
A IMPORTÂNCIA PARA A SOCIEDADE E O MEIO AMBIENTE DO TRATAMENTO DE ESGOTO POR MEIO DO PROCESSO DE LODOS ATIVADOS. ESTUDO DE CASO – SÃO MIGUEL PAULISTA

Ana Maria C. Babbini Marmo*

Raquel Cymrot**

Amanda Saccab***

Resumo

O processo de lodos ativados é uma alternativa para o tratamento de esgoto e tem como vantagens elevada eficiência, grande quantidade de recursos para controle de processo, flexibilidade de operação, dimensionamento ajustável às necessidades da área a ser ocupada, entre outras. Após coletados dados da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) no município de São Miguel Paulista (SP), foi realizada uma análise estatística de determinação da qualidade do afluente, efluente tratado e remoção de carga orgânica, visando ao reúso. Foram também comparados os valores encontrados de DBO e DQO afluente, efluente e remoção, com os limites padrões da legislação vigente.

Palavras-chave: Lodos ativados, tratamento de esgoto, análise estatística.

* Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM).

** Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM).

*** Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM).

1 INTRODUÇÃO

Como a disponibilidade de água doce é limitada, seu controle e sua preservação tornam-se essenciais para a sociedade e para a vida do ser humano e dos animais. Os recursos hídricos são objetos de demanda crescente em razão da explosão demográfica e do consequente aumento das necessidades destes tanto na agricultura como na indústria moderna (DERÍSIO, 2000).

Os esgotos domésticos, a parcela mais significativa dos esgotos sanitários, têm como origem prioritariamente as residências e edificações públicas e comerciais. Embora variem em razão dos costumes e das condições socioeconômicas das populações, os esgotos domésticos têm características bem definidas, resultantes do uso da água pelo homem em razão dos seus hábitos higiênicos (BRAGA; HESPANHOL, 2002).

O sistema de tratamentos de efluentes deve assegurar a remoção dos sólidos em suspensão, nutrientes, organismos patogênicos e a completa mineralização da matéria orgânica e inorgânica presentes. O efluente tratado não deve causar nenhum tipo de impacto ao ser lançado no meio ambiente, e a sua qualidade final necessita estar de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente (SPIRO; STIGLIANI, 2009).

O tratamento consiste na remoção de poluentes do esgoto e o método a ser utilizado depende das características físicas, químicas e biológicas do efluente. Nas grandes estações da Região Metropolitana de São Paulo, o tratamento é realizado por meio de lodos ativados. Neste, há uma fase líquida e outra sólida que compreende o lodo. O processo é estritamente biológico e aeróbio, no qual o esgoto bruto e o lodo ativado são misturados intimamente, agitados e aerados em unidades conhecidas como tanques de aeração. Após esse procedimento, o lodo é enviado para o decantador secundário, no qual a parte sólida é separada do efluente tratado. O lodo sedimentado retorna ao tanque de aeração ou é retirado para tratamento específico (COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011). O esgoto assim tratado pode então ser descartado nos rios ou retornar às indústrias e residências, como água livre de impurezas e contaminações, caracterizando assim o reúso.

O processo de lodos ativados é muito utilizado para estabilizar a matéria biodegradável de despejos industriais e de esgotos sanitários (LIMA et al., 2001). Esse processo pode ser definido como fermentativo, aeróbio, contínuo e com reciclo de biomassa.

O tratamento adequado dos esgotos sanitários é essencial para a preservação do meio ambiente. A matéria orgânica despejada em excesso e sem tratamento pode provocar a exaustão do oxigênio dissolvido e a morte dos seres vivos aquáticos, causar odores desagradáveis e escurecer a água. Epidemiologicamente, o efeito de um trata-

mento inadequado do esgoto pode causar vários danos à saúde humana, especialmente doenças transmitidas por veiculação hídrica (BRAGA; HESPANHOL, 2002).

É importante enfatizar que, quando a água é restituída, após seu uso, ao seu ambiente natural, ela não pode comprometer suas possíveis utilizações, tanto públicas como privadas. A contaminação é uma modificação da qualidade da água, provocada em geral pelo homem, de tal forma a torná-la inapta ou danosa ao consumo, qualquer que seja a sua utilização (DERÍSIO, 2000).

A partir do tratamento por meio do processo de lodo ativado, consegue-se minimizar, pela ação das bactérias que consomem carbono, nitrogênio e fósforo presentes nos efluentes, o potencial de impacto de impurezas nos recursos hídricos. De tal forma, o esgoto devidamente tratado pode ser descartado nos cursos d'água, obedecendo aos padrões exigidos pela legislação (BRAILE, 1993), ou ainda retornar às indústrias e residências, caracterizando o reúso.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO) são os parâmetros mais comumente utilizados na determinação da qualidade dos efluentes tratados por meio de processos biológicos, como o de lodos ativados. A DBO representa a quantidade de oxigênio que será necessária para oxidar a matéria orgânica presente, consumida por micro-organismos; já a DQO refere-se à degradação por meio de compostos químicos.

As normas DN 10/86 (DIÁRIO DO EXECUTIVO, 1986) e DN 046/01 da Comissão de Política Ambiental (Copam) (SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2001) exigem que o valor da DBO deva ser inferior a 60 mg/L, e o da DQO, inferior a 90 mg/L, ambas para cinco dias de ensaio e 20 °C. Neste texto serão usados, a partir de agora, apenas os valores numéricos dessas variáveis. Já a remoção da DBO deve ser superior a 85% e a remoção da DQO deve ser superior a 90%.

O objetivo do presente trabalho é determinar, utilizando uma análise estatística, a qualidade do efluente tratado por meio do processo de lodo ativado no município de São Miguel Paulista (SP) e analisar se tal tratamento faz que se tenham características que atendam às especificações das normas DN 10/86 e DN 046/01 quanto à qualidade do efluente tratado e remoção de carga orgânica visando ao reúso.

2 METODOLOGIA

Foi realizado um estudo de caso de uma estação de tratamento de esgoto. A pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética em Pesquisa da instituição. Os dados coletados (DBO afluente, DBO efluente, DBO remoção, DQO afluente, DQO efluente,

DQO remoção) foram submetidos a uma análise estatística para a determinação da qualidade do efluente tratado. Calcularam-se os índices sazonais mensais para as variáveis de interesse. Também foram calculadas as correlações lineares entre as diversas variáveis, na forma originalmente coletada, utilizadas neste estudo (MONTGOMERY; RUNGER, 2009).

Análises de variância (paramétrica e não paramétrica) testaram a igualdade entre as médias nos anos 2006 a 2008, para cada variável em estudo. A análise de variância paramétrica (que utiliza o teste F de Fisher) é mais poderosa do que a não paramétrica (que utiliza o teste de Kruskal-Wallis), porém só poderá ser utilizada quando as suposições do modelo de que os resíduos tenham distribuição normal, média zero, variância constante para os diversos níveis de tratamento (no caso os anos) e são independentes forem respeitadas (MONTGOMERY; RUNGER, 2009).

Para alcançar o objetivo do trabalho, realizou-se um comparativo entre os dados levantados e os limites estabelecidos por órgãos competentes, de maneira a demonstrar a eficácia e a viabilidade do processo de tratamento de esgoto.

Foram calculados os níveis descritivos para cada teste de hipótese realizado. Nível descritivo de um teste de hipótese é a probabilidade de obter, à luz da hipótese alternativa, estimativas mais desfavoráveis ou extremas do que a fornecida pela amostra (MAGALHÃES; LIMA, 2010). Rejeitaram-se então as hipóteses com níveis descritivos inferiores a 0,05, sendo este o nível de significância adotado para todos os testes de hipótese realizados.

Os dados foram analisados com a utilização do programa estatístico Minitab.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram coletados os dados correspondentes aos valores das variáveis DBO efluente, DBO afluente, DBO remoção, DQO efluente, DQO afluente, DQO remoção em uma estação de tratamento de esgoto da cidade de São Paulo, mensalmente, em 2006, 2007 e 2008.

Índices sazonais mensais foram calculados para todas as variáveis em estudo. O gráfico de linhas construído a partir desses índices é apresentado no Gráfico 1.

Pode-se observar que existem pontos no Gráfico 1 que ultrapassaram o índice de 100% em cada mês. Destacam-se, por exemplo, as variáveis DQO e DBO afluentes no mês de junho, que apresentaram um valor em torno de 80% maior, podendo ser justificado pela menor quantidade de chuvas nesse período, o que deixa o esgoto mais concentrado.

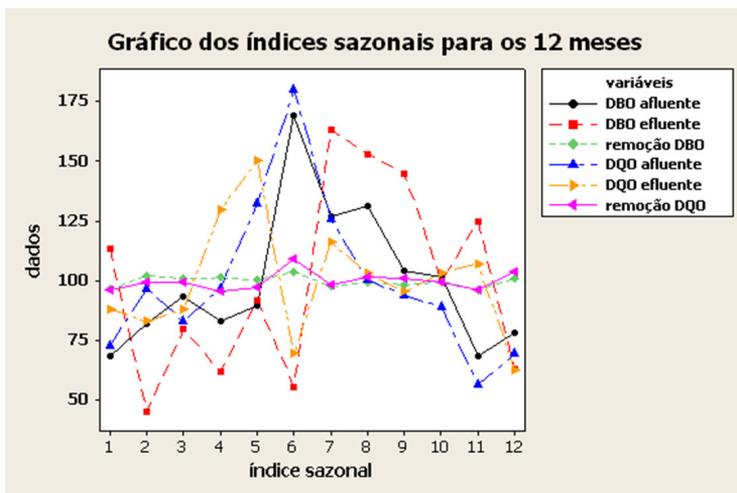


Gráfico 1 Linhas para os índices sazonais mensais para as diversas variáveis.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

De acordo com os resultados obtidos, houve bastante variação nos índices sazonais para os 12 meses, com exceção da remoção da DBO e também da DQO. Apesar de em alguns meses haver picos de DBO e DQO em razão de fatores climáticos, a remoção permanece estável, o que demonstra sua eficiência.

Foram calculados os coeficientes de correlação linear entre as variáveis em estudo e seus respectivos níveis descritivos (valor-P) obtidos ao se testar a hipótese de que estes eram iguais a zero. Verificou-se que, para a DBO afluente, há uma relação linear crescente, entre esta variável e a remoção de DBO ($r = 0,428$ e $P = 0,009$), a DQO afluente ($r = 0,855$ e $P = 0,000$) e a remoção de DQO ($r = 0,740$ e $P = 0,000$). Já com a DQO efluente ($r = -0,374$ e $P = 0,025$), há uma relação linear decrescente.

Para a remoção de DBO, é claro que quanto maior a DBO afluente, mais poluído é o esgoto; logo, maior deve ser a remoção de DBO. Já com relação à DQO afluente, é de esperar que, em geral, esgotos muito poluídos com relação à DBO sejam também muito poluídos em relação à DQO. As duas outras relações, com a DQO efluente e a remoção de DQO, podem ser consideradas espúrias, havendo possivelmente variáveis de confundimento.

Quanto à DBO efluente, fica evidente que quanto maior a remoção de DBO, menor a DBO efluente ($r = -0,782$ e $P = 0,000$). Para a remoção de DBO, existe uma relação espúria com a DQO afluente ($r = 0,371$ e $P = 0,026$) e a DQO efluente ($r = -0,372$ e $P = 0,025$), e existe uma relação linear crescente com a remoção de DQO ($r = 0,519$ e $P = 0,001$), ou seja, quanto maior a remoção, menor a DBO efluente, e os valores de remoção de DBO e DQO estão relacionados.

Com relação à DQO afluente, quanto maior a DQO afluente, menor a DQO efluente ($r = -0,332$ e $P = 0,048$) e maior a remoção de DQO ($r = 0,666$ e $P = 0,000$); sendo assim, quanto maior a carga orgânica, mais eficiente é a limpeza.

Finalmente, em relação à DQO efluente, quanto maior a remoção, menor a DQO efluente ($r = -0,828$ e $P = 0,000$).

Na estação de tratamento estudada, foram comparados os resultados para os três anos (2006, 2007 e 2008) para as seis variáveis em estudo, realizando-se para tanto análises de variância. Os resultados encontrados são apresentados a seguir.

Para a variável DBO, a análise será apresentada em detalhes. Para as demais variáveis, serão apresentados somente os resultados principais, em razão de a análise ser semelhante.

Para a variável DBO afluente, o Gráfico 2 apresenta os gráficos de análise dos resíduos da análise de variância paramétrica. Tais gráficos servem para testar se as suposições exigidas para o uso dessa análise se verificam.

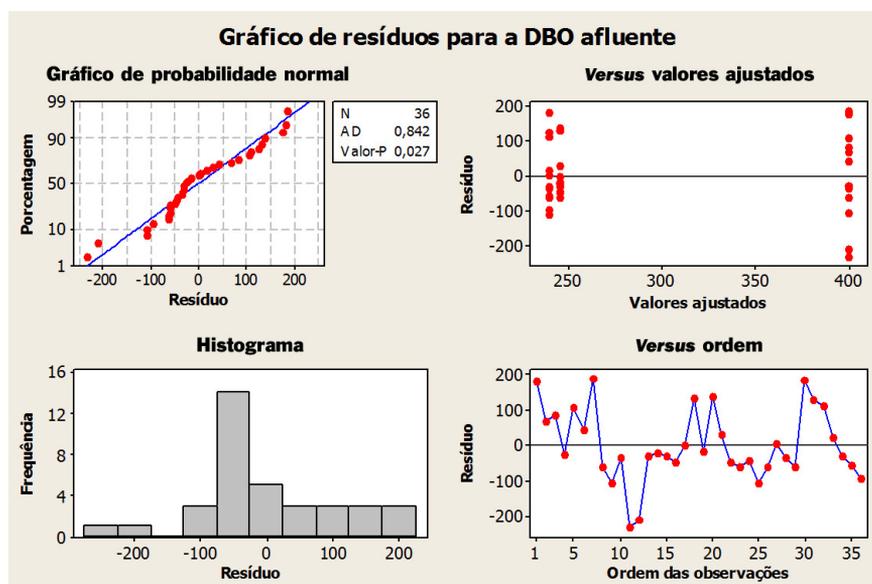


Gráfico 2 Gráfico de análise de resíduos para a DBO afluente.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Observou-se, no gráfico de probabilidade normal, que pela “regra do lápis grosso” não é possível cobrir todos os pontos, indicando a não aderência dos resíduos à distribuição normal. Tal fato é confirmado com o nível descritivo P do teste de aderência de Anderson-Darling igual a 0,027, inferior ao nível de significância de 5%. No grá-

fico de resíduos *versus* valores ajustados, observou-se que a variabilidade para os três anos pode ser considerada aproximadamente igual e que os resíduos estavam aproximadamente simétricos em relação ao zero. Já o gráfico de resíduos *versus* ordem não apresentou padrões estabelecidos, o que pode configurar a existência de independência entre os resíduos.

Como a suposição de normalidade dos resíduos não foi respeitada, optou-se pela utilização da análise de variância não paramétrica por meio do teste de Kruskal-Wallis.

A Tabela 1 apresenta resultados adicionais do teste de Kruskal-Wallis realizado.

TABELA 1

Ano, número de medições, mediana dos postos, média dos postos e estatística Z para a DBO afluente

Ano	N	Mediana	Média dos postos	Z
2006	12	408,5	25,8	2,94
2007	12	218,5	16,3	-0,87
2008	12	207,0	13,4	-2,06
Geral	36		18,5	

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Foi fornecido $H = 9,10$, com dois graus de liberdade e valor-P igual a 0,011 para o teste que leva em conta os empates de postos. Como o nível descritivo foi menor que 0,05, no nível de significância de 5%, rejeitou-se a hipótese de igualdade para todas as médias da DBO afluente.

Quando se observaram as medianas e as médias dos postos atribuídos para cada ano à DBO afluente, verificou-se que, para o ano de 2006, a mediana e a média dos postos foram superiores às demais. Para este ano, o valor da média diferiu significativamente da média geral ($Z = 2,94 > 1,96$, valor da distribuição normal crítico para teste bilateral com nível de significância igual a 5%). Para o ano de 2008, houve pouca diferença em relação ao ano de 2007 para as medianas e as médias dos postos, porém sua média diferiu significativamente para menos da média geral ($Z = -2,06 < -1,96$).

Os valores da Tabela 1 mostram que o ano de 2006, quando comparado com os demais, apresentou uma concentração de poluentes superior. Esse resultado levou a um ajuste de recirculação dos sólidos na entrada do afluente, o que diminuiu a concentração destes. No ano 2008 esses valores continuaram a melhorar.

Para a variável DBO efluente, após construídos os gráficos de resíduos, concluiu-se que todas as suposições do modelo foram respeitadas, tendo o teste de aderência à distribuição normal um nível descritivo P igual a 0,113. A tabela Anova de análise de variância é apresentada na Tabela 2.

TABELA 2

Anova para a DBO do efluente

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M	F	P
Ano	2	8,8	4,4	0,07	0,931
Erro	33	2049,2	62,1		
Total	35	2058,1			

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Como o nível descritivo foi igual a 0,931, no nível de significância de 5%, não se rejeitou H_0 , isto é, as médias da DBO efluente foram iguais para os três anos.

A Tabela 3 apresenta a DBO efluente, para cada ano, o número de observações, sua média e desvio padrão:

TABELA 3

Ano, número de observações, média e desvio padrão para a DBO efluente

Ano	N	Média	Desvio padrão
2006	12	14,000	5,099
2007	12	13,292	8,688
2008	12	14,500	9,210

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Para a variável remoção de DBO, a suposição de normalidade não foi verificada (valor-P = 0,015). A Tabela 4 apresenta resultados do teste de Kruskal-Wallis realizado.

TABELA 4

Ano, número de medições, mediana dos postos, média dos postos e estatística Z para a remoção de DBO

Ano	N	Mediana	Média dos postos	Z
2006	12	96,76%	21,9	1,38
2007	12	95,34%	17,8	-0,30
2008	12	94,27%	15,8	-1,07
Geral	36		18,5	

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Foi fornecido $H = 2,09$, com dois graus de liberdade e valor-P igual a 0,351 para o teste que leva em conta os empates de postos. Como o nível descritivo foi maior que 0,05, no nível de significância de 5%, não se rejeitou a hipótese de igualdade para todas as médias e concluiu-se que as remoções médias de DBO foram iguais para todos os anos.

Os valores da Tabela 4 mostram que o ano de 2006, quando comparado com os demais, apresentou uma remoção de poluentes superior, porém tal diferença não foi estatisticamente significativa. Esse resultado é justificado pela maior concentração de poluentes presentes no esgoto nesse ano.

Para a variável DQO afluente, a suposição de normalidade não foi verificada (valor-P = 0,015). A Tabela 5 apresenta os resultados do teste de Kruskal-Wallis realizado.

TABELA 5

Ano, número de medições, mediana dos postos, média dos postos e estatística Z para a DQO do afluente

Ano	N	Mediana	Média dos postos	Z
2006	12	2523,0	26,8	3,36
2007	12	590,1	17,1	-0,57
2008	12	507,4	11,6	-2,79
Geral	36		18,5	

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Foi fornecido $H = 12,90$, com dois graus de liberdade e valor-P igual a 0,002 para o teste que leva em conta os empates de postos. Como o nível descritivo foi menor que 0,05, no nível de significância de 5%, rejeitou-se a hipótese de igualdade para todas as médias.

Quando se observaram as medianas e as médias dos postos atribuídos para cada ano à DQO afluente, verificou-se que, para o ano de 2006, a mediana e a média dos postos da DQO do afluente foram superiores às demais. Para este ano, o valor da média diferiu significativamente da média geral ($Z = 3,36 > 1,96$). Para o ano de 2008, houve pouca diferença em relação ao ano de 2007 para as médias e medianas, porém sua média diferiu significativamente para menos da média geral ($Z = -2,79 < -1,96$).

Os valores da Tabela 5 mostram que o ano de 2006, quando comparado com os demais, apresentou uma concentração de poluentes superior, o que é explicado pelo ajuste de recirculação de sólidos, já comentado anteriormente. No ano de 2008, esses valores continuaram a melhorar.

Para a variável DQO efluente, após construídos os gráficos de resíduos, concluiu-se que todas as suposições do modelo foram respeitadas, tendo o teste de aderência à distribuição normal um nível descritivo P igual a 0,113. A tabela Anova de análise de variância apresentou o valor de F igual a 3,74 com nível descritivo igual a 0,034, logo, no nível de significância de 5%, rejeitou-se H_0 , isto é, as médias de DQO do efluente não foram iguais para os três anos.

A Tabela 6 apresenta, para cada ano, o número de observações, sua média e desvio padrão.

TABELA 6

Ano, número de observações, média e desvio padrão para a DQO efluente

Ano	N	Média	Desvio padrão
2006	12	46,75	16,68
2007	12	81,31	41,43
2008	12	67,91	30,52

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Os contrastes de Tukey, apresentados na Tabela 7, mostram que a média de DQO efluente para 2006 foi maior que sua média para 2007, pois seu intervalo de confiança é todo positivo, não contendo o zero. As demais médias da DQO efluente não diferiram no nível de significância de 5%. Essas médias são justificadas pela maior concentração de sólidos presentes no esgoto em 2006.

TABELA 7

Resultado dos contrastes realizados pelo método de Tukey para as médias da DQO efluente

Comparação entre os anos	Limite inferior	Centro	Limite superior
2006-2007	3,28	34,56	65,84
2006-2008	-10,13	21,16	52,44
2007-2008	-44,69	-13,40	17,88

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Para a variável remoção da DQO, a suposição de normalidade não foi verificada (valor-P = 0,006). A Tabela 8 apresenta os resultados do teste de Kruskal-Wallis realizado. Foi fornecido $H = 13,96$, com dois graus de liberdade e valor-P igual a 0,001 para o teste que leva em conta os empates de postos. Como o nível descritivo foi menor que 0,05, no nível de significância de 5%, rejeitou-se a hipótese de igualdade para todas as médias de remoção de DQO.

TABELA 8

Ano, número de medições, mediana dos postos, média dos postos e estatística Z para a remoção de DQO

Ano	N	Mediana	Média dos postos	Z
2006	12	98,18%	27,8	3,72
2007	12	88,65%	14,5	-1,61
2008	12	88,28%	13,3	-2,11
Geral	36		18,5	

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Quando se observaram as medianas e as médias dos postos atribuídos para cada ano para a remoção de DQO, verificou-se que, para 2006, a média e a mediana dos postos de DQO do afluente foram superiores às demais. Para este ano, o valor da média diferiu significativamente da média geral ($Z = 3,76 > 1,96$). Já para 2008 houve pouca diferença em relação a 2007 para as medianas e médias dos postos, porém sua média diferiu significativamente para menos da média geral ($Z = -2,11 < -1,96$).

A Tabela 8 indica que a remoção de DQO foi maior em 2006. Isso acontece, pois a concentração de sólidos do afluente foi superior aos demais anos, o que facilitou a remoção.

Após os ajustes realizados na recirculação dos sólidos, pôde-se observar uma taxa de remoção um pouco menor para 2007 e 2008, pois a concentração de sólidos na entrada da estação diminuiu.

Feitas as análises de comparação das diversas variáveis no ano, optou-se por utilizar somente o último ano (2008) para a verificação de eficácia dos tratamentos.

A Tabela 9 apresenta os limites e as estatísticas descritivas (média, desvio padrão, coeficiente de variação, mínimo, 1º quartil, mediana, 3º quartil e máximo) para as variáveis DBO efluente, DQO efluente, remoção de DBO e remoção de DQO em 2008.

TABELA 9

Limites e estatísticas descritivas para as variáveis DBO efluente, DQO efluente, remoção de DBO e remoção de DQO em 2008

Variável	Limite da norma	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação	Mínimo	Q ₁	Mediana	Q ₃	Máximo
DBO efluente	< 60	14,50	9,21	63,52	4,00	6,00	13,50	21,00	31,00
DQO efluente	< 90	67,91	30,52	44,94	33,04	37,63	64,56	92,87	129,10
Remoção de DBO	> 85%	93,29%	4,73%	5,07	85,24%	89,39%	94,27%	97,60%	98,58%
Remoção de DQO	> 90%	86,50%	7,12%	8,23	76,49%	78,91%	88,28%	93,12%	95,31%

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Nota-se pelos valores baixos dos coeficientes de variação das remoções de DBO e de DQO que essas variáveis estiveram bem homogêneas.

As variáveis DBO efluente e remoção de DBO tiveram todas as suas medidas dentro dos limites estabelecidos, pois as análises de DBO são realizadas por meio da decomposição de micro-organismos, um teste realizado em cinco dias cujos resultados são mais precisos.

A DQO atinge, em algumas situações, valores superiores a 90%, assim como a remoção de DQO, em mais de 50% das medições, teve seu valor inferior a 90%. Os

valores de remoção do DQO apresentaram resultados muito semelhantes em relação aos do ano 2007, sendo o ano 2006 não comparável em razão de ajustes realizados na recirculação dos sólidos. Os valores fora do especificado verificados para esses parâmetros podem sugerir resultados não tão precisos, uma vez que a análise da DQO é realizada por meio da ação de agentes oxidantes fortes sobre a matéria orgânica com tempo de reação bastante rápido. Porém, outras pesquisas nesse sentido podem ser importantes. Apesar de alguns valores individuais não atenderem às especificações, foram testados posteriormente para verificar se, em média, tais especificações foram contempladas.

Para a variável DBO efluente, foi testada sua aderência à distribuição normal, suposição para utilização do teste t de Student. Tal hipótese foi comprovada pelo valor-P do teste de aderência igual a 0,279. A seguir, foi testada a hipótese nula H_0 de que a DBO média no ano de 2008 foi no mínimo 60 contra a hipótese alternativa H_1 de que a DBO média no ano de 2008 foi inferior a 60. Para as 12 observações, obtiveram-se uma média igual a 14,50, uma estatística T igual a $-17,11$ e um nível descritivo para o teste igual a 0,000, sendo rejeitada a hipótese nula. Concluiu-se, portanto, que, no nível de significância de 5%, a DBO média de 2008 foi inferior a 60, obedecendo, portanto, à norma citada.

Para a variável DQO efluente, a hipótese de aderência à distribuição normal não foi rejeitada (valor-P = 0,370). A seguir, testou-se a hipótese nula H_0 de que a DQO média no ano de 2008 foi no mínimo 90 contra a hipótese alternativa H_1 de que a DQO média no ano de 2008 foi inferior a 90. Para as 12 observações, obtiveram-se uma média igual a 67,91, uma estatística T igual a $-2,51$ e um nível descritivo para o teste igual a 0,015, sendo rejeitada a hipótese nula. Concluiu-se que, no nível de significância de 5%, a DQO média de 2008 foi inferior a 90, obedecendo, portanto, à norma citada.

Para a variável remoção da DBO, a hipótese de aderência à distribuição normal não foi rejeitada (valor-P = 0,165). A seguir, testou-se a hipótese nula H_0 de que a remoção média da DBO no ano de 2008 foi no mínimo 85% contra a hipótese alternativa H_1 de que a remoção média da DBO no ano de 2008 foi superior a 85%. Para as 12 observações, obtiveram-se uma média igual a 93,29%, uma estatística T igual a 6,07 e um nível descritivo para o teste igual a 0,000, sendo rejeitada a hipótese nula. Concluiu-se que, no nível de significância de 5%, a remoção média da DBO de 2008 foi superior a 85%, obedecendo, portanto, à norma citada.

As análises de DBO são realizadas em tempo maior (cinco dias), fornecendo, assim, resultados mais exatos.

Para a variável remoção de DQO, a hipótese de aderência à distribuição normal não foi rejeitada (valor-P = 0,200). A seguir, testou-se a hipótese nula H_0 de que a remoção média de DQO no ano de 2008 foi no mínimo 90%, contra a hipótese alter-

nativa H_1 de que a remoção média de DQO no ano de 2008 foi superior a 90%. Para as 12 observações, obtiveram-se uma média igual a 86,50%, uma estatística T igual a -1,70 e um nível descritivo para o teste igual a 0,941, não sendo rejeitada a hipótese nula. Concluiu-se que, no nível de significância de 5%, a remoção média de DQO de 2008 não foi superior a 90% e, portanto, não obedeceu à norma citada.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho provou que o processo de lodo ativado é viável, uma vez que é aplicado em várias estações de esgoto como a de São Miguel Paulista (SP), a qual demonstrou eficiência no processo de tratamento.

De acordo com os resultados obtidos, houve bastante variação nos índices sazonais para os 12 meses, com exceção da remoção da DBO e também da DQO. Apesar de, em alguns meses, haver picos de DBO e DQO em razão de fatores climáticos, a remoção permaneceu estável, o que demonstra sua eficiência. Foram constatadas relações lineares crescentes, já esperadas em razão da teoria, entre DBO afluente, remoção de DBO e DQO afluente.

Com relação aos parâmetros DBO e DQO, quanto maior a afluente, maior a remoção e menor a efluente. Dessa maneira, foi possível observar que, quando há maior remoção da DBO, também ocorre maior remoção da DQO, fato esse justificado, uma vez que a análise de remoção de DBO deve confirmar os resultados obtidos com a análise de remoção da DQO.

Na estação de São Miguel Paulista, quando se compararam os valores obtidos em 2006, 2007 e 2008, foram encontrados os seguintes resultados:

- Os valores da DBO afluente foram maiores em 2006, diminuindo até 2008, porém a DBO efluente manteve-se inalterada, mostrando que, embora com menor carga poluidora, o sistema não conseguiu aumentar sua eficiência, comprovando estabilidade da remoção.
- Já para a DQO, tanto a afluente como a remoção e a efluente diminuíram de 2006 para 2008, mostrando uma remoção mais eficiente.
- As variáveis DBO efluente e remoção de DBO tiveram todas as suas medidas dentro dos limites estabelecidos, pois as análises de DBO são realizadas por meio da decomposição de micro-organismos, um teste realizado em cinco dias, cujos resultados são mais precisos.
- A DQO atingiu, em algumas situações, valores superiores a 90%, assim como a remoção da DQO, em mais de 50% das medições, teve seu valor inferior

a 90%. Os valores fora do especificado verificados para esses parâmetros podem sugerir resultados não tão precisos, uma vez que a análise da DQO é realizada por meio da ação de agentes oxidantes fortes sobre a matéria orgânica com tempo de reação bastante rápido. Porém, outras pesquisas nesse sentido podem ser importantes.

Concluiu-se também que a DBO média e a DQO média obedeceram à norma estabelecida. A remoção média em 2008 também obedeceu à norma, uma vez que as análises de DBO são realizadas em tempo maior (cinco dias), fornecendo, assim, resultados mais exatos.

A remoção média de DQO em 2008 não obedeceu à norma. Tal resultado pode estar relacionado com a forma de realização do teste, já mencionada anteriormente.

IMPORTANCE FOR SOCIETY AND ENVIRONMENT SEWAGE TREATMENT BY MEANS OF THE ACTIVATED SLUDGE PROCESS. CASE STUDY – SÃO MIGUEL PAULISTA

Abstract

The activated sludge process is an alternative to sewage treatment and proved to outstand others regarding efficiency, operation flexibility and its capacity of adjustment regardless the amount of available area. After collecting in São Miguel Paulista (SP) data-BOD (Biological Oxygen Demand) and COD (Chemical Oxygen Demand), it was performed a statistical analysis of affluent and effluent quality for organic load removing looking for reuse. It was also compared the measured values of BOD and COD (affluent, effluent and removal) with the standards of the current legislation.

Keywords: Activated sludge, sewage treatment, statistical analysis.

REFERÊNCIAS

- BRAGA, B.; HESPANHOL, I. *Introdução à engenharia ambiental*. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- BRAILE, P. M. *Manual de tratamento de águas residuárias*. 2. ed. São Paulo: Cetesb, 1993.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Tratamento de esgotos*. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=49>>. Acesso em: 15 ago. 2011.

DERÍSIO, J. C. *Introdução ao controle da poluição ambiental*. São Paulo: Signus, 2000.

DIÁRIO DO EXECUTIVO. *Deliberação Normativa COPAM*. Minas Gerais, 1986. Disponível em: <http://www.paas.uff.br/legisla/copam10_86.pdf>. Acesso em: 23 maio 2009.

LIMA, A. U. et al. *Biotecnologia industrial*. São Paulo: Edgard Blucher, 2001. v. 3.

MAGALHÃES, M. N.; LIMA, A. C. P. *Noções de probabilidade e estatística*. 7. ed. São Paulo: Edusp, 2010.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. *Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. *Legislação Ambiental*. Belo Horizonte, 2001. Disponível em: <<http://servicos.meioambiente.mg.gov.br/legislacao/legislacao.asp>>. Acesso em: 23 maio 2009.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. *Química ambiental*. 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2009.

Contato

Raquel Cymrot
e-mail: raquel.cymrot@mackenzie.br