

**Área:** Sustentabilidade | **Tema:** Temas Emergentes em Sustentabilidade

### **AVALIAÇÃO MINERALÓGICA, FÍSICA E QUÍMICA DO LODO DE UMA ETA**

### **MINERALOGICAL, PHYSICAL AND CHEMICAL EVALUATION OF WTP SLUDGE**

Manoel Maraschin, Keila Fernanda Soares Hedlund e Elvis Carissimi

#### **RESUMO**

O tratamento do lodo gerado em estações de tratamento de água (ETA) tem por objetivo eliminar uma parcela considerável de água para que este resíduo sólido possa ser disposto ou utilizado, e assim minimizar impactos ambientais com seu lançamento irregular no ambiente. A etapa inicial deste processo ocorre com a floculação destes resíduos pela aplicação de polímeros hidrossolúveis. Na sequência, os flocos sedimentados ou flotados são separados do da fase líquida clarificada em operações de adensamento, seguida pela desidratação. Assim, este trabalho visou a caracterização do lodo produzido em uma estação convencional. Inicialmente foi feita caracterização dos resíduos segundo a NBR 10.004, com isso tem-se a classificação dos resíduos quanto a sua disposição. Além disso procedeu-se com a avaliação mineralógica para avaliar sua constituição físico-química e textural.

**Palavras-Chave:** Tratamento de água; Sedimentação; Resíduos sólidos

#### **ABSTRACT**

The treatment of sludge generated in water treatment plants (WTP) aims to eliminate a considerable portion of water so that this solid waste can be disposed of or used, thus minimizing environmental impacts with its irregular release into the environment. The initial stage of this process occurs with the flocculation of these residues by the application of water soluble polymers. Subsequently, sedimented or floated flakes are separated from that of the clarified liquid phase in densification operations, followed by dehydration. Thus, this work aimed to characterize the sludge produced in a conventional station. Initially, waste characterization was made according to NBR 10.004, with the classification of waste according to its disposal. In addition, mineralogical evaluation was carried out to evaluate its physicochemical and textural constitution.

**Keywords:** Water treatment; Sedimentation; Solid waste

# AVALIAÇÃO MINERALÓGICA, FÍSICA E QUÍMICA DO LODO DE UMA ETA

## 1 INTRODUÇÃO

No tratamento de águas superficiais utilizadas para fins potáveis há, principalmente, a utilização de unidades convencionais. Nestas unidades são realizadas as etapas de coagulação, floculação, sedimentação ou flotação, filtração e desinfecção. As operações desenvolvidas são essenciais para remoção de sólidos suspensos, substâncias coloidais ou quaisquer agentes patogênicos na água de abastecimento (MACKENZIE, 2016).

No Brasil, as Estações de Tratamento de Água (ETA) convencionais são utilizadas para tratar, aproximadamente, 70 % do volume da água consumida (IBGE, 2008). Em comum, apesar de existir simplificações em etapas e processos, nestas unidades ocorre uma geração elevada de carga de sólidos, em especial através das descargas de decantadores ou eventualmente flutadores (DI BERNARDO e DANTAS, 2005; ACHON, BARROSO e CORDEIRO, 2013).

A destinação ou disposição destes resíduos é um dos principais desafios, aliada ao tratamento, na gestão das ETA. Segundo levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), 66% do lodo gerado nas ETA era lançado em rios e demais corpos hídricos naturais.

Além de provocar aumento na concentração de sólidos totais na água, o lançamento *in natura* do lodo em corpos hídricos pode comprometer o uso da água em outras captações, em especial pela elevada carga de elementos potencialmente tóxicos, formados pelos reagentes utilizados no tratamento (sais de alumínio e de ferro).

A lei 9.605 de 1998, ou Lei dos Crimes Ambientais (BRASIL, 1998), destaca no art. 33 que o responsável pelo lançamento de efluentes ou carreamento de materiais que levarem a alteração de espécimes da fauna aquática existentes em rios, lagos, açudes, lagoas, baías ou águas jurisdicionais brasileiras estará passível de pena de detenção, de um a três anos, ou multa, ou ambas cumulativamente. É destacado, no art. 54 da referida lei, que o causador de poluição, tendo como resultado danos à saúde humana ou mortandade de animais e destruição significativa da flora, será responsabilizado e estará sujeito a pena de reclusão, de um a quatro anos, e multa. Se o ato provocar a interrupção do abastecimento público de água a pena será agravada, como destaca o mesmo artigo em seu parágrafo segundo e inciso terceiro.

Há, ainda, resoluções como as estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), entre as quais se destacam: CONAMA n° 430 de 2011 que dispõe sobre o lançamento de efluentes em corpos hídricos; CONAMA n° 237 de 1997 que trata do licenciamento para implantação de uma ETA. Merece destaque a Lei 12.305 (Brasil, 2010), que trata da política nacional dos resíduos sólidos, e a Lei 9433 (Brasil, 1997) que institui a política nacional dos recursos hídricos.

Com isso, torna-se indispensável o conhecimento das principais características destes resíduos, a fim de programar etapas de beneficiamento ou mesmo disposição em aterros sanitários.

## 2 METODOLOGIA

Para realização deste trabalho foram realizadas coletas de lodo na ETA de São Gabriel, localizada na região oeste do estado do Rio Grande do Sul. O tratamento da água bruta é realizado, em regime de concessão, pela empresa São Gabriel Saneamento (SGS). A ETA atende aproximadamente 97% da população da cidade.

A adução da água bruta ocorre por bombeamento via adutora instalada próxima a uma represa no Rio Vacacaí, um dos formadores do Rio Jacuí. A vazão média de operação da

estação é de  $137 \text{ L.s}^{-1}$  ( $493 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ ) podendo, em determinadas ocasiões, operar com vazões próximas a  $220 \text{ L.s}^{-1}$  ( $792 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ ).

O tratamento de água na estação ocorre de maneira convencional. Inicialmente é realizada a coagulação com adição de Cloreto de Polialumínio (PAC) no ponto de ressalto hidráulico gerado pela calha Parshall. Este procedimento ocorre de maneira automatizada, bem como a pré – cloração, quando necessária.

A floculação é realizada através de seis floculadores, cada um com área correspondente a  $14,52 \text{ m}^2$  e volume de  $36,3 \text{ m}^3$ . A água e os flocos são distribuídos aos dois decantadores, que atingem uma área superficial de  $700 \text{ m}^2$  e volume de  $1855 \text{ m}^3$ , por meio de cortinas de distribuição. A água decantada direciona-se a calhas coletoras e é encaminhada ao sistema de filtração, composto por seis filtros de fluxo descendente com área total de  $100 \text{ m}^2$ , construídos em leito simples de areia. Na Figura 1 é apresentada uma visão geral da ETA de São Gabriel, com destaque para os decantadores e floculadores.

Figura1 –ETA de São Gabriel – RS.



Fonte: autores.

O estudo experimental foi desenvolvido a partir do lodo dodecantador coletado na ETA de São Gabriel (Rio Grande do Sul). Como forma de tratamento do lodo coletado nos decantadores, na estação são empregados os bags desidratadores (Figura 2), que recebem o lodo previamente condicionado com polímero, a partir dessa operação submetem-se os resíduos à floculação por agitação hidráulica.

Na coleta e armazenamento foram utilizados os procedimentos descritos na NBR 10.007 (ABNT, 2004). As características qualitativas e quantitativas do lodo gerado variam de acordo com as condições operacionais do sistema, frequência e forma de limpeza dos decantadores ou flutuadores e filtros, tipo e dosagem de produtos químicos, assim como alterações na qualidade da água captada, que constitui uma variável temporal (CORDEIRO, 1999).

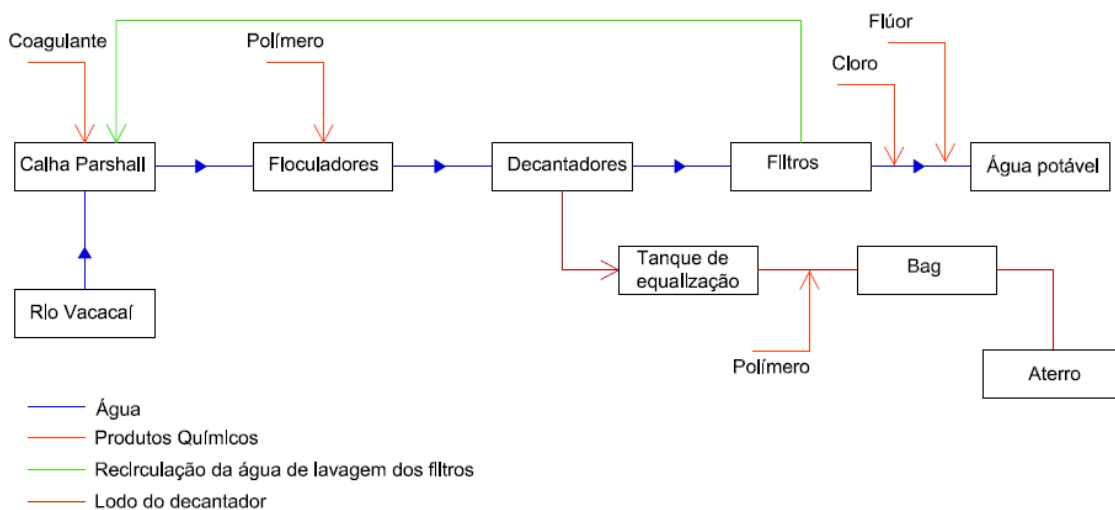
Figura2 – Bag desidratador aplicado no tratamento do lodo da ETA de São Gabriel – RS.



Fonte: autores.

Na Figura 3 é ilustrado um fluxograma do procedimento de tratamento desenvolvido (tratamento convencional) na estação.

Figura 3 - Fluxograma de operação da ETA e UTL de São Gabriel - RS.



Fonte: autores.

As análises físico-químicas dos principais parâmetros envolvidos na caracterização do lodo bruto foram: potencial hidrogeniônico(pH); sólidos totais (ST); sólidos totais fixos (STF); sólidos totais voláteis (STV); sólidos suspensos totais (SST); sólidos em suspensão fixos (SSF); sólidos em suspensão voláteis (SSV) e condutividade, seguindo procedimentos de realização descritos em APHA *et al.* (2012).

A caracterização microestrutural do lodo foi realizada com material seco em estufa a 70 °C, seguido de moagem em cadinho e almofariz de porcelana. O material foi utilizado em sua forma pulverulenta, passante na peneira #230. Através do conhecimento das partículas que compõem a amostra é possível avaliar seu comportamento frente a usos por meio de seus constituintes, assim como analisar características superficiais de suas partículas. Além disso, a complementação da análise por meio da espectroscopia de energia dispersiva (EDS) possibilita conhecer melhor a composição elementar do material.

Além da análise formológica por MEV, foram avaliadas a identificação da estrutura cristalina da amostra através da difração de raio-X (DRX) e a Fluorescência de raio-X (FRX), com a qual possibilita conhecer a composição de óxidos da amostra.

A classificação do lodo da ETA foi realizada segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004a), vinculada às normas NBR 10.005 (ABNT, 2004b) e NBR 10.006 (ABNT, 2004c). Através desta análise é possível avaliar a classe de periculosidade dos resíduos sólidos produzidos, bem como implementar sua destinação. As análises foram realizadas pelo laboratório *Analytical Technology Serviços Analíticos e Ambientais Ltda.*

### 3 RESULTADOS

Os resultados da caracterização (Tabela 1), com ênfase na série de sólidos, permitem constatar que o lodo de ETA é constituído, principalmente, por sólidos suspensos. Nas duas coletas realizadas a fração de SST ultrapassou o percentual de 92% em relação aos ST determinados, dados semelhantes foram encontrados por Hedlund (2016).

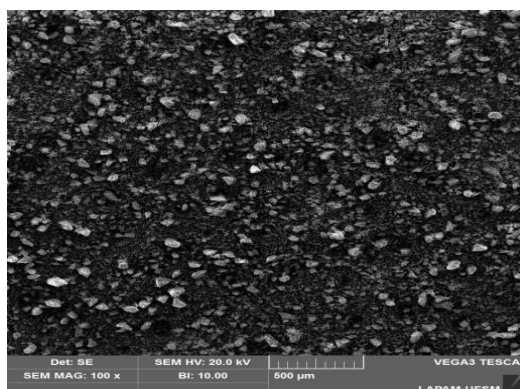
Tabela 1 - Análises físico-químicas do lodo coletado.

Parâmetro	1° coleta	2° coleta
ST (g L <sup>-1</sup> )	95,8	88,8
STF (g L <sup>-1</sup> )	71	66,6
STV (g L <sup>-1</sup> )	24,8	22,2
SST (g L <sup>-1</sup> )	88,6	84,4
SSF (g L <sup>-1</sup> )	70,1	67,5
SSV (g L <sup>-1</sup> )	18,5	16,9
Condutividade μS cm <sup>-1</sup>	93,5	90,7
pH	6,6	6,5

Fonte: autores.

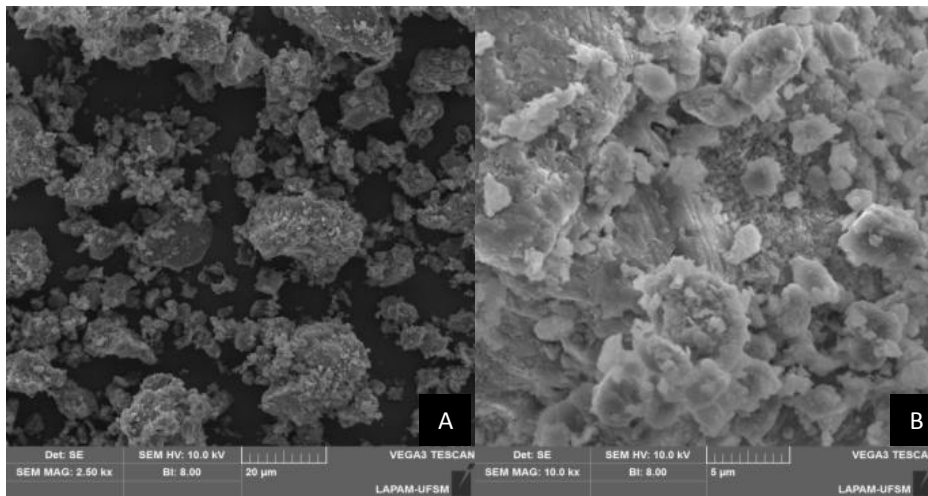
O resíduo caracterizado também apresentou elevada constituição de matéria inerte, em torno de 75%. A amostra de lodo seco apresentou partículas em formas angulares e de perfil irregulares (Figura 4). Esta constituição também foi observada por alguns autores (CORDEIRO, 1999; DI BERNARDO, DANTAS e VOLTAN, 2011; HEDLUND, 2016). A análise morfológica por MEV de uma amostra de lodo seco apresentou partículas em formas angulares e de perfil irregulare(Figura 4) com predomínio de placas lamelares (Figura 5).

Figura 4—Perfil irregular das partículas do lodo.



Fonte: autores.

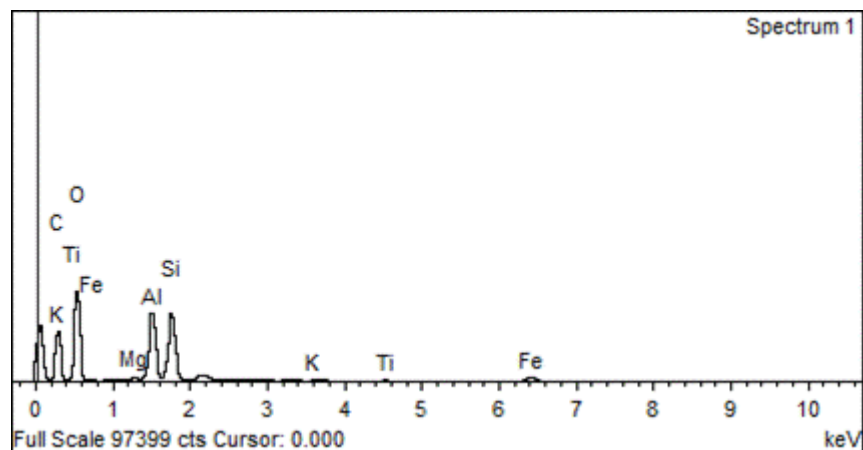
Figura 5 - MEV de uma amostra de lodo após moagem (a) magnificação 2500 X (b) magnificação 10000 X.



Fonte: autores.

Já a análise complementar por EDS (Figura 6) da amostra homogeneizada indicou a presença de O, C, Al, Si e Fe, além de baixa proporção de Mg, K e Ti. A distribuição dos elementos na superfície do resíduo da ETA demonstrou elevada proporção de Al, tendo em vista à utilização de coagulante a base de alumínio pela ETA. Quando analisada a constituição elementar da amostra sem inclusão do elemento carbono, tendo em vista o mesmo compor também a fita condutiva em carbono utilizada para fixação da amostra analisada, houve a seguinte proporção em peso: O (69,25%); Al (10,86%); Si (15,14%); Fe (3,78%); Mg (0,38%); K (0,35%) Ti (0,24%).

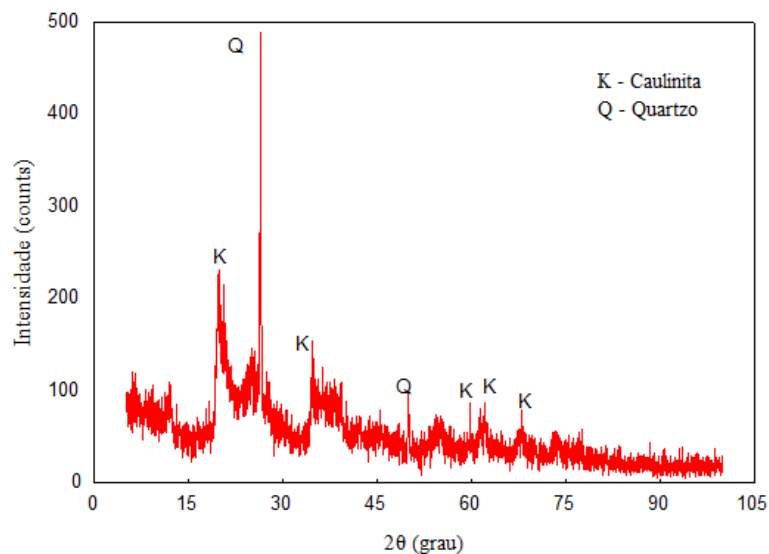
Figura 5–Espectro EDS do lodo de ETA.



Fonte: autores.

A Figura 7 apresenta o difratograma do lodo bruto em que se observa predominância da fase amorfa.

Figura 7 - Difratoograma de raio x do lodo bruto.



Fonte: autores.

Pelo difratograma representado pela Figura 7, as fases cristalinas demonstradas apresentaram predomínio do mineral caulinita, tendo sido identificado também à presença de quartzo. O predomínio dos minerais caulinita e quartzo em lodos de ETA também foi observado por outros autores (OLIVEIRA, MACHADO e HOLANDA, 2004; GASTALDINI et al., 2015). Resíduos caulínicos são amplamente utilizadas em misturas, após beneficiamento, pela construção civil, contudo, há comprovada viabilidade de seu emprego na remoção de fósforo, por meio da adsorção deste nutriente (CHEN, BUTLER e STUMM, 1973).

A quantificação dos óxidos, através da FRX, (Tabela 2) demonstra que o resíduo é constituído, basicamente, por SiO<sub>2</sub>, AlO<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Tabela 2 – Análise por FRX.

Composição	Quantificação (mgg <sup>-1</sup> )
SiO <sub>2</sub>	336,9
Al <sub>2</sub> O	268,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	75,5
K <sub>2</sub> O	8,1
TiO <sub>2</sub>	6,5
MgO	5,9
SO <sub>3</sub>	4,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,6
CaO	2,9

Fonte: autores.

Os resultados analíticos das amostras ensaiadas são apresentados nas Tabelas 3 (testes da amostra bruta), Tabela 4 (testes de lixiviação) e Tabela 5 (testes de solubilização).

Tabela 3 - Resultados analíticos dos testes da massa bruta segundo NBR 10.004.

Parâmetro	Unidade	Resultado	Limite de quantificação	Valor máximo permitido pela NBR 10.004
Teor de Sólidos	%	44,6	0,03	-
Umidade	%	55,4	-	-
pH	-	7,34	-	>2,0;<12,5
Inflamabilidade	°C	Não Inflamável	-	60
Sulfeto	mgkg <sup>-1</sup>	1,96	0,359	500
Cianeto	mgkg <sup>-1</sup>	<0.056	0,056	250

Fonte: autores.

De acordo com os resultados expostos na Tabela4, a massa bruta do lodo atendeu aos valores máximos permitidos pela NBR 10.004 em relação às principais características do lodo bruto, com destaque para a condição de inflamabilidade nula.

Tabela 4 - Resultados analíticos dos testes de lixiviação segundo NBR 10.004.

Parâmetro	Unidade	Resultado	Limite de quantificação	Valor máximo permitido pela NBR 10.004
Arsênio Total	mgL <sup>-1</sup>	< 0,01	0,010	1,0
Bário Total	mgL <sup>-1</sup>	0,430	0,010	70,0
Cádmio Total	mgL <sup>-1</sup>	< 0,004	0,004	0,5
Chumbo Total	mgL <sup>-1</sup>	< 0,009	0,009	1,0
Cromo Total	mgL <sup>-1</sup>	< 0,010	0,010	5,0
Fluoreto Total	mgL <sup>-1</sup>	0,710	0,150	150,0
Mercúrio Total	mg L <sup>-1</sup>	< 0,0002	0,0002	0,1
Selênio Total	mg L <sup>-1</sup>	< 0,009	0,009	1,0
Aldrin e Dieldrin	mg L <sup>-1</sup>	< 0,00003	0,00003	0,003
DDT	mg L <sup>-1</sup>	< 0,00003	0,00003	0,2
Endrin	mg L <sup>-1</sup>	< 0,00003	0,00003	0,06
Heptacloro	mg L <sup>-1</sup>	< 0,00003	0,00003	0,003
Hexaclorobenzeno	mg L <sup>-1</sup>	< 0,0015	0,0015	0,1
Lindano	mg L <sup>-1</sup>	< 0,00003	0,00003	0,2

Fonte: autores.

Os resultados obtidos para o extrato lixiviado foram inferiores aos limites máximos de referência estabelecidos pelo anexo F presente na NBR 10.004 (ABNT, 2004a) para os parâmetros inorgânicos e orgânicos avaliados. Assim pode-se inferir que os resíduos gerados na ETA de São Gabriel são Não – Perigosos.

Tabela 1 - Resultados analíticos dos testes de Solubilização segundo NBR 10.004.

Parâmetro	Unidade	Resultado	Limite de quantificação	Máximo permitido (NBR 10.004)
Alumínio Total	mgL <sup>-1</sup>	< 0,03	0,03	0,2
Arsênio Total	mgL <sup>-1</sup>	<0,01	0,01	0,01
Bário Total	mgL <sup>-1</sup>	0,141	0,01	0,7
Cádmio Total	mgL <sup>-1</sup>	< 0,004	0,004	0,005
Chumbo Total	mgL <sup>-1</sup>	< 0,009	0,009	0,01
Cianeto	mgL <sup>-1</sup>	< 0,006	0,006	0,07
Cloreto Total	mgL <sup>-1</sup>	<25,6	0,030	250
Cobre Total	mgL <sup>-1</sup>	< 0,009	0,009	2
Cromo Total	mgL <sup>-1</sup>	< 0,01	0,01	0,05
Ferro Total	mgL <sup>-1</sup>	0,193	0,03	03

Continua



Conclusão				
Parâmetro	Unidade	Resultado	Limite de quantificação	Máximo permitido (NBR 10.004)
Fluoreto Total	mgL <sup>-1</sup>	0,076	0,03	1,5
Fenóis Totais	mgL <sup>-1</sup>	< 0,009	0,009	0,01
<b>Manganês Total</b>	<b>mg L<sup>-1</sup></b>	<b>0,631</b>	<b>0,01</b>	<b>0,1</b>
Mercúrio Total	mgL <sup>-1</sup>	< 0,0002	0,0002	0,001
Nitrato	mgL <sup>-1</sup>	0,116	0,015	10
Prata Total	mgL <sup>-1</sup>	< 0,005	0,005	0,05
Selênio Total	mgL <sup>-1</sup>	< 0,009	0,009	0,01
Sódio Total	mgL <sup>-1</sup>	18,7	3	200
Sulfato Total	mgL <sup>-1</sup>	1,74	0,03	250
Surfactantes	mgL <sup>-1</sup>	< 0,015	0,015	0,5
Zinco Total	mgL <sup>-1</sup>	< 0,07	0,07	5
Aldrin e Dieldrin	mgL <sup>-1</sup>	< 0,00003	0,00003	0,00003
DDT	mgL <sup>-1</sup>	< 0,00003	0,00003	0,002
Endrin	mgL <sup>-1</sup>	< 0,00003	0,00003	0,0006
Heptacloro	mgL <sup>-1</sup>	< 0,00003	0,00003	0,00003
Hexaclorobenzeno	mgL <sup>-1</sup>	< 0,0009	0,0009	0,001
Lindano	mgL <sup>-1</sup>	< 0,00003	0,00003	0,002

Fonte: autores.

Conforme destacado na Tabela 11, o resultado obtido para o manganês não atendeu ao limite máximo descrito no anexo G da NBR 10.004 (ABNT 2004a). Desta forma, com base nestes resultados, os resíduos gerados na ETA de São Gabriel são considerados, em relação à periculosidade em Classe II A – Resíduo Não Inerte, condição também avaliada por Hedlund (2016).

### 3 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstra que o lodo gerado no decantador de uma ETA apresenta uma condição diversa de constituintes, formados pelos resíduos naturais obtidos da água captada, porém, sofrem incremento de reagentes utilizados no tratamento. Os resíduos sólidos produzidos na ETA de São Gabriel foram classificados como não perigosos, porém, a sua disposição requer que sejam seguidos caminhos de destinação corretos, restando vetado seu lançamento na natureza sem prévia avaliação.

Desta forma, torna-se indispensável o conhecimento destas características físicas e químicas para programação de etapas de beneficiamento ou disposição destes resíduos sólidos.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHON, C.L., BARROSO, M.M., CORDEIRO, J.S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. Engenharia Sanitária e Ambiental. v.18, n.2, p.115 – 122, 2013.

APHA – American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 ed., Washington: APHA-AWWA-WEF, 2012. 733p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 de fevereiro de 1998.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº. 237, de 19 de dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 de dezembro de 1997.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 de maio de 2011.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recurso Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 de janeiro de 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 02 de agosto de 2010.

CHEN, Y. S. R.; BUTLER, J. N.; STUMM, W. Adsorption of phosphate on Alumina and Kaolinite from Dilute Aqueous Solution. *Journal of Colloid and Interface Science*, v. 43, n. 2, p. 421 – 436, 1973.

CORDEIRO, J. S. Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs. In: REALI, M. A. P. (Coordenador). Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Projeto PROSAB, Rio de Janeiro: ABES, 1999. 240p.

DI BERNARDO, L., DANTAS, A. DI B. Métodos e técnicas de tratamento de água. v. I e II. São Paulo: Rima, 2005. 1565p.

GASTALDINI, A.L.G.; HENGGEN, M.F.; GASTALDINI, M.C.C.; DO AMARAL, F.D.; ANTOLINI, M.B.; COLETTI, T. The use of water treatment plant sludge ash as a mineral addition. *Construction and Building Materials*. v. 94, p. 513–520, 2015.

HEDLUND, K. F. S. Adensamento de lodo de estação de tratamento de água: comparação entre sedimentação e flotação. 2016. 152 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento de População e Indicadores Sociais (2000). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf)>. Acesso em: 24 de outubro de 2018.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água. São Paulo, Campinas: Átomo, 2010. 494p.

MACKENZIE, L. D. Tratamento de águas para abastecimento e residuárias: princípios e práticas. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. 824 p.

OLIVEIRA, E. M. S.; MACHADO, S. Q.; HOLANDA J. N. F. Caracterização de resíduo (lodo) proveniente de estação de tratamento de águas visando sua utilização em cerâmica vermelha. *Cerâmica*. v.50, p. 324-330, 2004.