluate the performance of the treatment system, effluent samples were collected for laboratory analysis at three points: crude effluent, the outlet of the secondary settler and final exit of the treatment system. After the study, it was verified that the parameters analyzed are in compliance with the standards established by the current legislation, as well as, it was verified that the system is operating with an average efficiency of 83% in relation to quality parameters, COD, BOD, total nitrogen, total iron, total phosphorus, phenol, cyanide, sulfide, suspended solids, and sediment able solids.

Key-words: Pulp and Paper, Quality Parameters, Effluent.

1. Introdução

A escassez de recursos hídricos vem aumentando cada dia mais, assim o tratamento de efluentes tem sido considerado em projetos de Parques Industriais com o objeto de reaproveitamento deste recurso (AZEVEDO e CERQUEIRA, 2018). Nesse sentido, o tratamento de efluentes para adequação aos padrões legais de lançamento, tem sido uma grande preocupação da indústria de celulose e papel, que gera grande quantidade de efluentes com elevada carga orgânica.

O despejo de tais efluentes de maneira inapropriada e em desacordo com o que regem as legislações vigentes, geram alterações em corpos hídricos além de impactos no ecossistema e no meio ambiente. “Na indústria de celulose e papel, as características dos efluentes gerados variam de acordo com o tipo de processo produtivo, tipo de madeira utilizada, tecnologia aplicada e quantidade de água utilizada no processo” (BRANDÃO, 2014).

Os efluentes da indústria de papel e celulose, possuem em sua constituição compostos químicos orgânicos e inorgânicos, que são gerados durante o processo de conversão da madeira em celulose ou de aparas de papel em papéis. Segundo Piccoli (2010):

No processo produtivo do papel a etapa de polpeamento é responsável por grande parte do efluente gerado, atribuindo-lhe maior grau de toxicidade. Isto porque na etapa descrita à madeira é cozida em elevadas temperaturas com produtos químicos, com o intuito de obter-se a fibra de celulose, a qual é matéria prima base para produção da folha de papel. Levando em conta ainda que, o meio transporte da celulose durante o processo, geralmente, é a água, bem como no processo de lavagem das fibras após o cozimento, gerando assim grandes volumes de águas residuárias, contendo produtos químicos formando, basicamente, o efluente de uma indústria de papel e celulose.

Diante do exposto, o presente estudo objetiva avaliar a eficiência do sistema de tratamento de efluentes de uma indústria de celulose e papel kraft. A partir dos achados será possível contribuir para prestar suporte na tomada de decisão, bem como assegurar a consistência do tratamento de efluentes da empresa estudada em relação aos regulamentos regulamentadores.

2. Processos de tratamento de efluentes industriais

Existem muitas etapas de tratamento destes despejos, os quais são submetidos a: tratamento preliminar por processos físicos, tratamento primário por processos físico-químicos, tratamento secundário por processos biológicos, e se necessário um tratamento final de polimento. Estas etapas têm por objetivo eliminar as mais diversas substâncias indesejáveis, e possibilitar o seu retorno ao meio ambiente com características sanitárias mais adequadas (ROCHA, 2016).

O tratamento preliminar tem por objetivo preparar o efluente para ser tratado, removendo sólidos grosseiros sedimentáveis ou flutuantes evitando-se assim problemas na rede hidráulica da estação e proporcionando uma boa eficiência nas etapas seguintes. O tratamento primário tem por objetivo remover os sólidos suspensos. O tratamento secundário tem por objetivo remover as substâncias orgânicas presentes no efluente. As lagoas de polimento tem a finalidade de remover os materiais indesejáveis e sais dissolvidos presentes no efluente que são arrastados via decantadores secundários.

Nas lagoas de polimento, predomina um ambiente aeróbio, devido à combinação de menor demanda de oxigênio com maior produção de oxigênio, o que leva à prevalência da fotossíntese sobre a oxidação bacteriana (RODRIGUES et. al, 2009).

Dentre os tipos de tratamentos citados, a etapa mais crítica e também a mais estudada é o tratamento secundário, principalmente os processos biológicos, por lodos ativados e as lagoas aeradas, que também são os tipos de tratamento mais utilizados pela indústria de celulose e papel (ARAUJO, 2013).

2.1 Sistema de tratamento por lodo ativado

Com a necessidade de tratamentos mais eficientes do efluente, devido à crescente regulamentação imposta pelos órgãos fiscalizadores, o sistema de lodos ativados é usado para o tratamento de despejos domésticas e industriais, em situações em que uma elevada qualidade do efluente é indispensável e a disponibilidade de área é reduzida. Todavia, pelo fato de ser implantada uma mecanização superior ao de outros sistemas de tratamento, a manutenção e operação do mesmo são menos simples. Outras desvantagens são o consumo de energia elétrica para aeração e a maior produção de lodo (VON SPERLING, 1997).

Lodo ativado é o floco produzido no efluente bruto pelo crescimento de bactérias zoogleias ou outros organismos, na presença de oxigênio dissolvido, e acumulado em concentração suficiente devido ao retorno de outros flocos previamente formados (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

Conforme Von Sperling (1997), os seguintes itens são partes integrantes e a essência de qualquer sistema de lodos ativados de fluxo contínuo:

- tanque de aeração (reator);
- tanque de decantação (decantador secundário);
- recirculação de lodo;
- retirada de lodo excedente.

A matéria orgânica biodegradável no efluente é removida, pelo processo de lodos ativados, via metabolismo microbológico em presença de oxigênio no tanque de aeração, seguida de uma fase de separação de microrganismos no decantador secundário. Este processo é bastante eficiente na remoção de matéria orgânica, devido a alta concentração de biomassa que se mantém no tanque de aeração, aumentando assim a taxa de consumo do substrato. A alta concentração de biomassa é atingida através da recirculação de biomassa (microrganismos) do decantador secundário para o tanque de aeração (PEREIRA, 2007).

2.2 Parâmetros de controle de qualidade no tratamento de efluentes

“Para que o sistema de tratamento possua uma boa eficiência é necessário que o mesmo seja acompanhado por meio de análises físico-químicas e biológicas, onde se possa então, ter uma visão técnica com relação à qualidade das águas dos efluentes ali tratados” (AZZOLINI; FABRO, 2012).

Os principais parâmetros físico-químicos avaliados na estação de tratamento de efluentes da empresa em estudo são: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), pH, temperatura, fenol, cianeto, sulfeto, nitrogênio total, ferro total, fósforo total sólidos suspensos e sólidos sedimentáveis. O conhecimento dos parâmetros presentes nos efluentes fornece um diagnóstico do potencial impacto ambiental que poderia ser causado pela sua liberação no meio ambiente, por isso, a legislação ambiental impõe limites para a presença ou quantidade destes parâmetros.

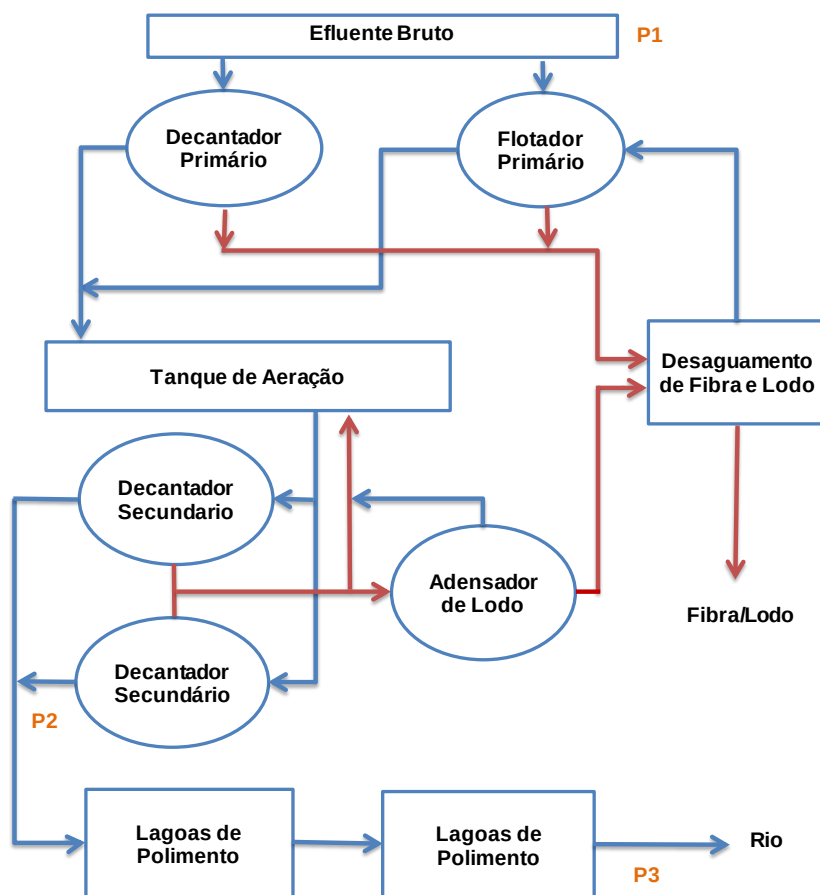
Os padrões de emissão para estes poluentes estão dispostos nas legislações: Resolução CONAMA n° 430, de 13 de maio de 2011 e Lei do Estado de Santa Catarina n° 14.675, de 13 de abril de 2009. Estes são estabelecidos para que possam atestar o bom funcionamento do sistema de tratamento de efluentes, e assim evitar prejuízos ao meio ambiente.

Portanto, este trabalho teve como objetivo determinar a eficiência do sistema de tratamento da empresa papeleira, por meio de análises dos parâmetros físico-químicos, bem como acompanhar e verificar as características da carga orgânica recebida pelo respectivo sistema de tratamento até a qualidade do efluente tratado resultante deste, liberada para o rio receptor, com isso verificar se o sistema está operando em conformidade com padrões estabelecidos pela legislação vigente.

3. Procedimentos metodológicos

O presente estudo foi desenvolvido em uma empresa processadora de celulose e papel localizada no estado de Santa Catarina/Brasil. A empresa fabrica produtos provenientes de base florestal, sendo papel para embalagem, caixas chapas de papelão ondulados e resinas.

Na empresa estudada, o sistema de tratamento de efluentes da unidade é o de lodos ativados com aeração prolongada, composta por um flotador e um decantador primário, um tanque de aeração com quatro sopradores de ar, dois decantadores secundários, um adensador de lodo, dois filtros-prensa para desaguamento de lodo e duas lagoas de polimento conforme o Fluxograma 1.



Fluxograma 1 – Estação de tratamento de efluentes

Fonte: adaptado da empresa em estudo

Pontos de coleta

P1: efluente bruto.

P2: efluente saída decantador secundário.

P3: efluente saída final do tratamento.

O estudo foi realizado durante 10 semanas, sendo que durante este tempo foi realizado um levantamento de dados sobre os parâmetros físico-químicos (DQO, DBO, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Ferro Total, Fenol, Cianeto, Sulfeto, pH, Temperatura, Sólidos Suspensos e Sólidos Sedimentáveis) analisados no laboratório químico da empresa, foram coletadas amostras simples de três pontos do sistema de tratamento, denominadas efluente bruto, saída do decantador secundário e saída final do tratamento.

As análises foram realizadas através do procedimento interno da empresa estudada. A DBO foi obtida através da aplicação do método respirométrico. A DQO foi determinada pelo método de digestão ácida. Os sólidos sedimentáveis foi obtido pelo método volumétrico. Para determinação do fenol utilizou-se o método espectrofotométrico com extração com clorofórmio. O cianeto foi obtido pelo método piridina-pirazalona. O parâmetro fósforo total foi determinado pelo método de digestão com persulfato. O nitrogênio total foi obtido pelo método de persulfato. O sulfeto foi obtido pelo método azul de metileno. O ferro total e sólidos suspensos foram determinados pelo método espectrofotométrico.

Os dados foram planilhados, utilizando o *software* Microsoft Excel. A partir dos mesmos foram elaboradas tabelas a fim de auxiliar na análise das informações, os resultados obtidos pelas análises foram comparados com padrões exigidos pela Resolução Federal do CONAMA nº 430/2011 e Lei Estadual nº 14.675/2009, com o objetivo de verificar se os parâmetros de qualidade do efluente tratado na estação de tratamento da empresa estão em acordo com os padrões estabelecidos pelas legislações vigentes.

2.3 Cálculo de eficiência do sistema

A eficiência do sistema de tratamento da respectiva empresa foi determinada em percentual a partir da média dos resultados dos parâmetros obtidos no primeiro ponto de coleta denominada efluente bruto associada a vazão de entrada do efluente, com a média dos resultados dos parâmetros obtidos no terceiro ponto, denominado saída final do tratamento associada a vazão de saída do efluente, conforme a equação (1):

$$Eficiência = \frac{Parâmetro\ Entrada * Vazão - Parâmetro\ Saída * Vazão}{Parâmetro\ Entrada * Vazão} \quad (1)$$

3. Resultados e discussões

Após a coleta de amostras em determinados pontos na estação de tratamento de efluentes e a realização de seus procedimentos analíticos em laboratório, foram obtidos os seguintes resultados para os parâmetros físico-químicos propostos, fornecendo os subsídios necessários para o cálculo da eficiência do sistema.

A Tabela 1 apresenta os valores médios dos parâmetros, determinados por meio de análise físico-química, bem como a comparação dos mesmos com os padrões de qualidade estabelecidos pelas legislações vigentes.

Parâmetro	Média obtida na empresa Efluente bruto	Média obtida na empresa Saída decantador secundário	Média obtida na empresa Saída final do tratamento	Padrão para efluentes			Eficiência
				CONAMA 430 Art.16	Lei 14.675 - Art. 177	Empresa	
pH	6,75	7,64	7,75	5 a 9	6 a 9	-	19,36%
Temperatura	29,32 °C	23,65°C	21,83 °C	< 40 °C	< 40 °C	-	31,06%
DQO	2682,4 mg/l	379 mg/l	173,16 mg/l	-	-	-	94,02%
DBO	1186,69 mg/l	177,55 mg/l	60,50 mg/l	Remoção de 60%	≤ 60 mg/l	-	95,28%
Nitrogênio Total	13,66 mg/l	9,4 mg/l	5,65 mg/l	-	-	10 mg/l	61,71%
Ferro	1,17 mg/l	0,33 mg/l	0,18 mg/l	-	-	-	85,76%
Fósforo Total	1,69 mg/l	0,95mg/l	0,51 mg/l	-	≤ 4 mg/l	-	72,06%
Fenol	1,12 mg/l	0,11 mg/l	0,09 mg/l	≤ 0,5 mg/l	≤ 0,2 mg/l	-	92,56%
Cianeto	0,08 mg/l	0,05 mg/l	0,02 mg/l	≤ 1 mg/l	-	-	76,85%
Sulfeto	1,37 mg/l	0,71 mg/l	0,53 mg/l	≤1 mg/l	-	-	64,18%
Sólidos suspensos	387,51 mg/l	126,8 mg/l	50,43 mg/l	-	-	50 mg/l	87,95%
Sólidos sedimentáveis	67,77ml/l	0,5 ml/l	0,3 ml/l	≤1 ml/l	-	-	99,59%
Vazão	310 m³/h	310 m³/h	287 m³/h				

Tabela 1- Comparação entre a Resolução CONAMA nº 430/2011 e Lei Estadual nº 14.675/2009 com os resultados médios obtidos durante o estudo.

Para caracterizar o efluente proveniente da indústria de celulose e papel, foram utilizadas a média das análises físico-químicas das 30 amostras simples coletadas do efluente bruto (P1),

saída do decantador secundário (P2) e saída final do tratamento (P3) durante 10 semanas de estudo.

A produção de papel, a partir do processo Kraft, gera um efluente alcalino, devido ao uso de hidróxido de sódio no cozimento da madeira. Porém, analisando a Tabela 1, para o parâmetro pH do efluente nos pontos de coletas predominam valores próximos da neutralidade, permanecendo em conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos pela legislação vigente e sendo satisfatório para o desenvolvimento dos microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica durante a etapa biológica do tratamento. No sistema de tratamento existem pontos de controle de pH do efluente, com dosagens de produtos químicos objetivando manter os valores adequados do referido parâmetro.

Se tratando do parâmetro temperatura, observa-se na Tabela 1 que o valor médio no ponto efluente bruto é próximo a 30°C, favorecendo o crescimento de microorganismos na etapa biológica do tratamento. O valor médio na saída final do tratamento, encontra-se de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação, que permitem valores inferiores a 40°C para lançamento de efluente.

Com relação ao parâmetro DQO, a Resolução CONAMA n° 430/2011 e legislação estadual de Santa Catarina n° 14.675/2009 não estipulam padrões máximos para este parâmetro nos corpos receptores. Porém a empresa, estabelece valor para lançamento de até 180 mg/l, esse valor é necessário devido a DBO para lançamento ser de 60 mg/l, conforme a Resolução CONAMA n° 430. Observa-se na Tabela 1, que no ponto de coleta efluente bruto o parâmetro DQO é elevado aproximadamente 2682,4 mg/l. Isso ocorre devido a grande quantidade de matéria orgânica e inorgânica, que pode ser biodegradável ou não. A lagoa de polimento apresentou uma eficiência média de remoção de DQO de 57,70%. Portanto a eficiência do sistema é de 94% para esse parâmetro em análise, confirmando que o tratamento está sendo eficiente com relação ao referido parâmetro.

Com relação ao parâmetro DBO que retrata a quantidade de oxigênio necessária para os microorganismos biodegradarem a matéria orgânica, pois a presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (AZZOLINI; FABRO, 2012). Conforme a Tabela 1, é possível identificar que no ponto de coleta denominado efluente bruto o mesmo apresenta concentração de DBO alta aproximadamente 1186,69 mg/l, devido a elevada carga orgânica presente no efluente.

No entanto para o parâmetro DBO, no ponto de medição saída final do sistema de tratamento, ponto 3, o valor médio é de aproximadamente 60 mg/l. Conforme a Resolução CONAMA n° 430, a remoção mínima deve ser de 60% de DBO para o lançamento de efluentes, portanto o sistema de tratamento da empresa em estudo possui parâmetro DBO em conformidade com os padrões estabelecidos na referida Resolução, pois o valor médio encontrado para a eficiência de 95% para esse parâmetro. A lagoa de polimento apresentou uma eficiência média de remoção de DBO de 68,71%.

Para o parâmetro nitrogênio total a Resolução CONAMA n° 430 e a Lei n° 14.675, não estabelecem concentração máxima. Porém a empresa, estabelece concentração máxima de 10 mg/l como padrão interno da empresa para lançamento de efluente no rio receptor. Observando os valores médios da Tabela 1 nota-se que a eficiência média do tratamento é de 61% para o mesmo, e a lagoa de polimento apresentou uma eficiência média de 44,35%, considerado satisfatório para os padrões da empresa.

Referindo-se ao parâmetro ferro total a Resolução CONAMA n° 430 e a Lei n° 14.675, não estabelecem concentração máxima. Porém a empresa, realiza o controle deste parâmetro em favor de exigências do órgão estadual, Instituto de Meio Ambiente do Estado Santa Catarina (IMA). Conforme a Tabela 1, a lagoa de polimento apresentou uma eficiência média de 49,50% e a eficiência média do tratamento é cerca de 85%, sendo esta considerada satisfatória.

Com relação ao parâmetro fósforo total, o mesmo considerado nutriente essencial no tratamento biológico para o crescimento dos microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. Em relação ao ponto de coleta saída final do tratamento, a Resolução CONAMA n° 430 não estabelece concentração máxima para o lançamento de efluentes. Já a lei n° 14.675 estabelece uma concentração máxima de 4 mg/l. Observando a Tabela 1, verifica-se que a eficiência média do tratamento é de 72% para o parâmetro em análise, apresentando valores abaixo dos exigidos pela legislação em vigor, a lagoa de polimento apresentou uma eficiência média de 50,30%, não comprometendo as características do corpo receptor.

Se tratando do parâmetro fenol, nota-se na Tabela 1 que no sistema de tratamento da empresa estudada apresenta valores baixos aproximadamente 0,09 mg/l no ponto de medição saída final do tratamento e se encontra em conformidade com os padrões estabelecidos pelas legislações vigentes. A eficiência média do sistema de tratamento é cerca de 92% para esse parâmetro, portanto o tratamento está sendo eficaz em relação ao parâmetro fenol.

Nos pontos de coleta abordados durante o período de estudo, o parâmetro cianeto apresentou baixas concentrações. A Resolução CONAMA n° 430 estabelece concentração máxima de 1 mg/l. Observando a Tabela 1, verifica-se que a eficiência média do tratamento é de 76% para o parâmetro cianeto, apresentando valores em conformidade com os padrões estabelecidos em resolução.

Na produção de polpação Kraft ocorre a formação de líquidos com alta concentração de compostos inorgânicos, contendo enxofre. Com relação ao parâmetro sulfeto, verificando-se a Tabela 1, nota-se que este parâmetro apresenta um valor de 1,75 mg/l no ponto de coleta denominado efluente bruto e após o tratamento baixando para 0,71 mg/l no ponto de coleta saída final do tratamento, portanto verifica-se que o sistema opera com eficiência de 64%, estando em conformidade com a Resolução CONAMA n° 430 estabelece limite máximo de sulfeto em 1 mg/l.

Se tratando do parâmetro sólido suspensos, observando a Tabela 1, verifica-se que este parâmetro apresenta um valor de 387,51 mg/l no ponto de coleta denominado efluente bruto. Isso ocorre devido ao efluente não ter sido submetido a etapa primária do tratamento para sua remoção e após o tratamento final baixando para 50 mg/l. As legislações vigentes não estipulam padrões máximos para este parâmetro nos corpos receptores. Porém a empresa, estabelece concentração máxima de 50 mg/l como padrão interno da empresa para lançamento de efluente no rio receptor. Portanto verifica-se que a lagoa de polimento apresenta eficiência média de 63,35% e a eficiência média do tratamento é de aproximadamente 88% para o parâmetro em análise, comprovando elevada eficácia do sistema de tratamento para o parâmetro em questão.

Referindo-se ao parâmetro sólido sedimentáveis que é a indicação da presença materiais em suspensão com densidade maior que a água, que sedimentam por ação da gravidade. Quanto aos resultados, verificando a Tabela 1 para o parâmetro em análise no ponto de coleta efluente bruto apresenta um valor de 67,77 ml/l e após o tratamento baixando para 0,3 ml/l. De acordo com a resolução CONAMA n° 430 que estabelece limite máximo de 1 ml/l e deve estar isento de materiais flutuantes para o lançamento de efluentes, o valor encontrado para o ponto de

coleta saída final do tratamento atende os requisitos exigidos pela resolução. A eficiência média do tratamento é de aproximadamente 99% para o parâmetro em análise, comprovando elevada eficácia do sistema de tratamento para o parâmetro em questão.

4. Considerações finais

O presente estudo objetivou avaliar a eficiência do sistema de tratamento de efluentes de uma indústria de celulose e papel kraft. A partir deste estudo foi possível analisar o sistema de tratamento da empresa e determinar sua eficiência. Verificou-se que os parâmetros pH, temperatura, DBO, fósforo total, fenol, cianeto, sulfeto e sólido sedimentáveis estão de acordo com a Resolução CONAMA n° 430 e com a legislação de Santa Catarina, lei n° 14.675 para lançamento de efluentes no corpo receptor. Para os parâmetros DQO, nitrogênio total, ferro total e sólido suspensos as legislações vigentes não estipulam padrões de lançamento. No entanto, estão de acordo com os padrões estabelecidos pela norma interna da empresa.

Por meio dos resultados obtidos das análises físico-químicas, a eficiência global do sistema de tratamento foi de aproximadamente 83%, sendo considerada satisfatória, demonstrando que a empresa em estudo busca atender aos padrões de qualidade exigidos em legislação para lançamento no corpo receptor, colaborando para a preservação e a conservação do meio ambiente.

Baseado neste estudo, pode-se constatar que os resultados obtidos podem contribuir para a tomada de decisão, bem como servir de indicador da empresa no que comunga o monitoramento da adequabilidade da eficiência do sistema de tratamento de efluentes da empresa estudada.

Referências

ARAÚJO, José Eduardo. *Processos de tratamento terciário para redução da DQO e cor dos efluentes de uma fábrica integrada de celulose kraft branqueada e papel.* Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Celulose e Papel) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013. 55 p.

AZEVEDO, Izabella Maria Antonia Pinto De; CERQUEIRA, Paula Teixeira Pedreira De. Eficiência de um filtro prensa e análise por campo de risco em uma estação de pré-tratamento de efluentes industriais, 2018.

AZZOLINI, José Carlos; FABRO, Lucas Fernando. *Controle da eficiência do sistema de tratamento de efluentes de uma indústria de celulose e papel da região meio oeste de Santa Catarina.* Unoesc & Ciência – ACET, Joaçaba, v. 3, n.1, p. 75-90, jan./jun. 2012.

BRANDÃO, Marina Domingos. *Avaliação operacional da estação de tratamento de efluentes de uma indústria de papel.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014. 75 p. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3836/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

BRASIL. Resolução Conama n. 430, de 13 de maio de 2011. *Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n.357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.* Diário Oficial da União, Brasília, DF: 16 maio 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res43011.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2018.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. *Tratamento de Esgotos Domésticos.* 5. ed. Rio de Janeiro, 2009. 940 p.

PEREIRA, Renata Oliveira. *Combinação de tratamento biológico aeróbio com processos oxidativos avançados visando intensificar a remoção de matéria orgânica em efluentes da indústria têxtil e de celulose kraft.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007. 80 p.

PICCOLI, Vagner. *Avaliação da eficiência na remoção da toxicidade dos efluentes oriundos de estação de tratamento de uma fábrica integrada de celulose e papel utilizando como organismo teste daphnia magna.* 2010. 60 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba, 2010.

ROCHA, Katia Macario et al. *Monitoramento e avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de uma estação de tratamento de efluentes com sistema de lodos ativados em uma agroindústria no meio oeste de Santa Catarina.* Revista de Engenharia Civil IMED, v. 3, n. 1, p. 25-36, jan./jun. 2016.

RODRIGUES, L. S. et al. *Avaliação de desempenho de lagoa de polimento para pós-tratamento de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento de águas residuárias de suinocultura.* Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.61, n.6, p.1428-1433, 2009.

SANTA CATARINA. *Lei n. 14.675, de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências.* Diário Oficial de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 13 abr. 2009. Disponível em:
<http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/20_12_2013_14.30.40.b479cb7a256a963c9e0bbf87bd860d38.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2018.

SPERLING, Marcos Von. *Lodos ativados.* 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG, 1997. 415 p.