

CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DO LODO DE DECANTADORES DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA APÓS DESAGUAMENTO EM LEITO DE DRENAGEM COM MANTA GEOTÊXTIL

BURGOS, Tatiane das Neves^{1*}

KURODA, Emilia Kiyomi²

SILVEIRA, Cristiane²

SCHUROFF, Paulo Alfonso¹

LIMA, Nicole Ribeiro de¹

LOPES, Angélica Marim¹

PELAYO, Jacinta Sanchez¹

Resumo: Nas estações de tratamento de água (ETAs) o principal resíduo é o lodo de decantadores, que pode apresentar microrganismos e metais tóxicos. Foi avaliado o tratamento de lodos provenientes de duas ETAs de Londrina-PR (Tibagi e Cafezal) pelo sistema de desaguamento em leito de drenagem com manta geotêxtil. No lodo e nos produtos do desaguamento de lodos: água drenada e a torta (sólidos retidos na manta), foram pesquisados os indicadores microbiológicos coliformes totais e *Escherichia coli*, além de *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, e *Clostridium perfringens*. No lodo e no drenado foram pesquisados os parâmetros físico-químicos, tais como, metais, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), turbidez, Ph e cor aparente. Os resultados demonstraram a ausência do indicador *C. perfringens* e elevados índices microbiológicos no lodo *in natura*. Após o desaguamento foi observado na ETA Tibagi uma redução de 95% dos indicadores encontrados e 79% na ETA Cafezal. Nos parâmetros físico-químicos a redução foi de 89% e 58%, respectivamente, nas duas ETAs. Na torta após a exposição à luz solar por 5 dias em ambiente natural, na ETA Tibagi *C. perfringens* não foi identificado, *Enterococcus* não apresentou redução e nos outros indicadores a redução foi 99.99%. Na ETA Cafezal *C. perfringens* não foi identificado, e a redução mínima foi de 47.83% para os indicadores encontrados. Foi evidenciado o potencial poluente do despejo *in natura* deste resíduo, a necessidade e viabilidade do tratamento do lodo, visando à proteção dos corpos receptores e a saúde da população.

Descritores: Estação de Tratamento de Água; lodo; microrganismos; parâmetros físico-químicos; tratamento do lodo.

Abstract: In water treatment plants (WTP) the main residue is the sludge found in decanters which may have microorganisms and toxic metals. The treatment of sludge from two WTP of Londrina-PR (Tibagi and Cafezal) was evaluated by dewatering system in drainage bed with geotextile blanket. In the sludge and sludge dewatering products: water drained and the cake (solids retained in the geotextile blanket) were surveyed the microbiological indicators total coliforms and *Escherichia coli*, besides *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, and *Clostridium perfringens*. In the sludge and drained were researched the physical and chemical parameters such as, metals, biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), turbidity, pH and apparent color. The results showed the absence of the indicator *C. perfringens* and high microbiological indices in the *in natura* sludge. After dewatering was observed in Tibagi WTP a reduction of 95% of the indicators found and of 79% in Cafezal WTP. In the physical and chemical parameters the reduction was 89% and 58%, respectively, in both WTP. In relation to cake, after exposure to sunlight for five days in a natural environment, *C. perfringens* was not identified, *Enterococcus* did not decrease and other indicators the reduction was 99.99%, in Tibagi WTP. In Cafezal WTP, *C. perfringens* was not identified and the minimal reduction was of 47.83% for the indicators found. It was shown the polluting potential of *in natura* discharge of this residue, the need and feasibility of sludge treatment, in order to protect the receiving bodies and the health of population.

Descriptors: water treatment plants; sludge; microorganisms; physical and chemical parameters; sludge treatment.

INTRODUÇÃO

As ETAs podem ser comparadas a uma indústria, na qual matéria prima é a água bruta, e após ser submetida ao tratamento, resulta no produto final água tratada. E como qualquer indústria, invariavelmente, ocorre a produção de resíduos, um dos problemas a ser equacionado

no gerenciamento das ETAs, considerando seu tratamento e destino final⁽¹⁾. No tratamento da água destinada ao consumo humano, os principais resíduos produzidos são o lodo acumulado em decantadores e a água utilizada na lavagem dos filtros. Há poucos estudos sobre esses resíduos com potencial poluidor ao meio ambiente, que são produzidos em larga escala nas estações e são

¹ Laboratório de Bacteriologia da Universidade Estadual de Londrina.

² Laboratório de Hidráulica e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina.

rotineiramente lançados em corpos hídricos sem tratamento.

No Brasil, o lançamento de resíduos sólidos nos corpos de água é regulamentado pela Resolução CONAMA 357⁵, a qual determina que efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, em corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis estabelecidas. A Lei Federal N° 9605⁶, estabelece como crime ambiental, o lançamento direto de resíduos sólidos em desacordo com leis e regulamentos estabelecidos.

O lançamento de lodo de ETA diretamente nos cursos d'água sem tratamento pode contribuir para o consumo de oxigênio dissolvido no curso d'água, levar a condições anaeróbias, produção de odores, crescimento excessivo de algas e mortandade de peixes. Alguns estudos mostraram a toxicidade crônica desse material para os organismos aquáticos, assim como a degradação da qualidade da água¹⁰. Além de provocar o assoreamento e mudança na cor, turbidez e composição química, além da possibilidade de contaminação do lençol freático¹¹.

O tratamento do lodo por desaguamento ou desidratação visa à separação da fase líquida da sólida, mediante remoção da água livre e dos interstícios dos sólidos, com conseqüente redução de seu volume. Estes podem ser realizados por sistemas mecânicos e naturais. O desaguamento realizado de forma mecânica acontece por meio de equipamentos sofisticados que possuem custos elevados, requerem a aplicação de produtos químicos e consomem energia elétrica para seu funcionamento, como filtros a vácuo, filtros prensa, filtro de esteira e centrífugas. Já a remoção de água em sistemas naturais requer menores investimentos para implantação, operação e manutenção, porém necessita de grandes áreas, podendo ser realizado por meio de lagoas de lodo, leitos de secagem e leitos de drenagem sendo estes últimos particularmente favoráveis à aplicação no Brasil, devido às condições climáticas e disponibilidade de área, especialmente para ETAs de pequeno porte⁽¹⁾. As técnicas do leito de drenagem se assemelham à filtração simples, onde as partículas sólidas formam uma torta sobre a superfície do meio filtrante e a própria massa de sólidos que

se acumula atua como filtro¹². Este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência do tratamento por desaguamento em escala reduzida composto por leito de drenagem com manta geotêxtil, mediante a caracterização microbiológica e físico-química do lodo dos decantadores antes e após tratamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado com lodos de decantadores coletados em duas ETAs da cidade de Londrina-PR, ETA Cafezal e ETA Tibagi. Realizou-se a caracterização microbiológica e físico-química dos lodos brutos e em seguida procedeu ao tratamento em sistema de desaguamento em leito de drenagem com manta geotêxtil em escala reduzida.

O ensaio de desaguamento foi realizado em unidades de drenagem em escala reduzida, composta por um recipiente plástico com capacidade total de 30L, manta geotêxtil (composição química 100% Poliéster), gentilmente fornecida pela Macafferri do Brasil Ltda., grelha plástica MacNet para suporte da manta e dispositivo de fundo cônico para coleta do drenado. Foi utilizada uma taxa de aplicação de sólidos (TAS) de 7,5 kg m⁻² e vazão de 550 mL min⁻¹ sendo utilizados 20 L de lodo da ETA-Tibagi e 21 L da ETA-Cafezal. A taxa de aplicação volumétrica (TAV) referente à vazão de líquido (lodo) aplicado ao leito de drenagem foi de 15 m³ m² d⁻¹. Na manta geotêxtil são retidas as partículas sólidas presentes no lodo, denominadas de torta.

Durante o desaguamento, toda a água drenada foi coletada em frascos de volume pré-estabelecido e acondicionada sob refrigeração a 4°C. Para avaliar a eficiência do sistema de desaguamento na redução dos índices microbiológicos e físico-químicos e o potencial poluidor do lodo aos corpos de água, procedeu-se a coleta de toda a água drenada ao longo do tempo para constituição de amostras compostas para caracterização microbiológica e físico-química.

Posteriormente, as amostras compostas da água drenada e as tortas retidas nas mantas imediatamente após o término da drenagem e com 5 dias de exposição a luz solar, em ambiente natural sem proteção às intempéries, foram submetidas às análises

lises microbiológicas e físico-químicas. Para análises microbiológicas e de DBO, as amostras foram mantidas a 4°C e iniciadas em até 24 horas.

A técnica utilizada para detecção e quantificação de coliformes totais e *E. coli* foi a do substrato cromogênico Colilert (SOVEREIGN – USA), aprovado pelo American Public Health Association². A identificação dos *Enterococcus* ocorreu em três etapas. Primeiramente uma identificação presuntiva pela técnica dos tubos múltiplos em caldo confirmatório para enterococos (Himedia); posteriormente foi realizada a identificação bioquímica das cepas obtidas na primeira etapa, iniciada com a coloração de Gram e os testes bioquímicos: catalase e tolerância ao cloreto de sódio a 6,5%⁸. As cepas isoladas na etapa anterior foram identificadas em nível de espécie através do Kit API 20 STREP (BioMerieux, Marcy l'Etoile, France). Todas as etapas ocorreram em estufa bacteriológica a 37°C por 24h estendidas por 48 h para confirmação dos resultados negativos.

A identificação de *C. perfringens* ocorreu também em três etapas. Foi realizada uma identificação presuntiva pela técnica dos tubos múltiplos utilizando o caldo diferencial reforçado clostridial, (Himedia)⁷, na segunda etapa foi realizada a coloração de Gram e a identificação bioquímica, das cepas isoladas anteriormente, através dos testes fermentação abundante de leite e catalase⁸. Na terceira etapa os microrganismos foram caracterizados fenotipicamente pelo Kit API 20 A (BioMerieux, Marcy l'Etoile, France). Foi utilizado como controle positivo em todas as etapas a cepa *C. perfringens* ATCC 13124. As amostras foram incubadas em condições de anaerobiose, em estufa bacteriológica a 37°C por até 48 h.

A caracterização físico-química foi realizada através dos parâmetros turbidez, pesquisado pelo método Nefelométrico, cor aparente pelo método Espectrofotométrico, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), pelo teste DBO 5 dias a 20°C e Demanda Química de Oxigênio (DQO) pelo método de Refluxo fechado, segundo estabelecido pelo American Public Health Association².

Os metais estudados nas amostras foram: Alumínio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Cobalto total, Cobre dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Fósforo total, Manganês total, Níquel

total, segundo CONAMA 357⁴, que estabelece cada metal e seus valores limites na forma total ou dissolvida. As análises, foram realizadas para as amostras obtidas na coleta 3, em um laboratório de referência particular, na cidade de Londrina-PR, pelo método de Espectrofotometria de Emissão Óptica, segundo American Public Health Association⁽²⁾.

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Os resultados microbiológicos obtidos para os indicadores: coliformes totais e *E. coli*, *Enterococcus* spp e *Clostridium*, no ensaio de desaguamento em leito de drenagem através da manta geotêxtil para o lodo da ETA-Tibagi e da ETA-Cafezal, pela técnica dos tubos múltiplos podem ser observados na Tabela 1, onde são demonstrados o número mais provável de microrganismos (NMP)/100mL, para as amostras de lodo bruto e amostras compostas dos drenados obtidas pelo desaguamento.

Tabela 1-Identificação microbiológica do lodo bruto e da amostra composta de água drenada obtida pelo desaguamento (porcentagem de remoção microbiológica) para as estações de tratamento de água de Tibagi e Cafezal.

Amostras	Coliformes totais ^a	<i>E. coli</i>	<i>Enterococcus</i>	<i>Clostridium</i>	
Tibagi	Lodo bruto	6.6x10 ⁵	9.8x10 ⁴	2.4x10 ³	2.4x10 ⁵
	Água drenada	3.4x10 ⁴ (95%)	6.4x10 ² (99%)	9.3x10 ¹ (96%)	9.3x10 ³ (61%)
Cafezal	Lodo bruto	3.7x10 ⁶	3.1x10 ¹	2.3x10 ²	4.6x10 ⁴
	Água drenada	2.6x10 ⁴ (99%)	6.3 (79%)	3.9x10 ¹ (83%)	7.0x10 ² (98%)

^a Resultados obtidos pela técnica dos tubos múltiplos em NMP 100 mL⁻¹

O número de cepas isoladas a partir dos tubos múltiplos para o lodo da ETA Tibagi foram 15, já o número confirmado pelas provas bioquímicas de catalase, tolerância ao sal, coloração de Gram, teste PYR e Kit API ID 20 STREP, como pertencentes ao gênero *Enterococcus* foram 13. Dessas oito foram identificadas como *E. faecalis*, quatro foram identificadas como *E. faecium* uma como *E. durans*. Para água drenada da ETA Tibagi quatro cepas foram identificadas como pertencentes ao gênero *Enterococcus*. Após os testes bioquímicos e a identificação pelo Kit API ID 20 STREP três cepas foram confirmadas para o gênero e identificadas como *E. faecalis*.

Na ETA Cafezal pela técnica de tubos múltiplos foram isoladas três cepas de *Enterococcus* a partir do lodo *in natura*, pelos testes bioquímicos e pelo Kit API 20 STREP foi identificada uma cepa de *E. faecium*. Na água drenada foram isoladas quatro cepas pela técnica dos tubos múltiplos após as provas bioquímicas e o Kit API 20 STREP uma cepa foi identificada como *E. durans*.

O número de cepas isoladas a partir dos tubos múltiplos para o lodo da ETA Tibagi foram oito e número confirmado pelas provas bioquímicas fermentação abundante do leite, catalase, coloração de Gram e Kit API ID 20 A, como pertencentes ao gênero *Clostridium* foi uma cepa, identificada como *C. beijerinckii/C. butyricum*. Na água drenada 9 cepas foram isoladas pela técnica dos tubos múltiplos, porém nenhuma foi confirmada para o gênero através das provas bioquímicas e pelo Kit API ID 20 A.

Na ETA Cafezal número de cepas isoladas a partir dos tubos múltiplos para o lodo foram seis e número confirmado pelas provas bioquímicas e Kit API ID 20 A, como pertencentes ao gênero *Clostridium* foi uma cepa, identificada como *C. beijerinckii/C. butyricum*. Na água drenada cinco cepas foram isoladas pela técnica dos tubos múltiplos, porém nenhuma foi confirmada para o gênero através das provas bioquímicas e pelo Kit API ID 20 A. O indicador *C. perfringens* não foi encontrado nas amostras em estudo para as duas estações.

A torta composta por partículas sólidas retidas na manta geotêxtil durante o processo de desaguamento também foi avaliada quanto aos parâmetros microbiológicos e os resultados obtidos a partir da técnica dos tubos múltiplos estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2-Identificação microbiológica pela técnica dos tubos múltiplos em NMP100 mL⁻¹ da torta e porcentagem de remoção.

AMOSTRA	Coliformes	<i>E. coli</i>	<i>Enterococcus</i>	<i>Clostridium</i>
ETA-Tibagi	Torta inicial 14x10 ⁶	4.8 x10 ⁵	4.6 x10 ⁴	2.4 x10 ⁶
	Torta após 5 dias 2 (99.99%)	0 (100%)	1.1 x10 ⁵	2.4 x10 ⁵ (90%)
ETA-Cafezal	Torta inicial 24 x10 ⁶	2.4x10 ²	4.6x10 ⁴	4.3x10 ⁴
	Torta após 5 dias 1.3x10 ³ (99.99%)	6 (99.75%)	2.4x10 ⁴ (47.83%)	4.6 x10 ⁴

O número de cepas isoladas a partir dos tubos múltiplos para a torta proveniente da ETA Tibagi como pertencentes ao gênero *Enterococcus* foram 14, e o número confirmado pelas provas bioquímicas para a torta e Kit API 20 STREP foram 9. Dessas, sete foram identificadas como *E. faecalis* e duas foram identificadas como *E. faecium*.

Para a torta da ETA Cafezal, 9 cepas foram identificadas como pertencentes ao gênero *Enterococcus*, pelos tubos múltiplos na torta. Após as provas bioquímicas e Kit API 20 STREP cinco cepas foram confirmadas para o gênero, uma cepa como *E. faecalis*, duas como *E. faecium* e duas como *E. durans*.

O número de cepas isoladas a partir da torta proveniente das ETA Tibagi como pertencentes ao gênero *Clostridium* pela técnica dos tubos múltiplos foram 24 e 11 para a ETA Cafezal. Após as provas bioquímicas e Kit API ID 20 A, nas tortas das duas ETAs estudadas o indicador *C. perfringens* não foi encontrado. Na torta da ETA Tibagi, das cinco cepas que foram identificadas como pertencentes ao gênero *Clostridium* pelo Kit API ID 20 A, todas foram identificadas como *C. beijerinckii/C. butyricum* e também uma cepa da mesma espécie foi identificada na torta da ETA Cafezal.

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Os resultados dos parâmetros físico-químicos antes e após o tratamento por desaguamento do lodo acumulado em decantadores nas ETAs Tibagi e Cafezal estão demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3-Resultados das análises físico-químicas do lodo e da água drenada (porcentagem de remoção dos parâmetros analisados).

AMOSTRAS	DBO (mg L ⁻¹)	DQO (mg L ⁻¹)	Turbidez (uT)	Cor Aparente (uH)	pH (27°)	
ETA-Tibagi	Lodo bruto	88	4778.8	26.700	90.750	6.80
	Água drenada	9.7 (89%)	118.15 (97%)	426 (98%)	5.000 (94%)	6.93
ETA-Cafezal	Lodo bruto	27.3	2614.6	25.750	87.500	6.85
	Água drenada	11.4 (58%)	100.5 (96%)	89.9 (99%)	469 (99%)	6.99

Os resultados obtidos para os metais no lodo antes e após seu desaguamento estão demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4-Valores de metais obtidos para as amostras e os limites estabelecidos pelo CONAMA 357 para as classes de corpos hídricos.

Metais	L. Q.	Classe I/ II	Classe III	Tibagi		Cafezal	
				Lodo (mg L ⁻¹)	Amostra composta drenado (mg L ⁻¹)	Lodo (mg L ⁻¹)	Amostra composta drenado (mg L ⁻¹)
Alumínio dissolvido	0.008	0.1	0.2	0.085	N.D	0.093	0.086
Cádmio total	0.002	0.001	0.01	N.D	N.D	N.D	N. D
Chumbo total	0.01	0.01	0.033	0.176	N.D	0.158	N. D
Cobalto total	0.0025	0.05	0.2	0.174	N.D	0.578	N. D
Cobre dissolvido	0.0013	0.009	0.013	0.039	0.040	0.039	0.039
Cromo total	0.0019	0.05	0.05	0.533	N.D	1.099	N. D
Ferro dissolvido	0.002	0.3	5.0	N.D	N.D	N.D	N. D
Manganês total	0.005	0.1	0.5	13.87	1.234	32.0	2.655
Níquel total	0.0018	0.025	0.025	0.256	N.D	0.587	N. D
Zinco total	0.013	0.18	5.0	1.149	N.D	1.149	N. D

L.Q.: Limite de quantificação.

N.D.: Não detectado.

DISCUSSÃO

No Brasil, a resolução CONAMA 357⁴ dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabelece as condições de enquadramento dos corpos hídricos baseado na qualidade de suas águas. Estabelece para corpos de água doce de classe I, o limite de 200 NMP 100 mL⁻¹ para *E. coli*, para os corpos de água de classe II 1.000 NMP 100 mL⁻¹ e classe III 2.500 NMP 100 mL⁻¹. A legislação ambiental estadual⁽⁶⁾ do IAP- Instituto Ambiental do Paraná, estabelece entre outros parâmetros, o limite do valor de DQO de 200 mg L⁻¹ para lançamento em corpos hídricos.

Na ETA Tibagi, o lodo antes do desaguamento estava acima dos limites estabelecidos para as três classes de corpos hídricos, após o desaguamento se mostrou dentro dos limites estabelecidos para as classes II e III, para *E. coli*. O lodo da ETA-Cafezal, se mostrou dentro dos limites antes e após o desaguamento. O que pode ser justificado pela prática de pré-cloração.

A análise qualitativa do lodo das duas ETAs aponta a presença de três dos quatro indicadores pesquisados no lodo acumulado em decantadores. Após o desaguamento em leito de drenagem com manta geotêxtil observou-se a elevada redução dos parâmetros microbiológicos, com redução mínima de 61% e na ETA Cafezal observou-se uma redu-

ção no mínimo de 47.83%, dos três indicadores pesquisados. O estudo demonstrou a importância da utilização de outros indicadores microbiológicos. Foi observada na ETA Tibagi que o indicador tradicional *E. coli*, dentro dos limites estabelecidos para as classes de corpos hídricos, não anula a possibilidade de presença de outros microrganismos indicadores como Coliformes e *Enterococcus*.

Coliformes totais são os indicadores mais frequentemente estudados porque normalmente fazem parte das legislações para água potável. Vários investigadores observaram relações entre a presença de indicadores tradicionais e patogênicos em água¹⁶. As bactérias do gênero *Enterococcus*, como integrantes da microbiota gastrointestinal humana e animal, também são indicadores de contaminação fecal recente, com viabilidade na água mais prolongada do que *E. coli*^{10,16}. As espécies mais especificamente associadas à poluição fecal são *E. faecalis*, *E. faecium*, *E. durans* e *E. hirae*¹⁴.

De todos os indicadores microbiológicos pesquisados, o único que não esteve presente nas amostras de lodo e, conseqüentemente no drenado pertencente às duas estações em estudo, foi o *C. perfringens*. De acordo com Rice et al.(1996), bactérias esporo gênicas têm se mostrado úteis como indicadoras da eficiência de remoção de protozoários (*Cryptosporidium* *Giardia*) em estações de tratamento de água¹¹. Foi encontrado o *C. beijerinckii/C. butyricum*, cepas de difícil identificação ao nível de espécie. Por isso a identificação obtida pelo Kit API ID20 A apresenta as duas espécies juntas e estas não são utilizadas como indicadoras de qualidade de água.

A análise qualitativa da torta, partículas sólidas retidas na manta geotêxtil no desaguamento, proveniente das duas ETAs aponta também a presença de três dos quatro indicadores pesquisados no lodo acumulado em decantadores. Após a exposição desse resíduo por cinco dias, em ambiente natural sem proteção às intempéries leito de drenagem com manta geotêxtil observou-se a elevada redução dos parâmetros microbiológicos. Na ETA Tibagi apenas o indicador *Enterococcus* não apresentou redução, pois é de indicação auxiliar de poluição fecal e têm sido usados em análises de

água bruta como indicador de patógenos fecais por sobreviverem mais do que *E. coli*¹⁵, o que justifica a sua não redução com desaguamento. Na ETA Cafezal observou-se uma redução no mínimo de 47.83%, dos três indicadores pesquisados. Esses resultados indicam uma boa eficiência do tratamento na remoção de microrganismos.

O CONAMA 357⁽⁴⁾ estabelece o limite para a DBO de 3mg L⁻¹ para a classe I, 5mg L⁻¹ para a classe II e 10mg L⁻¹ para a classe III. Para as duas ETAs a DBO do lodo estava acima dos limites para as três classes de corpos hídricos, pode-se dizer que a disposição desse resíduo sem tratamento prévio, acarretará prejuízo à qualidade dos corpos receptores das três classes. Após o desaguamento na ETA Tibagi, observou-se redução 89% desse índice, e um valor dentro dos limites estabelecidos para corpos hídricos de classe III. Na ETA Cafezal observou-se também elevada redução e o valor 11.4mg L⁻¹, próximo dos limites estabelecidos para o corpos hídricos de classe III.

A legislação ambiental estadual⁶ do IAP-Instituto Ambiental do Paraná, estabelece como limite de DQO para lançamento 200mg L⁻¹. Para o lodo *in natura* das duas ETAs valores acima do estabelecido pela legislação foram encontrados desaguamento, após o desaguamento o lodo das duas ETAs apresentou valores dentro dos limites estabelecidos. Evidenciada a impossibilidade de lançamento sem tratamento prévio do resíduo lodo também para esse parâmetro e a necessidade do tratamento.

No lodo, observam-se valores altos para a turbidez para as ETAs, acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357⁴, para os corpos de água de classe I de até 40uT e até 100uT para as classes II e III, impossibilitando o lançamento desses resíduos *in natura* no ambiente para esse parâmetro. Após o desaguamento uma redução de 98% foi observada no lodo da ETA Tibagi porém ainda acima dos limites estabelecidos para os corpos hídricos. Na ETA Cafezal houve uma redução também elevada e o lodo apresentou-se dentro dos limites estabelecidos para as classes II e III.

A cor observada para o lodo apresentou valores altos e uma eficiente redução com desaguamento de 94% para ETA Tibagi e 99% para ETA

Cafezal. O CONAMA 357 não estabelece limites para a cor aparente. O pH dos resíduos se manteve próximo da neutralidade, antes e após o desaguamento em conformidade os limites estabelecidos pelo CONAMA 357⁴.

Verificou-se ainda que os metais Pb, Cu, Cr, Mn e Ni foram encontrados com valores acima dos permitidos para as três classes e o Co e o Zn apresentaram-se dentro do limite para a classe III. Portanto, o lançamento desse lodo *in natura*, acarretaria em impactos negativos ao corpo receptor principalmente em relação à contagem de *E. coli*, DBO, DQO, turbidez e metais. Já para o lodo da ETA Cafezal, o mesmo foi evidenciado para os parâmetros DBO, DQO e turbidez, *E. coli* esteve dentro dos limites aceitáveis para os corpos hídricos. Com relação aos metais Pb, Co, Cu, Cr, Mn e Ni no lodo, estavam acima dos limites para as três classes hídricas e o metal Zn, estava acima dos limites para as duas primeiras classes hídricas. Isso comprova a necessidade de um tratamento prévio para o lançamento desse resíduo em um corpo hídrico.

Em trabalho realizado por Achon et al.(2008), avaliaram o desempenho dos leitos de drenagem para desaguamento de lodos de ETAs, em que os leitos de drenagem mostraram-se eficientes para o desaguamento e redução de volume de lodo de estações de tratamento de água, de forma natural, sem consumo de energia ou adição de produtos químicos. Observaram ainda, que a água de drenagem proveniente dos lodos estudados, após cinco minutos de drenagem, apresentou baixos valores de cor e turbidez¹.

CONCLUSÕES

A caracterização microbiológica e físico-química do lodo de decantadores de ETAs realizada comprova o potencial poluidor deste resíduo e aponta a necessidade de tratamento a fim de minimizar os danos ao ambiente e proteger a saúde pública. No país, apesar da prática de disposição inadequada destes resíduos não ser um problema recente, o tratamento ainda é visto como novidade e deixado em segundo plano na implantação de estações de tratamento de água. O estudo realizado apontou a eficiência da tecnologia natural, que não gasta energia e

nem requer adição de produtos químicos para redução de microrganismos dos índices físico-químicos e metais, e que tornou o resíduo compatível com pelo menos uma das classes de corpos hídricos estabelecidas pelo CONAMA 357.

REFERÊNCIAS

1. Achon CL, Barroso MM, Cordeiro JS. Leito de drenagem: sistema natural para redução de volume de lodo de estação de tratamento de água. Eng Sanit Ambient 2008; 13(1): 54-62.
2. American Public Health Association. (APHA). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22ª edição. Washington: APHA; 2012.
3. Brasil. Portaria nº 2914 de 12 dezembro de 4. 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. [página na Internet]. [acessado 2015 jan 10] Disponível em: http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portari_MS_2914-11.pdf.
4. BRASIL. Resolução CONAMA nº 357 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF. [página na Internet]. [acessado 2015 jan 11] Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>
5. BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei nº 9.605 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF. [página na Internet]. [acessado 2015 jan 10] Disponível em: http://fld.com.br/catadores/pdf/politica_residuos_solidos.pdf
6. CEMA. Conselho Estadual do Meio Ambiente-Resolução nº 0070 de outubro de 2009. Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece condições e critérios e dá outras providências, para empreendimentos industriais. Curitiba, PR. [página na Internet]. [acessado 2015 jan 12] Disponível em: http://www.cema.pr.gov.br/arquivos/File/resolucao_070_site%281%29.pdf
7. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Norma técnica L5/213 Determinação do número mais provável de clostrídios sulfito redutores (*Clostridium perfringens*): método de ensaio. [página na Internet]. [acessado 2015 jan 12] Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/servicos/normas/pdf/L5213.pdf>
8. Konemann EW, Allen S.D, Janda WM, Schreckenberger PC, Winn WC. Diagnóstico microbiológico texto e atlas colorido. 6ª ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro; 2008.
9. Moreira RCA, Guimarães EM, Boaventura GR. Estudo geoquímico da disposição de lodo de estação de tratamento de água em área degradada. Quim Nova 2009; 32(8): 2085-2093.
10. Paul JH, Rose JB, Jiang S, Kellogg C, Shinn EA. Occurrence of Fecal Indicator Bacteria in Surface Waters and the Subsurface Aquifer in Key Largo, Florida. Appl Environ Microbiol 1995; 61: 2235-2241.
11. Rice EW, Fox KR, Miltner RJ, Lytle DA, Johnson CH. Evaluating water treatment plant performance using indigenous aerobic bacterial endospores. J Am Water Works Assoc 1996; 88(9) 122-130.
12. Reis ELT, Cotrim MEB, Rodrigues C, Pires MAF, Filho BO, Rocha SM, et al. Identificação da influência do descarte de lodo de estações de tratamento de água. Quim Nova 2007; 30(4) 865-887.

13. Richter CA. Tratamento de lodos de estações de tratamento de água. Edgard Blucher: São Paulo; 2001.
14. World Health Organization (WHO). World health organization guidelines for drinking water quality recomendations. Geneve: WHO; 2006.
15. World Health Organization (WHO). World health organization guidelines for drinking water quality recomendations. Geneve: WHO; 2004.
16. Wu JSC, Long DD, Dorner SM. Are microbial indicators and pathogens correlated? A statistical analysis of 40 years of research. J Water Health 2011; 9(2):265-278.

***Autor para correspondência:**

Tatiane das Neves Burgos

E-mail: tatianeburgos@hotmail.com