

EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL POR LODO ATIVADO DE AERAÇÃO PROLONGADA: ANÁLISE DE UMA EMPRESA DE BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS NO PERÍODO DE 2015 A 2017

Palloma Damascena Morais ¹
Prof.^a Dr.^a Elisângela Maria Rodrigues Rocha ²

RESUMO

Os efluentes industriais são alvo de preocupação quanto ao seu tratamento e ao seu despejo em corpos d'água. Com isso, é importante que se tenha um controle e monitoramento da estação de tratamento por meio dos parâmetros de qualidade. Assim, o objetivo do estudo foi analisar a eficiência da estação de tratamento de efluentes, por sistema de lodos ativados de uma empresa de bebidas não alcoólicas localizada na região metropolitana de João Pessoa/PB. Analisou-se entre o período de janeiro de 2015 a abril de 2017, dados dos parâmetros físico-químicos de entrada e saída do efluente, tais como: alcalinidade e acidez total, nitrogênio e fósforo total, oxigênio dissolvido, DBO e DQO, como também o potencial poluidor em carga orgânica pelo equivalente populacional. Com base nos resultados, concluiu-se que o sistema se mostrou bastante eficiente na remoção da DBO, DQO nitrogênio e fósforo total. O potencial poluidor da empresa, através do equivalente populacional, apresentou que a empresa representa uma média de 90.000 habitantes em relação a DBO.

Palavras-chave: lodo ativado, aeração prolongada, efluente industrial.

INTRODUÇÃO

O tratamento das águas residuárias é de suma importância tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente. O destino adequado dos efluentes proporciona conforto estético, promoção dos hábitos de higiene da população, evita propagação de doença e vetores, preserva os mananciais e reduz custos com o tratamento de água. Além dos esgotos domésticos, os efluentes industriais, de maneira geral, são alvo de preocupação quanto ao seu tratamento e ao seu despejo em corpos d'água.

A preocupação com a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos, fez com que surgisse uma pressão a nível mundial sobre as atividades potencialmente poluidoras, para que as mesmas tomassem medidas de precaução e remediação quanto à geração de seus efluentes oriundos dos processos industriais. Juntamente com essa exigência global, os órgãos ambientais

¹ Mestranda do Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, pallomamorais92@hotmail.com;

² Prof.^a Dr.^a do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – UFPB, elis_eng@yahoo.com.br (Orientadora).

criaram leis e medidas de execução mais rígidas para proteger e garantir a perenidade dos recursos naturais.

No Brasil, têm-se a Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005, que além de classificar os corpos de água em doces, salobras e salinas, também elabora o seu enquadramento. E a Resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, onde estabelece as condições e padrões, trabalhando com limites individuais para cada substância e o seu devido monitoramento pelo poder público.

A presente pesquisa teve como objetivo, analisar a eficiência físico-química da estação de tratamento de efluente industrial por sistema de lodo ativado e relacioná-lo com seu equivalente populacional.

O objeto de estudo foi a estação de tratamento de esgoto de uma empresa de água mineral e refrigerantes. A mesma é localizada na zona rural de Santa Rita, região metropolitana de João Pessoa, onde o sistema de tratamento é o processo de lodos ativados. Além dos efluentes gerados pelo processo industrial, a estação de tratamento recebe os despejos domésticos do refeitório, banheiros e da vila de trabalhadores. A região da zona rural da cidade de Santa Rita, onde se encontra a empresa do presente estudo, está localizada em um berço de águas minerais e está inserido nos domínios das bacias hidrográficas dos rios Paraíba, Miriri e Gramame. E um dos seus tributários é o rio Mumbaba, corpo hídrico que recebe os efluentes tratados na estação de tratamento industrial- ETEI (CPRM, 2005). Com isso, é de extrema importância que se tenha um controle e monitoramento da estação por meio dos parâmetros de qualidade.

METODOLOGIA

A pesquisa teve como objeto de estudo, a Estação de Tratamento de efluente industrial (ETEI) de uma empresa do ramo de água mineral e refrigerantes, que recebe além dos efluentes gerados do processo industrial, os efluentes domésticos oriundos do refeitório e banheiros, como também os efluentes de uma vila de trabalhadores, composta por cerca de 16 famílias.

Foi realizado um levantamento das análises quinzenais e mensais da Estação de Tratamento de efluente industrial (ETEI) de uma empresa do ramo de água mineral e refrigerantes, durante o período de dois anos e quatro meses, correspondente a janeiro de 2015 até abril de 2017.

A caracterização físico-química do efluente foi realizada periodicamente no próprio laboratório da empresa em estudo, de acordo com o Standard Methods for the Examination of

Water and Wastewater (APHA, 2005), NBR 12614 e o manual do aparelho de fotômetro. Os parâmetros determinados e os respectivos métodos utilizados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros e métodos utilizados para a caracterização do efluente industrial

Parâmetro	Método
Alcalinidade Total	Titulação
Acidez Total	Titulação
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Incubação (20°, cinco dias)
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Fotômetro
Fósforo Total	Fotômetro
Nitrogênio Total	Fotômetro
Oxigênio Dissolvido (OD)	Titulação

Fonte: próprio autor, 2017

Para verificar a eficiência do sistema, optou-se pelo programa R para plotar gráficos do tipo boxplot. Este tipo de gráfico fornece a distribuição do conjunto de dados com base em seus parâmetros: mediana, primeiro quartil (Q1), terceiro quartil (Q3), valores mínimos (Vmin) e máximos (Vmax), assim, permitindo uma análise do comportamento dos dados como um todo. Os dados utilizados foram os valores de cada parâmetro dos pontos de entrada e saída da estação de tratamento de efluentes industrial (ETEI).

Além da eficiência do sistema, calculou-se a estimativa da carga poluidora da indústria, onde a carga de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) expressa em termos de massa (poluente) por unidade de tempo, e foi calculada através da equação 1:

$$carga\ de\ DBO\ (kg/dia) = \frac{concentração(\frac{g}{m^3}) \cdot vazão(\frac{m^3}{dia})}{1000(\frac{g}{kg})} \quad \text{Equação 1}$$

A concentração é referente a DBO dos despejos, neste caso, foram utilizados os valores médios de saída mensal fornecidos pela empresa. Após o resultado da obtenção da carga de DBO lançada pela indústria, calculou-se o equivalente populacional (E.P.) de DBO, através da equação 2:

$$E.P. = \frac{carga\ de\ DBO\ da\ indústria\ (\frac{kg}{dia})}{0,054\ (kg/(hab.dia))} \quad \text{Equação 2}$$

O valor 0,054 (kg/hab.dia) refere-se à contribuição per capita de DBO₅ por habitante por dia, valor adotado na literatura

DESENVOLVIMENTO

A água é um recurso essencial para o desenvolvimento dos ecossistemas naturais e a sobrevivência do ser humano. Possui a capacidade de se renovar continuamente, com cerca de 100 trilhões de toneladas anuais de água, uma vez que evapora dos oceanos, precipitam-se sobre os continentes, infiltram-se nos solos, abastecem lagos e reservatórios, escoam superficialmente e volta para os oceanos, além de retornar para a atmosfera através da evapotranspiração. No entanto, a distribuição da água não é feita uniformemente por todos os continentes, sendo um bem abundante em algumas áreas e escassos em outras (BRANCO, 1993; BRAGA, 2002 apud ABRAHÃO 2006). Portanto, se faz necessário o seu uso racional e um tratamento adequado dos esgotos, para que toda a população tenha acesso a água de qualidade.

Jordão e Pessoa (2009) classificam os esgotos em dois principais grupos que são: os esgotos industriais e os sanitários. Os esgotos industriais são aqueles oriundos de qualquer processo industrial e que apresentam características próprias em função do processo utilizado. Portanto, o processo industrial, o porte e o ramo da indústria, capacidade de produção, idade das instalações, práticas operacionais, cultura adotada pela empresa é que definirá quais as características do efluente e qual será a quantidade de geração de efluentes. Como é o caso do tipo de indústria que foi abordada no presente estudo, dos quais: a indústria de bebidas.

Os efluentes gerados na indústria de bebidas possuem como características: altos teores de açúcares, pH alcalino devido às soluções de limpeza utilizadas e temperatura ambiente. Também apresentam elevada carga orgânica (DBO, DQO e sólidos totais) devido ao açúcar do xarope e dos extratos vegetais utilizados na formulação das bebidas. No entanto, a composição do efluente vai variar de acordo com o processo produtivo, como também, à tecnologia empregada durante as etapas de fabricação das bebidas (FILHO et al, 2013).

Há inúmeras tecnologias e sistemas para o tratamento de efluentes, porém, deve-se levar em consideração quais os objetivos do tratamento, o nível de tratamento o qual se espera atingir e qual será o impacto que o lançamento do efluente tratado poderá causar no corpo hídrico receptor (SCOTTÁ, 2015).

As estações de tratamento de efluentes tem o intuito de remover a carga poluidora dos despejos, envolvendo processos químicos, físicos e biológicos para alcançar o nível de

qualidade desejado. Segundo Jordão e Pessoa (2009), os processos de tratamento dos despejos podem se classificar em físicos, químicos e biológicos.

O sistema de lodos ativados é bastante utilizado no tratamento de efluentes domésticos e industriais, quando se requer uma alta qualidade do efluente e redução de área. Contudo, este sistema exige uma mecanização superior ao de outros sistemas de tratamento, além de necessitar de operação mais tecnológica e maior consumo de energia elétrica. As unidades que integram a etapa biológica do sistema de tratamento são: tanque de aeração (reator), tanque de decantação secundário e sistema de recirculação de lodo (SPERLING, 2012).

Esse sistema pode variar de acordo com a idade do lodo, com a carga de DBO aplicada por unidade de volume. E no sistema de aeração prolongada de fluxo contínuo, a biomassa permanece por um período superior do que o convencional, recebendo a mesma carga de DBO do esgoto bruto. O volume do reator aeróbio é também mais elevado. Conseqüentemente, haverá menos matéria orgânica por unidade de volume do tanque de aeração e também por unidade de biomassa do reator (SPERLING, 2012).

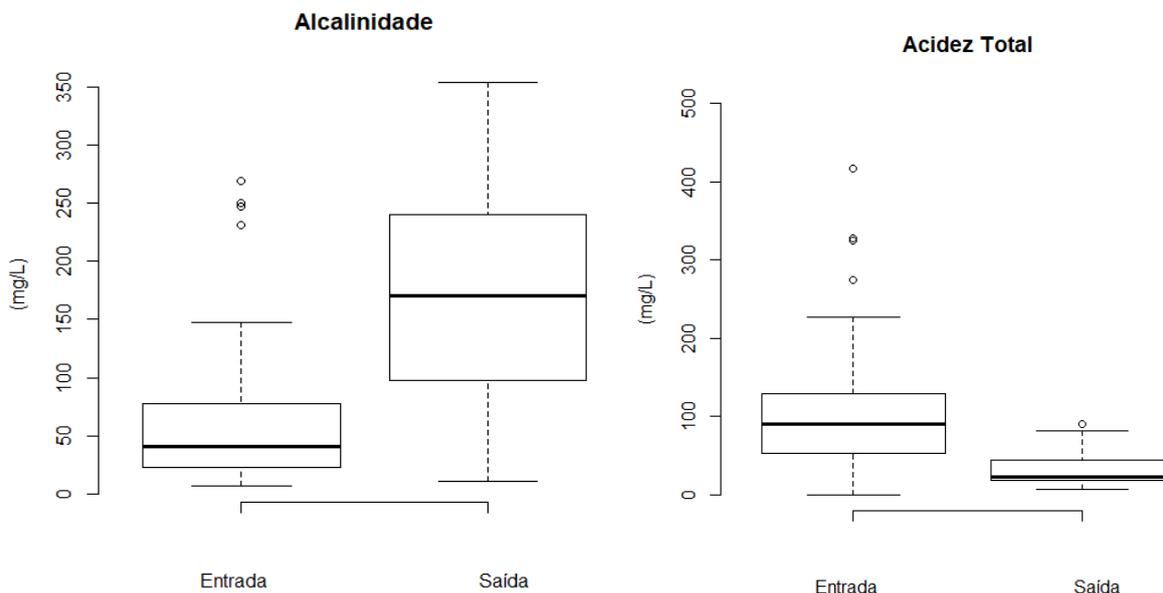
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alcalinidade e acidez total

Para a alcalinidade, os valores de entrada do sistema foram baixos, apresentando uma mediana menor que 50 mgL^{-1} , conforme pode ser observado na figura 1 abaixo, contrariamente ao que ocorre no esgoto doméstico bruto, pois segundo os autores como Arceivala (1981), Pessoa & Jordão (1995), Qasim (1985), Metcalf & Eddy (1991), Cavalcanti et al (2001) apud Von Sperling (2005) os despejos domésticos apresentam valor em média de 200 mgL^{-1} . Por outro lado, houve um aumento acentuado da alcalinidade na saída, onde a mediana teve seu valor triplicado, alcançando aproximadamente 175 mgL^{-1} . Na estação em estudo, foi estabelecido uma faixa do pH para o esgoto bruto, que variava entre 5 – 7, o mesmo era corrigido no reator biológico aerado com adição de cal, ou seja, é possível que a adição durante o sistema tenha contribuído para o aumento da alcalinidade.

Quanto a acidez total (figura 1), a mediana da entrada foi de aproximadamente 100 mgL^{-1} , e seus valores estiveram distribuídos mais uniformemente do que os valores de saída. Provavelmente, devido ao afluente ser oriundo de produtos com pH ácidos, como a água mineral e o refrigerante.

Figura 1: Comportamento dos parâmetros Alcalinidade e Acidez Total na ETEI da indústria de bebida não alcoólica



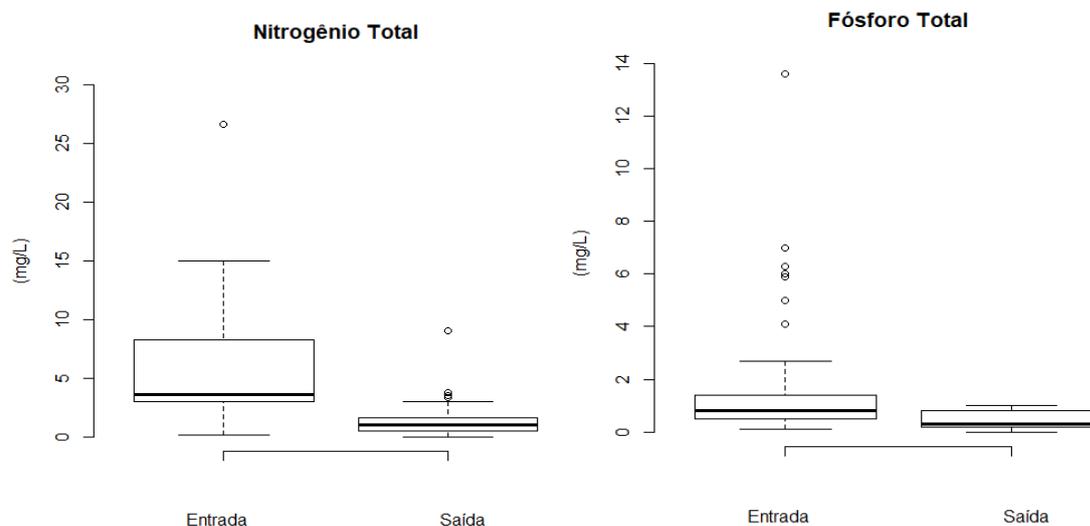
Fonte: próprio autor, 2017.

Nitrogênio e fósforo total

O nitrogênio total do esgoto bruto apresentou uma mediana de 4 mgL^{-1} (Figura 2), enquanto que Von Sperling (2005), investigou as características de efluentes de 183 ETE's nos estados de São Paulo e Minas Gerais, e os valores foram bem superiores, a mediana atingiu 63 mgL^{-1} . Quanto ao efluente de saída, o valor da mediana foi baixo, próximo de zero.

Em relação ao fósforo total, o sistema conseguiu remover consideravelmente sua quantidade. A faixa de valores do fósforo na saída da estação foi de 0 a 2 mgL^{-1} (Figura 2), e a mediana do esgoto bruto do estudo se mostrou mais baixo do que o valor dos efluentes domésticos, que variam na faixa de $4 - 15 \text{ mgL}^{-1}$, segundo Arceivala (1981), Pessoa & Jordão (1995), Qasim (1985), Metcalf & Eddy (1991), Cavalcanti et al (2001) apud Von Sperling (2005).

Figura 2: Comportamento do parâmetro Nitrogênio e Fósforo total na ETEI da indústria de bebida não alcoólica



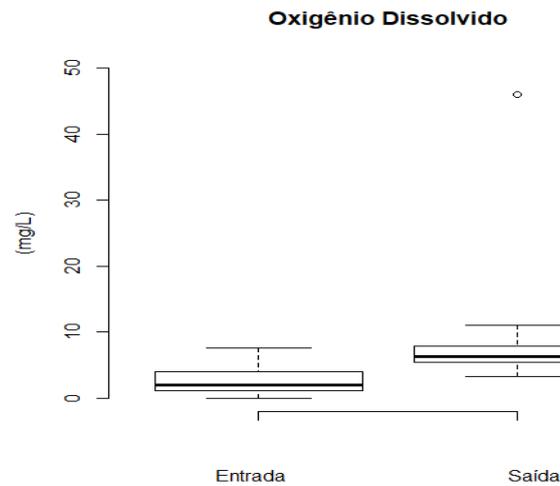
Fonte: próprio autor, 2017.

Oxigênio dissolvido, DQO e DBO₅

O parâmetro de oxigênio dissolvido, apresentou um aumento em seu resultado final, isto muito provavelmente devido o processo de aeração no reator, já que o sistema trata de um sistema de lodo ativado por aeração prolongada. A mediana do efluente final apresentou aproximadamente 10 mgL⁻¹, conforme figura 3, sendo um valor superior exigido pela CONAMA 357/2005 (5 mgL⁻¹) para rio de classe 2, que é a classificação do corpo hídrico receptor do presente estudo.

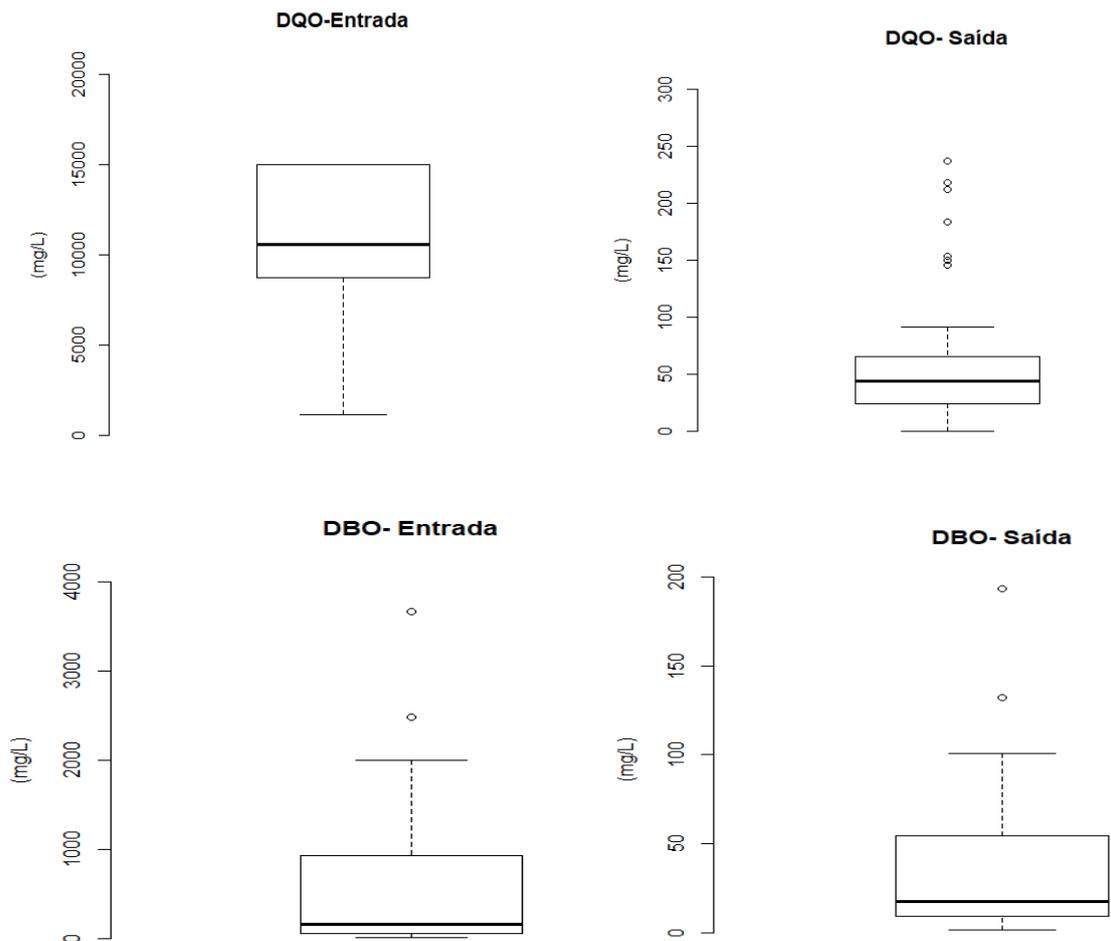
Na literatura a concentração média da DQO para os esgotos domésticos bruto registrado por Von Sperling (2005) é de 1071 mgL⁻¹, valor este inferior à indústria da pesquisa. A mediana de entrada no presente estudo, aproximou-se de 10.000 mgL⁻¹, já na saída esta medida caiu bruscamente para menos que 50 mgL⁻¹ (Figura 4). Portanto, é perceptível, o quanto que o sistema foi eficiente na remoção de matéria orgânica neste período, apresentando no geral cerca de mais de 90% de remoção. Porcentagem esta, esperada para o sistema de lodo ativado por aeração prolongada, que segundo Sperling (2012), apresenta uma eficiência de remoção entre 90 a 95%. O parâmetro DBO₅ na entrada da ETEI, apresentou uma concentração na faixa de 0 – 100 mgL⁻¹ e para a saída entre 0 – 50 mgL⁻¹. O lixiviado do aterro sanitário de João Pessoa, segundo Batista (2016) apresentou uma média de 623 mgL⁻¹. Von Sperling (2005) registrou em seus estudos, uma concentração de 487 mgL⁻¹, ou seja, ambos valores são maiores do que o efluente da empresa em estudo.

Figura 3: Comportamento do parâmetro Oxigênio dissolvido na ETEI da indústria de bebida não alcoólica



Fonte: próprio autor, 2017.

Figura 4: Comportamento do parâmetro DQO e DBO₅ na ETEI da indústria de bebida não alcoólica



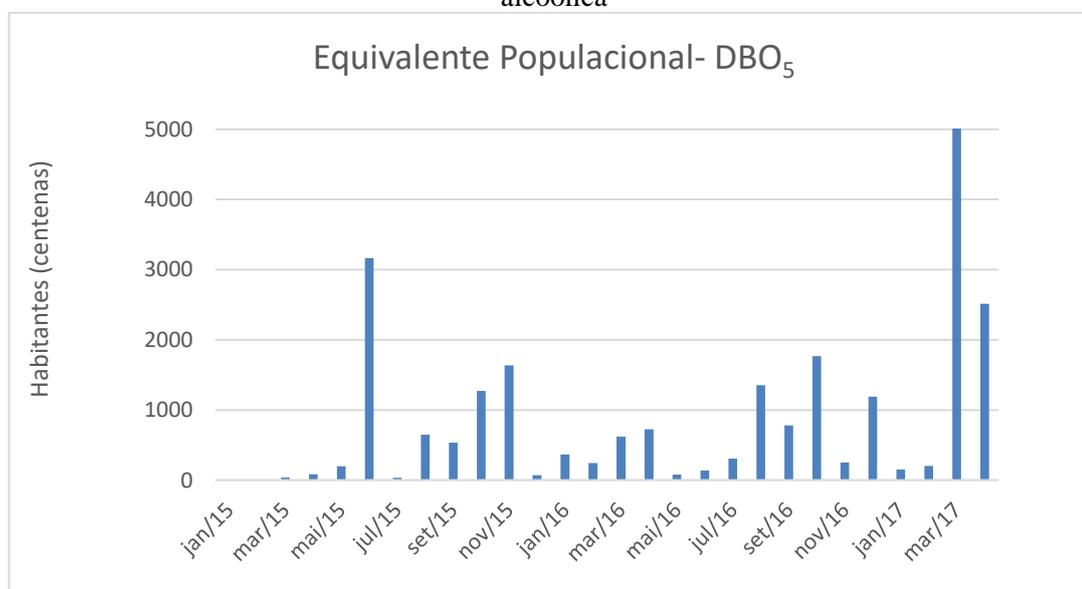
Fonte: próprio autor, 2017.

Equivalente populacional

Em termos de DBO_5 , como pode ser observado na Figura 5, os despejos da indústria em estudo possuem um potencial poluidor que alcança até 500.000 habitantes, mas em geral, apresenta uma média aproximada de 90.000 pessoas. Esta carga equivale por exemplo, a cidade de Bayeux, localizada na região metropolitana de João Pessoa. Quando comparado aos despejos da indústria de abate no geral, o mesmo apresenta um equivalente populacional entre 55.556 e 67.925, segundo Kist et al e Mees et al (2009 apud PEREIRA, 2014). Estes valores equivalentes tiveram como concentrações de DBO_5 , 2.000 e 2.717, respectivamente.

Entretanto, a eficiência de remoção da DBO_5 é alta, e após o tratamento de lodos ativados o equivalente populacional reduz, e em termos de matéria orgânica atinge uma média de 120 habitantes. Segundo a CETESB (1976), Braile e Cavalcanti (1977), Arceivala (1981), Hosang & Bischof (1984), Nemésio (1991), Wentzel (sem data), Matos (2002 apud Von Sperling, 2005), a indústria de refrigerantes apresenta uma faixa de equivalente populacional de 50 a 100 DBO_5 (hab.d)⁻¹.

Figura 5 – Equivalente populacional em termos de matéria orgânica (DBO_5) da indústria de bebida não alcoólica



Fonte: próprio autor, 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o estudo, percebeu-se que o sistema de lodo ativado se mostrou muito eficiente na remoção dos nutrientes ao todo. Houve uma remoção de cerca de 64% do nitrogênio, e em relação ao fósforo, no efluente da saída do tratamento, apresentou valores baixos que ficaram na faixa entre 0 a 2 mgL⁻¹. Com isso, seria interessante realizar a separação dos efluentes, industrial do doméstico, para possível tratamento mais simplificado, como por exemplo, as fossas sépticas acompanhadas por filtro.

Em relação ao oxigênio dissolvido houve um acréscimo, provavelmente devido ao sistema ser de aeração prolongada. Por outro lado, houve um decaimento expressivamente nos valores de DQO e DBO na saída do tratamento, assim, atendendo o limite mínimo exigido pela legislação vigente, CONAMA 430/11.

Também foi verificado no presente estudo, o potencial poluidor da empresa em carga orgânica, e o resultado foi uma média diária de 90.000 habitantes de DBO. Ao final do tratamento, passando pelas etapas do sistema de lodo ativado por aeração prolongada, reduziu-se para um valor médio de 120 habitantes. Isto, comprova mais uma vez o quanto que o sistema é eficiente.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, R. **Impactos do lançamento de efluentes na qualidade da água do Riacho Mussurú.** (Dissertação). João Pessoa: UFPB/PRODEMA, 2006.

APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* 19^a Ed. American Public Health Association, Washington, DC, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12614: Águas – Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) – Método de Incubação (20°C, cinco dias). Rio de Janeiro, 1992.

BATISTA M. M. Eficiência do processo foto-fenon solar em um fotorreator piloto no pós-tratamento do lixiviado do aterro sanitário metropolitano de João Pessoa. (Dissertação). João Pessoa: UFPB, 2016.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução No 357, de 17 de março de 2005.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução No 430, de 13 de maio de 2011.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Santa Rita, estado da Paraíba. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

FILHO, J.A.S. et al. Tratamento de Efluentes da Indústria de Bebidas em Reator Anaeróbio de Circulação interna (IC). Revista Internacional de Ciências · v.3 - n.1, 2013.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 6ª edição. 2009.

PEREIRA, E. L. **Tratamento da água residuária de matadouro utilizando um sistema constituído de reatores com biofilme.** (Dissertação). Lorena: USP, 2014.

SCOTTÁ, J. Avaliação e otimização de uma estação de tratamento de esgoto com sistema fossa e filtro de um município da Serra Gaúcha. (Monografia). Lajeado: Centro Universitário UNIVATES, 2015.

SPERLING, M. V. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Lodos Ativados. Belo Horizonte: DESA/UFMG. V4, 3.ed. 2012. 428p.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Belo Horizonte: DESA/UFMG. V1, 3.ed. 2005. 452p.