

**FACULDADE DE IPORÁ – FAI
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIAS
BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA
BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL**

**Fernando de Oliveira Matheus
Rafael Pereira dos Santos
Wellington Mário Santos Machado**

**ESTIMATIVA DO LODO GERADO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA
DE IPORÁ PARA SUBSÍDIO À ANÁLISE DE IMPACTO DO DESCARTE EM UM
CORPO HÍDRICO**

**IPORÁ-GO
JUNHO DE 2022**

**FACULDADE DE IPORÁ – FAI
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIAS
BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA
BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL**

**Fernando de Oliveira Matheus
Rafael Pereira dos Santos
Wellington Mário Santos Machado**

**ESTIMATIVA DO LODO GERADO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA
DE IPORÁ PARA SUBSÍDIO À ANÁLISE DE IMPACTO DO DESCARTE EM UM
CORPO HÍDRICO**

Projeto de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Iporá, como exigência parcial para a conclusão do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária e de Engenharia Civil.

Orientador(a):

Prof. Esp. Rogério Alves de Oliveira

Coorientador(a):

Prof. Dra. Marcela Christofoli

**IPORÁ-GO
JUNHO DE 2022**

**Fernando de Oliveira Matheus
Rafael Pereira dos Santos
Wellington Mário Santos Machado**

**ESTIMATIVA DO LODO GERADO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA
DE IPORÁ PARA SUBSÍDIO À ANÁLISE DE IMPACTO DO DESCARTE EM UM
CORPO HÍDRICO**

Trabalho de Conclusão de Curso
aprovado pela Banca Examinadora para
obtenção do Grau de
Engenheiro Ambiental, e Engenheiro Civil
no curso de Engenharia Ambiental e
Sanitária e Engenharia Civil da
Faculdade de Iporá – FAI.

Iporá, 21 de junho de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Rogério Alves de Oliveira - Especialista - (Faculdade de Iporá - FAI) –
Orientador

Eng. Civil Wesmara Barbosa Ramos - Especialista - (Universidade Estadual de Mato
Grosso - Unemat) – Avaliadora

Prof. Marcela Christofoli - Doutora - (Faculdade de Iporá - FAI) – Coorientador(a)

LISTA E ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|---|
| Figura 1: Mapa aéreo da cidade de Iporá..... | 5 |
| Figura 2: Limites da Bacia do Ribeirão Santo Antônio..... | 6 |
| Figura 3: Esquematização das etapas utilizadas na ETA de Iporá para o tratamento de água..... | 6 |
| Figura 4: Foto aérea dos pontos de coletas das amostras para análise qualitativa. Ponto 1 montante, ponto 2 descarte do lodo, ponto 3 jusante..... | 8 |
| Figura 5: Foto do pHmetro usado para medição do pH das amostras coletadas..... | 9 |

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cálculo da estimativa de geração de lodo residual.....10

Tabela 2: Resultados das análises da água bruta coletadas nos pontos a montante e a jusante do local de descarte de lodo residual pela ETA de Iporá.....12

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ETA – Estação de tratamento de água

pH - Potencial hidrogeniônico

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| TÍTULO | 1 |
| RESUMO..... | 1 |
| 1 INTRODUÇÃO | 2 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 4 |
| 2.1 Análise de dimensionamento | 6 |
| 2.2 Análise qualitativa | 8 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 9 |
| 3.1 Análise de dimensionamento do lodo..... | 9 |
| 3.2 Análise qualitativa do lodo..... | 11 |
| 4 CONCLUSÃO..... | 15 |
| 5 REFERÊNCIAS..... | 16 |

ESTIMATIVA DO LODO GERADO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE IPORÁ PARA SUBSÍDIO À ANÁLISE DE IMPACTO DO DESCARTE EM UM CORPO HÍDRICO

DOS SANTOS, Rafael Pereira
Faculdade de Iporá
MACHADO, Wellington Mário Santos
Faculdade de Iporá
MATHEUS, Fernando De Oliveira
Faculdade de Iporá
OLIVEIRA, Rogério Alves de
Faculdade de Iporá
CHRISTOFOLI, Marcela
Faculdade de Iporá

RESUMO: A estimativa de lodo gerado em uma estação de tratamento de água (ETA) é de fundamental importância para análise de impacto do descarte desse resíduo em um corpo hídrico. Nesse sentido, esse trabalho teve como objetivo avaliar a quantidade de lodo produzida na ETA de Iporá-GO, bem como avaliar os parâmetros de qualidade da água após o descarte desse resíduo. Para isso, foi realizado um levantamento da quantidade de água (m^3) tratada e a quantidade mensal de resíduo gerado na ETA de Iporá ao longo de um ano. O cálculo para estimativa do lodo gerado foi realizado através da equação de Cornwell. Adicionalmente, foi realizada análise de qualidade da água nas proximidades do ponto de descarte do lodo. Os resultados indicam que foram gerados 210,5 Kg de lodo seco produzido por dia a partir do tratamento de 7977,53 m^3 de água. Foi contratada uma empresa especializada na grande capital, para atender a demanda que o próprio trabalho exige, justamente para obter resultados que são de suma importância para a realização dessa análise de impacto ambiental. Em comparação com resultados à montante, a análise à jusante apresentou pH muito próximo, um aumento de 17% no índice de turbidez, uma DBO 20% menor e um nível residual de alumínio 256% maior, sendo este último parâmetro o único fora dos recomendados pela resolução vigente. Através da análise qualitativa e também a análise por modelos matemáticos das características da água no ponto de descarte, entra como principal assunto a discussão de como é a destinação final deste material coletado, dando ênfase de como minimizar os impactos no tratamento da água do local.

Palavras-chave: ETA, Dimensionamento de Lodo Residual, Análise de Água, Impacto Ambiental.

ESTIMATED SLUDGE GENERATED IN IPORÁ WATER TREATMENT STATION TO SUBSIDY FOR DISPOSAL IMPACT ANALYSIS IN A WATER BODY

Abstract: The estimation of sludge generated in a water treatment plant (ETA) is of fundamental importance for the analysis of the impact of the disposal of this residue in a body of water. In this sense, this work aimed to evaluate the amount of sludge produced in the ETA of Iporá-GO, as well as to evaluate the parameters of water quality after the disposal of this residue. For this, a survey was carried out on the

amount of water (m³) treated and the monthly amount of waste generated at the ETA of Iporá over a year. The calculation for estimating the generated sludge was performed using the Cornwell equation. Additionally, a water quality analysis was carried out in the vicinity of the sludge disposal point. The results indicate that 210.5 kg of dry sludge produced per day were generated from the treatment of 7977.53 m³ of water. A company specialized in the big capital was hired to meet the demand that the work itself requires, precisely to obtain results that are of paramount importance for the realization of this analysis that were certified and authenticated by the competent person. Compared to upstream results, the downstream analysis showed a very close pH, a 17% increase in the turbidity index, a 20% lower BOD and a 256% higher residual aluminum level, this last parameter being the only one outside the recommended ones. by the current resolution. Through qualitative analysis and also the analysis by mathematical models of the water characteristics at the point of disposal, the main subject is the discussion of how the final destination of this collected material is, emphasizing how to minimize the impacts on the local water treatment.

Keywords: WTP, Residual Sludge Sizing, Water Analysis, Environmental Impact.

1 INTRODUÇÃO

O conjunto de processos para enquadramento da água em padrões pré-estabelecidos é definido como tratamento da água. Este tratamento passa por uma unidade, onde esses processos são executados visando a adequação da água nos padrões de potabilidade, tais unidades recebem assim, o nome de estação de tratamento de água (ETA) (SOUZA, 2007).

Um das características que se deseja alcançar com esses processos, é um alto nível de transparência, que será obtida pela redução da turbidez (EPA, 1999 citado por SILVA 2018). Ainda segundo o autor a turbidez pode ser definida como partículas em suspensão na água, partículas essas que podem ser matérias orgânicas e inorgânicas.

Existe ainda o conceito de cor que se difere da turbidez pelo fato que a cor é definida pela presença de impurezas finas em solução com diâmetros entre 1 milimícron a 1 micron, enquanto a turbidez se relaciona com partículas que formam flocos com diâmetros maiores que 1 micron (SOUZA, 2007).

No método convencional de tratamento de água são utilizados coagulantes para reduzir os níveis de cor e turbidez, formando flocos que possuem maior densidade que a água, decantando os materiais em suspensão (PAVANELLI,

2001). Ainda segundo o autor, os coagulantes mais utilizados são o sulfato de alumínio, cloreto férrico e sulfato férrico.

Em sua obra, SOUZA (2010) relata que esses materiais em suspensão são retirados no processo de tratamento, acumulando nos decantadores um resíduo formado por água, pelos flocos (antes suspensos) e pelos produtos acrescidos durante o tratamento da água. Para esse resíduo é dado o nome de lodo, que geralmente é rico em residual de alumínio.

O lodo é constituído por fase sólida e fase líquida. Destacam-se a maioria desses resíduos correspondente à fase líquida, subdividida em diferentes partes: Água livre, Água intersticial, Água vicinal e de Hidratação. (SMOLLEN e KAFAAR, 1994; VESILIND e HSU, 1997).

De acordo com Richter (2001), o lodo é o produto da coagulação da água bruta, que é constituída da parte líquida e sólidos suspensos contidos na fonte, junto com os produtos utilizados no tratamento da mesma. O lodo possui um teor de matéria seca que varia de 0,004 a 4%, função direta da qualidade da água bruta e do coagulante utilizado.

Os resíduos presentes no lodo são orgânicos e inorgânicos provenientes da água bruta, como por exemplo algas, bactérias, vírus, partículas orgânicas em suspensão, coloides, areia, argila, siltes, além dos compostos de cálcio, magnésio, ferro, manganês, etc. (GRANDIN *et al.*, 1993). Jesus *et al.* (2004) relatam que outros metais pesados podem fazer parte dos sedimentos em águas fluviais por causa dos poluentes arrastados pelo deflúvio superficial urbano ou mesmo por despejos de resíduos produzidos pelas indústrias nos mananciais que alimentam as estações de tratamento.

Os resíduos gerados em ETA's, são caracterizados por uma grande quantidade de teor de umidade, sendo maior do que 95%, estando na forma de fluido. Um dos objetivos ao tratar este resíduo é a redução do seu volume para que o mesmo possa ser disposto de forma adequada, diminuindo custos de transporte, disposição final e riscos de poluição (REALI *et al.*, 1999).

Tais rejeitos podem ser tratados de diversas formas, e entre elas está o leito de secagem, que é o lugar onde os processos de evaporação natural, e drenagem natural ou induzida se combinam com a finalidade de se obter um lodo menos diluído possível (LIBÂNIO, 2005 apud OLIVEIRA, 2010). Para tanto, é necessário a

realização do cálculo de dimensionamento, uma estimativa do lodo gerado em uma estação de tratamento, para servir como um dos parâmetros de quantificação e medir as consequências geradas pelo descarte desses resíduos.

É importante também a realização de monitoramento a montante e a jusante do ponto de descarte desses resíduos, a fim de verificar os possíveis impactos causados pelo seu descarte. Qualitativamente os dados de pH, turbidez, e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) são análises importantes para avaliar essas consequências, já que esses três parâmetros são citados na resolução CONAMA N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005, que classifica os corpos d'água, citando o intervalo permitido para cada um desses parâmetros em águas superficiais de classe 2, que é a classificação do corpo d'água onde são destinados os resíduos do tratamento de água de Iporá.

Considerando que esse lodo residual possui a presença de sulfato de alumínio, também se faz necessário o monitoramento residual de alumínio próximo a região de descarte desse lodo. O índice máximo permitidos desse metal pesado nesses corpos hídricos é de 1 mg/L e está contido na resolução CONAMA N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005, e é uma análise necessária para comparação dos resultados a montante e a jusante do ponto de descarte de um resíduo rico em sulfato de alumínio.

Sendo assim, a estimativa da geração de lodo através de modelos matemáticos contidos na literatura, e a análise qualitativa das características da água no ponto de descarte, serve como início a uma discussão de como a destinação correta desse lodo pode minimizar os impactos do tratamento de água. Os resultados podem ainda ser aplicados visando soluções alternativas de uso dos resíduos do tratamento. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a quantidade de lodo produzida na ETA de Iporá-GO, e analisar também os parâmetros físico-químicos das amostras coletadas no local de descarte, para promover uma discussão do impacto causado pela influência do lodo descartado no Ribeirão Santo Antônio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado utilizando dados de produção da ETA localizada no perímetro urbano da cidade de Iporá - Goiás, conforme Figura 1. Cidade essa que

conta com 31.274 habitantes de acordo com a última estimativa feita, situada a 216 quilômetros da capital Goiânia (IBGE, 2021) e que contém apenas uma estação de tratamento.

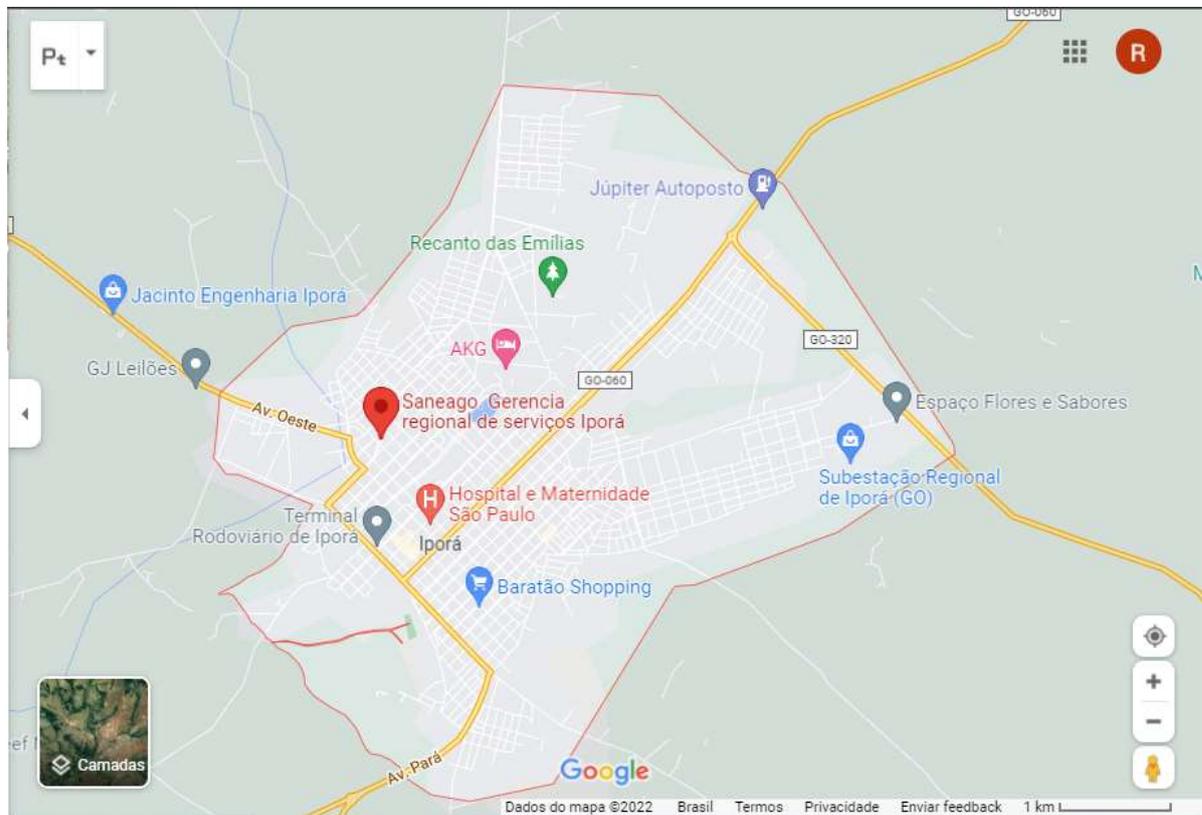


Figura 1: Mapa aéreo da cidade de Iporá – GO. Fonte: Pagina do Google Maps.

A ETA da cidade de Iporá realiza a captação de água no Ribeirão Santo Antônio, cuja bacia hidrográfica localiza-se a noroeste da zona urbana de Iporá - GO e integra a Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia/Tocantins. O município de Iporá - GO é banhado pelos rios Claro e Caiapó, os ribeirões Santa Marta e Santo Antônio e outros, com destaque o córrego Tamanduá, que drena a área urbana na parte a jusante da captação de água da SANEAGO – Saneamento de Goiás S/A, conforme Figura 2.

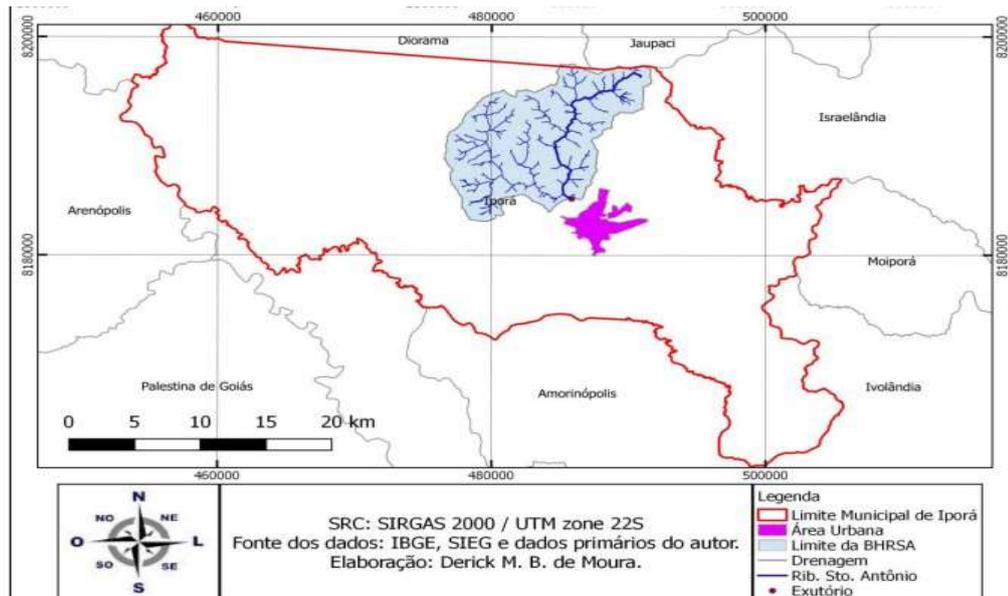


Figura 2: Limites da Bacia do Ribeirão Santo Antônio. Fonte: Moura, 2016.

Segundo Moura (2016), os principais solos presentes na área em estudo são Argissolos Vermelhos, Latossolos Vermelhos, Neossolos Litólicos, Cambissolos e Nitossolos, o que podem influenciar bastante na turbidez da água a ser tratada. A ETA de Iporá é do tipo convencional, sendo o tratamento realizado pelas etapas de floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação, conforme Figura 3.



Figura 3: Esquematização das etapas utilizadas na ETA de Iporá para o tratamento de água. Fonte: ROSCHILD, 2018, p.9

2.1 Análise de dimensionamento

Nas etapas de decantação e filtração os flocos formados pela adição do coagulante (sulfato de alumínio) são retidos nos decantadores e filtros, e nas

lavagens periódicas (diária dos filtros e mensal dos decantadores) o lodo formado pela sedimentação dos flocos é descartado através de uma rede que transporta o lodo diluído com a água da lavagem até o ponto de descarte, no leito do Ribeirão Santo Antônio, na Zona Urbana da cidade de Iporá, conforme Figura 3.

O levantamento e coleta dos dados de produção foi autorizado e fornecido pela Saneago, empresa que detém a outorga do tratamento e distribuição da água na cidade de Iporá.

Para calcular a estimativa de lodo foi utilizada uma fórmula matemática desenvolvida por Cornwell *et al.* (1987), já aplicada em algumas literaturas, como citado por SOUZA (2010), que levantou esse dimensionamento visando a aplicação do lodo residual como agregado na construção de tijolos cerâmicos. Uma fórmula derivada foi citada e aplicada por SANTOS *et al.* (2021) na comparação do dimensionamento de lodo residual de duas ETA's diferentes. A fórmula de Cornwell *et al.* (1987), se fez aplicável ao presente estudo por utilizar dados que já foram disponibilizados pela Saneago. Tal fórmula se dá por:

$$W = 0,0864. Q. (0,44. D + 1,5. T + A) \quad (01)$$

onde:

W = quantidade de lodo produzido por dia (kg/dia);

Q = vazão de adução de água (L/s);

D = dosagem de sulfato de alumínio(mg/L);

T = turbidez de água bruta (uT);

A = dosagem de “auxiliares” ou outros produtos adicionados (mg/L).

Os dados fornecidos foram do tratamento de água do dia 01/09/2020 a 30/09/2020, que corresponde a maior produção de água tratada, porém de baixa turbidez da água bruta da estação de Iporá no período de 12 meses. O período analisado foi escolhido pois, tendo a turbidez índices mais constantes, é possível ter cálculos mais precisos, considerando que a variação de turbidez vai acarretar em variação de dosagem do coagulante. Além disso os meses de maior média de turbidez correspondem aos meses chuvosos, que tem menor volume de tratamento de água, que também é proporcional à produção de resíduos.

2.2 Análise qualitativa

Para a análise qualitativa foram coletadas duas amostras, uma a aproximadamente 250 metros a montante e uma a 100 metros a jusante do ponto de descarte do lodo, no Ribeirão Santo Antônio, conforme pontos 1, 2 e 3 da Figura 4. As amostras foram coletadas no dia 25 de Abril de 2022, às 18:31h, armazenadas em uma caixa térmica com gelo, e entregue no dia posterior no laboratório da Conágua Ambiental, empresa situada na cidade de Goiânia-GO, contratada para analisar os parâmetros de turbidez, DBO e residual de alumínio das análises. O pH foi medido usando um pHmetro da marca Digimed modelo DM-22, como mostrado na Figura 5, análise realizada no momento da coleta, pelo próprio coletor. Dessa forma foram obtidos os parâmetros físicos (turbidez), químicos (pH e residual de alumínio) e biológicos (DBO), para comparar a qualidade das duas amostras.

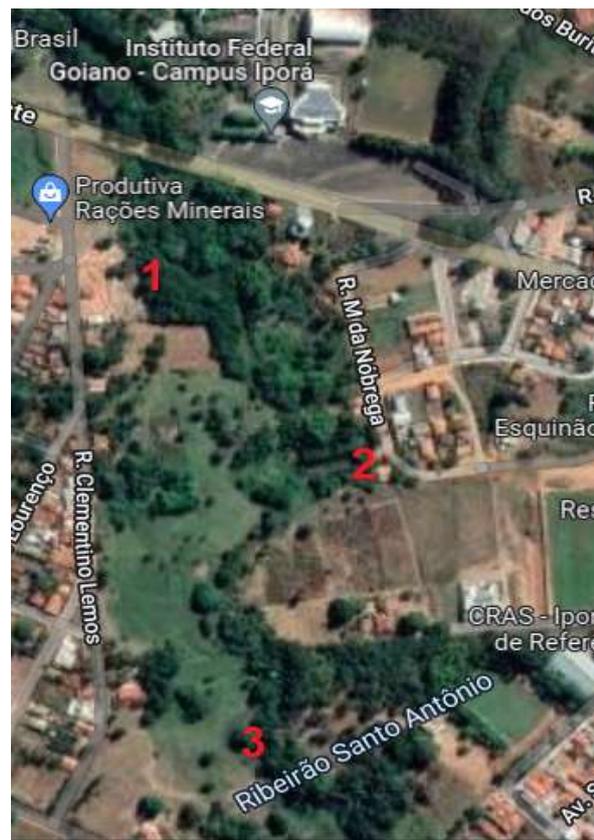


Figura 4: Foto aérea dos pontos de coletas das amostras para análise qualitativa. Ponto 1 montante, ponto 2 descarte do lodo, ponto 3 jusante. Fonte: Pagina do Google Maps.



Figura 5: Foto do pHmetro usado para medição do pH das amostras coletadas. Fonte: Própria, 2022.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise de dimensionamento do lodo

A Tabela 1 mostra os dados fornecidos de produção diária e média de turbidez da água bruta. A vazão foi convertida de metros cúbicos por dia, para litros por segundo, dividindo o volume total produzido (litros), por 86400 (segundos). A dosagem de coagulante é determinada pela companhia de abastecimento, calculada através de uma fórmula adaptada de CETESB (1973) que é relacionada à vazão e a turbidez da água bruta. Considerando que a vazão e turbidez se mantiveram sem grandes variações no período, foi adotado no cálculo uma dosagem de 17,91 mg/L.

No cálculo, a dosagem de “auxiliares” ou outros produtos foi desconsiderada por ser o sulfato de alumínio, o único reagente utilizada pela ETA de Iporá. Os dados foram organizados e incorporados a uma planilha para realização dos cálculos de forma automatizada, utilizando a fórmula de Cornwell, conforme Tabela 1.

Tabela 01: Dados de vazão e turbidez diária referente ao mês de setembro de 2020 para o cálculo da estimativa de geração de lodo residual.

Cálculo da estimativa de geração de lodo residual
MÊS 09/2020

| Dia | Vazão M³/dia | Vazão (Q) L/s | Turbidez Média(T) | W¹ = Sólidos (kg/dia) |
|--------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 8119 | 93,97 | 13,18 | 224,5 |
| 2 | 8306 | 96,13 | 13,49 | 233,5 |
| 3 | 8024 | 92,87 | 13,49 | 225,6 |
| 4 | 7957 | 92,09 | 12,91 | 216,8 |
| 5 | 8091 | 93,65 | 13,76 | 230,8 |
| 6 | 6984 | 80,83 | 13,83 | 199,9 |
| 7 | 7418 | 85,86 | 13,57 | 209,5 |
| 8 | 8232 | 95,28 | 14,00 | 237,7 |
| 9 | 8349 | 96,63 | 11,84 | 214,1 |
| 10 | 8417 | 97,42 | 12,13 | 219,5 |
| 11 | 8258 | 95,58 | 11,89 | 212,4 |
| 12 | 8309 | 96,17 | 11,54 | 209,3 |
| 13 | 7728 | 89,44 | 12,57 | 206,6 |
| 14 | 7703 | 89,16 | 11,29 | 191,2 |
| 15 | 8448 | 97,78 | 11,99 | 218,5 |
| 16 | 8494 | 98,31 | 10,95 | 206,5 |
| 17 | 7922 | 91,69 | 11,94 | 204,3 |
| 18 | 8506 | 98,45 | 11,73 | 216,7 |
| 19 | 8595 | 99,48 | 11,52 | 216,3 |
| 20 | 7826 | 90,58 | 11,60 | 197,8 |
| 21 | 8101 | 93,76 | 12,14 | 211,4 |
| 22 | 7907 | 91,52 | 10,95 | 192,2 |
| 23 | 6811 | 78,83 | 10,10 | 156,9 |
| 24 | 7325 | 84,78 | 11,67 | 185,9 |
| 25 | 7793 | 90,20 | 13,56 | 219,9 |
| 26 | 8270 | 95,72 | 11,81 | 211,7 |
| 27 | 7996 | 92,55 | 13,36 | 223,3 |
| 28 | 7146 | 82,71 | 12,15 | 186,5 |
| 29 | 8164 | 94,49 | 12,70 | 219,9 |
| 30 | 8127 | 94,06 | 12,35 | 214,6 |
| MÉDIA | 7977,53 | 92,33 | 12,3336667 | 210,5 |

¹Fórmula de Cornwell: $W = 0,0864 \cdot Q^2 \cdot (0,44 \cdot D + 1,5 \cdot T + A)$

Aplicando a fórmula de Cornwell *et al.* (1987), foi verificado um resultado médio de 210,5 quilogramas de lodo seco produzido por dia, e uma produção média diária de 7977,53 m³ de água tratada, resultado que indica produção de lodo seco de 26,38g/m³ (grama de lodo por metro cúbico de água).

Em uma das poucas publicações relacionadas ao levantamento desses dados, Santos *et al.* (2021) em seu estudo, utilizou dessa fórmula para dimensionar a produção de lodo residual na ETA João Ednaldo, e na ETA Poxim, no estado de

Sergipe. A série histórica avaliada foi no ano de 2019 com resultados que variaram entre $3,23 \text{ g/m}^3$ e $54,24 \text{ g/m}^3$ na ETA João Ednaldo e entre $48,04 \text{ g/m}^3$ e $99,31 \text{ g/m}^3$ na ETA Poxim. Ainda segundo os autores, a produção de resíduos é proporcional à quantidade de água tratada, características desta água, tipo de operação da estação de tratamento e produtos adicionais aplicados no tratamento, então cada local tem níveis residuais particulares. Entretanto, os resultados do presente estudo divergem dos dados obtidos por Santos *et al.* (2021) sobre a ETA de Poxim. Isso pode ser justificado, pois em estações que usam menores quantidades de produtos adicionais durante as etapas de tratamento de água, percebe-se que há menor variação de resultados na geração de resíduo, tanto na fórmula de Cornwell como na fórmula de Richter (2009), trazendo assim maior confiabilidade para os resultados.

O presente estudo indica que sendo ETA's com operações semelhantes (tratamento convencional, sem adição de produtos auxiliares), os valores obtidos na estação de Iporá-GO, estão dentro do intervalo de produção de lodo da ETA João Ednaldo no ano de 2019, porém se faz necessário a análise e estudo dos dados de cada ETA na qual se deseja fazer esse dimensionamento, pois o clima, região e diversos fatores externos e internos ao tratamento de água serão uma variável ao cálculo de dimensionamento do lodo. A escassez de artigos relacionados a esse tema pressupõe que mesmo a maioria das cidades gerando resíduos de tratamento de água, não há uma grande preocupação em dimensionar e quantificar a geração de resíduos que, segundo Molina (2010), na maioria dos casos são efluentes lançados em terrenos ou corpos hídricos próximos, sem nenhum tipo de tratamento.

3.2 Análise qualitativa do lodo

A alta concentração de sólidos, turbidez, metais e matéria orgânica existente nos lodos de ETA comprometem a qualidade dos corpos d'água. As legislações buscam gerenciar e melhorar a qualidade da água, bem como de corpos hídricos em seus múltiplos usos, por meio de parâmetros físico-químicos. A Portaria do Ministério da Saúde 2914/2011 estabelece o padrão de potabilidade da qualidade da água para consumo humano, definindo como água potável aquela que não oferece riscos à saúde. A Resolução n.º 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) “dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as

condições e padrões de lançamento de efluentes” (CONAMA, 2005. p. 01). Apresentando parâmetros para o enquadramento dos corpos hídricos brasileiros sendo, portanto, ambas as legislações são importantes ferramentas no monitoramento da qualidade da água.

Os resultados das análises qualitativas do lodo realizadas no laboratório da Conágua Ambiental estão apresentados na Tabela 2. De acordo com os resultados o nível de turbidez a montante do ponto de descarte do lodo pela ETA de Iporá é de 81,70 UT, enquanto que a jusante o nível de turbidez é maior, sendo de 95,7 UT. Outra variação observada é a DBO, que variou de 1,0 mg/L a montante, para 0,8 mg/L a jusante do ponto de descarte do lodo. Quanto as análises de alumínio total a variação foi de 0,095 mg/L para 0,338 mg/L, a montante e a jusante, respectivamente. Por fim a variação do pH foi de 7,47 a montante para 7,43 a jusante do ponto de descarte de lodo.

Tabela 02: Resultados das análises da água bruta coletadas nos pontos a montante e a jusante do local de descarte de lodo residual pela ETA de Iporá.

| Tabela de Análises Qualitativas da Água Bruta | | | |
|--|-----------------|----------------|-------------------------------|
| Análise | Montante | Jusante | Variação de Percentual |
| Turbidez uT | 81,70 | 95,70 | +17% |
| DBO (mg/L) | 1,0 | 0,8 | -20% |
| Alumínio total (mg/L) | 0,095 | 0,338 | +256% |
| Ph | 7,47 | 7,43 | -0,5% |

Turbidez é a quantificação da interferência de absorção de luz incidente em uma amostra, provocado por materiais diversos em suspensão provenientes de partículas de rocha, argila, silte, algas e outros microrganismos e muitas outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais e é particularmente alta em regiões com solos erosivos, onde a precipitação pluviométrica pode carrear suas partículas. (ISO, 1999).

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece que o Valor Máximo Permitido para consumo humano é de 1,0 uT para água subterrânea

desinfectada e água filtrada após tratamento completo ou filtração direta, e 5,0 uT como padrão de aceitação para consumo humano. Para água resultante de filtração lenta o Valor Máximo Permitido é 2,0uT. No entanto, as análises foram realizadas em água cujo parâmetro pode variar de 0 a 4000 uT de acordo com padrão primário de turbidez.

Também está expresso no art. 8º, §4º da Resolução CONAMA 357/2005 que “as possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados nesta Resolução, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas utilizando-se ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos, ou outros métodos cientificamente reconhecidos.”

No art 15. da mesma resolução diz que: “aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo anterior, à exceção do seguinte: IV - turbidez: até 100 UNT; V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂;” (CONAMA 2005).

A turbidez, além de reduzir a penetração da luz solar na coluna d’água, prejudicando a fotossíntese das algas e plantas aquáticas submersas, pode recobrir os ovos dos peixes e os invertebrados bênticos (que vivem no fundo). Os sedimentos em suspensão podem carrear nutrientes e pesticidas, obstruindo as guelras dos peixes, e até interferir na habilidade do peixe em se alimentar e se defender dos seus predadores. As partículas em suspensão localizadas próximo à superfície podem absorver calor adicional da luz solar, aumentando a temperatura da camada superficial da água (CANÁRIO, 2018).

Apesar das variações de turbidez a montante e jusante do ponto de descarte de lodo, esses valores ainda se encontram dentro dos limites da qualidade da água determinados pela CONAMA 357/2005 para águas de classe 2.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é um parâmetro utilizado para determinar o nível de poluição das águas, verificada pelo potencial do consumo de oxigênio dissolvido por microrganismos que trabalham na degradação dessa matéria orgânica (CETESB, 2008).

Os microrganismos (bactérias aeróbias, por exemplo) atuam como catalisadores de reações de oxidação, nas quais os compostos orgânicos, juntamente ao gás oxigênio, são transformados em novos compostos. Como exemplo, a oxidação da glicose leva à produção de gás carbônico e água (DIAS,

2022). Os compostos orgânicos que são oxidados na natureza são constituídos principalmente de carbono, hidrogênio e oxigênio, além de nitrogênio, fósforo, enxofre. Consideram-se poluídas as águas que apresentam alta concentração DBO, já que essa substância é utilizada na decomposição de compostos orgânicos (DIAS, 2022).

Quanto maior a quantidade de efluentes lançados em um curso de água, maior será a quantidade de matéria orgânica, o que favorecerá um grande consumo de gás oxigênio (O_2) por parte dos microrganismos, elevando a DBO e prejudicando os seres vivos aeróbios. Isso porque, ao elevar a DBO, os seres vivos anaeróbios passam a realizar a reação de oxidação dos compostos orgânicos, o que leva à produção de substâncias de odor desagradável, como o ácido sulfídrico (H_2S) (DIAS, 2022). Os resultados da DBO apresentaram uma melhoria na qualidade da água superficial pois houve uma redução de 20% na demanda no ponto a jusante ao descarte de lodo residual.

O pH – Potencial Hidrogeniônico expressa a intensidade de acidez ou alcalinidade na água, por meio da concentração de íons de hidrogênio na solução, adotando um padrão de referência que varia de 0 a 14. Valores de pH menores que 7 indicam acidez; valores iguais a 7 indicam neutralidade e, aqueles superiores a 7 indicam alcalinidade na solução aquosa. Águas naturalmente tendem a apresentar pH próximo a neutralidade, contudo, características do solo e a atividade fotossintética podem contribuir para alteração do potencial (BRASIL, 2006).

A resolução CONAMA 357/05 recomenda que para corpos hídricos classe 2 o pH deve ficar entre 6 e 9. Portanto, os valores de pH obtido neste estudo estão em conformidade a legislação vigente.

Embora tenham um importante papel biológico, doses de metais acima dos níveis fisiológicos podem provocar efeitos prejudiciais, alterando várias funções celulares, estruturas moleculares e teciduais, afetando e comprometendo todo o organismo. Estes efeitos tóxicos podem ser potencializados pela sua capacidade de bioacumulação em diversos organismos e cadeias tróficas, acumulando em diferentes tecidos vivos, sem que os indivíduos tenham sido diretamente expostos ao metal (BAIRD, 2002).

A Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece como concentração máxima de alumínio total na água potável o teor de 0,2 mg/L, como limite de potabilidade.

A concentração residual de alumínio passou de 0,095 mg/L a montante para 0,338 mg/L a jusante, o que representa uma variação do residual de alumínio de 256%. Seguindo a legislação vigente que determina a qualidade da água o dado obtido a jusante está 66 % acima do permitido para consumo humano, e 238% acima do permitido para água bruta superficiais de classe 1 e 2.

O alumínio está entre os elementos mais comuns no meio ambiente, ocupando o terceiro lugar depois de oxigênio e silício e primeiro entre os metais. Ele pode entrar nos corpos d'água e riachos da superfície por causa da dissolução parcial de argilas e silicatos de alumínio ou com precipitação e efluentes de diversas plantas industriais (LINNIK & ZHEZHERYA, 2013). Sabe-se ainda que o alumínio não é um elemento biogênico, e não é retirado das massas de água, como é o caso de outros metais, como ferro, manganês, zinco etc, visto que, acredita-se que o alumínio como componente da matéria em suspensão não apresenta biodisponibilidade para os plânctons (LINNIK & ZHEZHERYA, 2013).

O alumínio é mais solúvel em águas ácidas ($\text{pH} < 6$) do que aquele em que o pH não é menor que 6 ou 7 (Baird, 1999), portanto, não é o caso deste estudo onde obtivemos os dados de $\text{pH} > 7$, mas vale ressaltar a importância de manter a qualidade pH nos corpos hídricos, o efeito mais danoso das águas ácidas sobre os peixes se deve ao alumínio. Após ser solubilizado dos solos, ele existe como íon livre em águas ácidas, quando os íons hidróxido precipitam-se como gel nas brânquias dos peixes, que são menos ácidas, dificultando a assimilação normal do oxigênio da água e sufocando os peixes.

Portanto, os resultados indicam o elevado teor de alumínio dissolvido na água e o descarte inadequado de lodo residual pode ser nocivo ao homem e a biota o que remete a importância de estudos dos impactos ambientais causados pela má destinação deste resíduo.

4 CONCLUSÃO

A partir do presente estudo conclui-se que a geração de lodo residual no mês de setembro de 2020 na ETA da cidade de Iporá-Go foi de 210,5 kg de lodo seco

por dia, resultado obtido através de uma fórmula matemática já utilizada e comparada por outros autores. A característica do lodo produzido é de alto teor de alumínio, conforme mostram as análises obtidas através de coletas à montante e à jusante do ponto de descarte. As amostras foram enviadas a um laboratório especializado, obtendo resultados que indicaram níveis de DBO, turbidez e pH pouco alterados, ainda dentro dos padrões exigidos pela resolução vigente. Entretanto o residual de alumínio teve um aumento de 256% da jusante em relação à montante, superando em 238% os níveis máximos exigidos para a classificação do corpo hídrico receptor.

Visto que não há um tratamento prévio do lodo descartado na ETA de Iporá e dados os efeitos prejudiciais à saúde humana, animal e vegetal do elevado nível de alumínio presente na água, o trabalho se mostra importante, para que se abram discussões a respeito da destinação adequada desses resíduos, que são efeitos colaterais da demanda humana por água potável.

5 REFERÊNCIAS

ACHON, Cali Laguna; BARROSO Marcelo Melo; CORDEIRO João Sérgio. **Leito de drenagem**: sistema natural para redução de volume de lodo de estação de tratamento de água. 2008. Eng. sanit. ambient. Redução de volume de lodo de ETAs – sistemas naturais Vol.13 - Nº 1 - jan/mar 2008, 54-62• acessado em: 15/mar/2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522008000100008>>.

BAIRD, C. **Environmental Chemistry**. 2. ed. Ontario: University of Western Ontario, 1999. 557 p.

BAIRD C. **Química Ambiental**, 2.ed., Porto Alegre: Bookman, 2002, 622p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 284 p.

CANÁRIO, Joaquim Augusto. **Captação, Abastecimento, Uso e Gestão da água na cidade do Sumbe, Cuanza Sul-Angola**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas, dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. In: Série de Relatórios – Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. Secretaria de Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo. 2008.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005**. Resolução nº 357, 17 de Março de 2005. Ministério do Meio Ambiente. Acesso em 17/mar/2022. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf

DIAS, Diogo Lopes. **"Demanda Bioquímica de Oxigênio"**; *Brasil Escola*. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/quimica/demanda-bioquimica-oxigenio.htm>>. Acesso em 03 de junho de 2022.

GRANDIN, S.R.; ALEM SOBRINHO, P. & GARCIA JR., A.D. (1993) **Desidratação de lodos produzidos em estações de tratamento de Água**. In: XVII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais... Natal (RN): ABES, v. 2, p. 324-341.

IBGE – **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

Jesus, H.C.; Costa, E.A.; Mendonca, A.S.F. & Zandonade, E. (2004) - **Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES**. *Química Nova*, 27(3): 378-386. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n3/20162.pdf>

Linnik, P.N. & Zhezherya, V.A. 2013. **Aluminum in surface water of Ukraine: Concentrations, migration forms, distribution among abiotic components.** **WaterResources**, 40(2): 157-169

MOLINA, T. **Caracterização e tratamento de água de lavagem de filtros de ETA com o uso de polímeros sintéticos e amido de batata.** Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 2, n.3, p. 28-44, 2010.

MOURA, D. M. B. **Proposta metodológica para avaliação e definição de fontes superficiais de abastecimento público: uma análise comparativa entre duas bacias hidrográficas, visando a segurança hídrica de Iporá (GO).** 2021. 247 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

PARRON, Lucilia Maria; MUNIZ, H. de F.; PEREIRA, Claudia Mara. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.** 2011.

PAVANELLI, Gerson. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada.** Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2001. Acesso em 10/jun/2022. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-21012003-084719/publico/Pavanelli+G.pdf>

RICHTER, C. A. **Tratamento de Lodos de Estação de Tratamento de Água.** São Paulo, 2001. Acesso em: 15/mar/2022. Disponível em: http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4528/1/PB_PPGEC_M_Nievola%2c%20Camila_2019.pdf

ROSCHILD, Caroline Voser Pereira. **Tratamento de água.** Capes, Universidade Federal de Pelotas - UFPEL Centro de Engenharias – ceng. 2018. Acesso em: 15/mar/2022. Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br>;

SOUZA, Walterler Alves de. **Tratamento de água** – Natal: CEFET/RN, 2007;