

IMPACTOS GERADOS PELO LODO ORIUNDO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) DO MUNICÍPIO DE PAU BRASIL (BAHIA)

IMPACTS GENERATED BY THE SLUDGE FROM THE WATER TREATMENT STATION (WTP) IN THE MUNICIPALITY OF PAU BRASIL (BAHIA)

José Roberto Silva Santos^a, Rita de Cascia Avelino Suassuna^a,
Vinicius de Amorim Silva^a

^a Universidade Federal do Sul da Bahia – UFSB

robertoagape25@gmail.com, casciasuassuna@ufsb.edu.br, vinicius.amorim@cja.ufsb.edu.br

Submissão: 17 novembro de 2022

Aceitação: 24 outubro de 2024

Resumo

No Brasil, o lodo produzido nos decantadores das Estações de Tratamento de Água (ETA) do tipo convencional, juntamente com a água de lavagem dos filtros dessas estações, costuma ser descartado nos corpos hídricos sem nenhum tratamento. A ETA de Pau Brasil, a exemplo da maioria das estações do Brasil, descarta seu lodo no rio Água Preta sem nenhum tratamento prévio. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar o potencial do impacto causado pelo descarte inadequado do lodo produzido na Estação de Tratamento de Água de Pau Brasil, Estado da Bahia. Assim, foram identificados os processos de tratamento onde é gerado o lodo na ETA e realizada a caracterização físico-química e microbiológica do resíduo sólido. A pesquisa também identificou o trajeto percorrido pelo lodo, desde seu ponto de geração (ETA) até o seu destino final (rio Água Preta). Destarte, foram escolhidos três pontos (P1, P2 e P3) localizados do rio Água Preta, com a finalidade de se determinar alguns parâmetros físico-químicos (pH, temperatura, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, salinidade e turbidez) e microbiológicos (coliformes totais e termotolerantes), a fim de avaliar os impactos provocados pelo lançamento do lodo nesse corpo hídrico. No total, foram realizadas três coletas mensais, nos meses de abril, maio e junho. Os resultados encontrados para os parâmetros condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, salinidade e turbidez permitiram inferir que o descarte indevido do lodo no rio sem tratamento provocou alteração na qualidade da água do rio, especificamente no local do descarte do lodo. Porém, a qualidade da água do rio antes do descarte do lodo já estava comprometida em função do lançamento de esgotos domésticos nele. Além de poluída, a água do rio estava contaminada por coliformes totais e termotolerantes.

Palavras-chave: recursos hídricos; resíduo sólido; qualidade da água.

Abstract

In Brazil, the sludge produced in the decanters of conventional Water Treatment Plants (WTP), together with the water used to wash the filters of these plants, is usually discharged into water bodies without any treatment. The Pau Brasil WTP, like most plants in Brazil, discharges its sludge into the Água Preta River without any prior treatment. Thus, the main objective of this study is to evaluate the potential impact caused by the inadequate disposal of sludge produced at the Pau Brasil Water Treatment Plant, in the state of Bahia. Thus, the treatment processes where the sludge is generated at the WTP were identified and the physical, chemical and microbiological characterization of the solid waste was performed. The research also identified the path taken by the sludge, from its point of generation (WTP) to its final destination (the Água Preta River). Therefore, three points (P1, P2 and P3) located in the Água Preta River were chosen to determine some physical-chemical parameters (pH, temperature, electrical conductivity, total dissolved solids, salinity and turbidity) and microbiological parameters (total and thermotolerant coliforms) in order to evaluate the impacts caused by the discharge of sludge in this water body. In total, three monthly collections were carried out in the months of April, May and June. The results found for the parameters electrical conductivity, total dissolved

solids, salinity and turbidity allowed us to infer that the improper disposal of sludge in the river without treatment caused changes in the quality of the river water, specifically at the site where the sludge was disposed of. However, the quality of the river water before the sludge was disposed of was already compromised due to the discharge of domestic sewage into it. In addition to being polluted, the river water was contaminated by total and thermotolerant coliforms.

Keywords: water resources; solid waste; water quality.

1 INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais urbanos no Brasil estão em ascensão e, entre outros fatores, a população brasileira deixou de ser majoritariamente rural para viver nos centros urbanos. A Estação de Tratamento de Água (ETA) da cidade de Pau Brasil (BA) surge da necessidade de distribuir água potável para toda a população, porém, no seu projeto não se faz menção à destinação final dos resíduos produzidos nos seus processos de tratamento da água. Infelizmente, essa é uma realidade na maioria das ETAs no Brasil, conforme citam Achon e Cordeiro (2015), sendo os resíduos lançados diretamente nos corpos d'água, sem nenhum tipo de tratamento.

Por isso, a Assembleia Geral das Nações Unidas aprovou com a Resolução 70/1 de 2015, a agenda de 2030, que é um plano de ação abrangente, a fim de alcançar um maior desenvolvimento humano em favor das pessoas e do planeta, que cobre o econômico, social e esferas ambientais. Esta agenda levanta 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) de uma natureza integrada e cada país enfrenta diferentes desafios para atingi-lo (ONU, 2015).

Um desses objetivos é o ODS 6, que integra o gerenciamento sustentável da água potável, saneamento básico e higiene e o relaciona à saúde das pessoas. Como referência, se tem a definição do ODS 6 da agenda prevista até 2030 da seguinte maneira (Brasil, 2016, p. 27):

Objetivo 6. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.

6.1 alcançar o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos

6.2 alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade.

6.3 melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e

minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente.

6.4 aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água

6.5 implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado

6.6 proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos.

Conforme cita Smiderle (2016, p. 1), o Brasil começou a atentar para a preservação do meio ambiente aperfeiçoando a sua legislação, com o passar dos anos passou a exigir mudança de postura da indústria de saneamento com relação a esse passivo ambiental.

Resta cristalino que o arcabouço normativo brasileiro, com o advento da Política Nacional de Meio Ambiente, Lei Federal nº 6.938 (Brasil, 1981), que dá respaldo ao artigo 225 da Constituição Federal (Brasil, 1988), classifica como poluição o lançamento de matérias em desacordo aos padrões ambientais estabelecidos.

O abastecimento de água potável é um dos quatro componentes do saneamento ambiental, que é constituído pelas atividades e pela manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias ao abastecimento público de água potável, previsto na Lei Federal nº 11.445 (Brasil, 2007).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2022) estabelece que os sistemas de tratamento para tornar a água potável englobam os processos físicos, químicos e biológicos, sendo atividades inerentes à concepção e operação da ETA. Por sua vez, a Instrução Normativa nº 13 do

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), de 18 de dezembro de 2012, define que os resíduos de ETA são provenientes do processo de clarificação da água (floculação, sedimentação, filtração).

Nesta celeuma, a Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei Federal nº 9.433 (Brasil, 1997), estabelece que está sujeito à outorga pelo poder público o lançamento em corpos de água de resíduos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final.

A Lei Federal nº 9.605 tipifica como dano a lesão ao meio ambiente provocada pelo lançamento de resíduos nos corpos hídricos em inobservância aos preceitos legais (Brasil, 1998).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal nº 12.305 (Brasil, 2010), define o lodo produzido nas ETAs como resíduo sólido, classificado também pela NBR 10.004 (ABNT, 2004a). Por se tratar de um resíduo que pode causar impacto no meio ambiente, não deverá ser descartado de qualquer maneira no meio ambiente, necessitando passar por um tratamento e/ou ser reutilizado.

O lodo da Estação de Tratamento de Água precisa ser gerenciado conforme as normas ambientais vigentes. O descarte de forma irregular, sem nenhum tipo de tratamento, poderá impactar os corpos hídricos, como observam Paiva, Moreira e Soares:

No entanto, as características do lodo são muito variáveis, evidenciando a necessidade de se analisar, em cada caso, o lodo proveniente das ETAs. Essa determinação é de suma importância, pois a partir dela é que se definem a magnitude e o tipo de impacto ambiental gerado e relacionado à disposição do resíduo (subproduto) do tratamento de água (Paiva; Moreira; Soares, 2016, p. 3).

A produção do lodo em Estações de Tratamento de Água (ETAs) é inevitável, tendo em vista que, no processo de tratamento da água bruta, o material sólido precisa ser removido da água a ser distribuída à população na forma potável. Nos processos de purificação da água são adicionados produtos químicos que originam o resíduo denominado lodo de ETA. Quando esse lodo é descartado indevidamente em corpos hídricos, pode provocar alterações na qualidade da água do rio.

O lodo de ETA é classificado como resíduo classe II (não perigoso – não inerte), ou seja, não se enquadra nas classificações de resíduos classe

I (Perigosos) ou de resíduos classe II B (Inertes). Os resíduos classe II A (não inertes) podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, havendo, portanto, a necessidade de sua disposição adequada, atendendo ao disposto nas normas: NBR 10.004 (ABNT, 2004a), NBR 10.005 (ABNT, 2004b), NBR 10.006 (ABNT, 2004c) e NBR 10.007 (ABNT, 2004d).

Para Urban, Isaac e Morita (2019, p.129-130), o despejo do lodo da ETA “em corpos d’água ou no sistema público de esgoto não é apropriado, pois se devem respeitar as legislações relativas aos resíduos sólidos e a lei de Crimes Ambientais. A prática mais comum no Brasil – a de lançamento do lodo dos decantadores das ETAs no sistema público de esgoto [...]”. Para os autores tal fato deve ser evitado, pois têm efeitos danosos na qualidade da água e também do solo.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

A pesquisa foi realizada na Estação de Tratamento de Água da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A (Embasa), localizada no Município de Pau Brasil, Região Sul do Estado da Bahia, pertencente à região cacaujeira, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). O Município de Pau Brasil tem uma população atual de 10.852 habitantes, dos quais 68% vivem na zona urbana e 32% na zona rural. A área territorial é de 626,306 km², densidade demográfica de 17,89 hab./km² e o Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* é de R\$ 8.281,87 (IBGE, 2010). Na Figura 1 é mostrada a área urbana da cidade.

A cidade apresenta clima úmido tropical e temperatura média anual de 25 °C. Sua rede hidrográfica é formada pelos rios Pardo, Água Preta, Vale das Cascatas, Córregos Verde, Toucinho e Lava Pés.

O manancial que abastece a cidade é o rio das Pratas, localizado na região do Vale das Cascatas e a captação da água é realizada usando utilizando-se a energia da gravidade. A água bruta é captada no manancial, conduzida até a ETA, onde passa por diversas operações unitárias que compõem o processo de tratamento, tais como coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação, até ser distribuída para consumo humano e o lodo produzido na ETA é descartado no rio Água Preta.

Figura 1 - Área urbana da cidade de Pau Brasil

Fonte: Google Earth (2022).

2.2. Identificação dos locais de geração de lodo na ETA

Inicialmente foi realizada uma visita técnica à ETA Pau Brasil a fim de conhecer o processo de tratamento de água de abastecimento, bem como identificar os locais de geração do lodo, ou seja, os

decantadores e os filtros. Vale salientar que a água resultante do processo de lavagem dos filtros da ETA é misturada ao lodo produzido nos decantadores e encaminhada ao rio. Foram realizados registros fotográficos do lodo produzido nos decantadores e nos filtros (Figura 2).

Figura 2 - a) Decantador da ETA onde é produzido o lodo / b) Processo de lavagem do filtro com produção da água de lavagem que é descartada no rio, juntamente com o lodo dos decantadores

a)



b)



Fonte: autor (2022).

2.3 Identificação do trajeto percorrido pelo lodo da ETA até o seu ponto de lançamento final (rio)

Nessa etapa foi realizada a identificação do local final de descarte do lodo e da água de lavagem dos filtros no rio, bem como o percurso percorrido pelos resíduos até desaguar nele (Figura 3). Assim, foi realizado o levantamento da distância entre o local de descarte do lodo da ETA até o rio. Além disso, observou-se que no percurso existe um corpo de água intermediário, o córrego

Lava Pés. Foi feito o registro fotográfico de todo o percurso percorrido pelo lodo e todas as observações do trajeto foram anotadas, tais como deposição de material sólido do lodo no solo ou em quaisquer cursos de água existente, bem como o levantamento do impacto provocado pelo lodo na água do rio. O local escolhido é justamente onde a ETA lança o lodo na tubulação; logo após, o resíduo deixa a canalização sendo lançado em um corpo hídrico intermitente que deságua no Rio Água Preta.

Figura 3 - Trajeto percorrido pelo lodo da ETA até o rio Água Preta



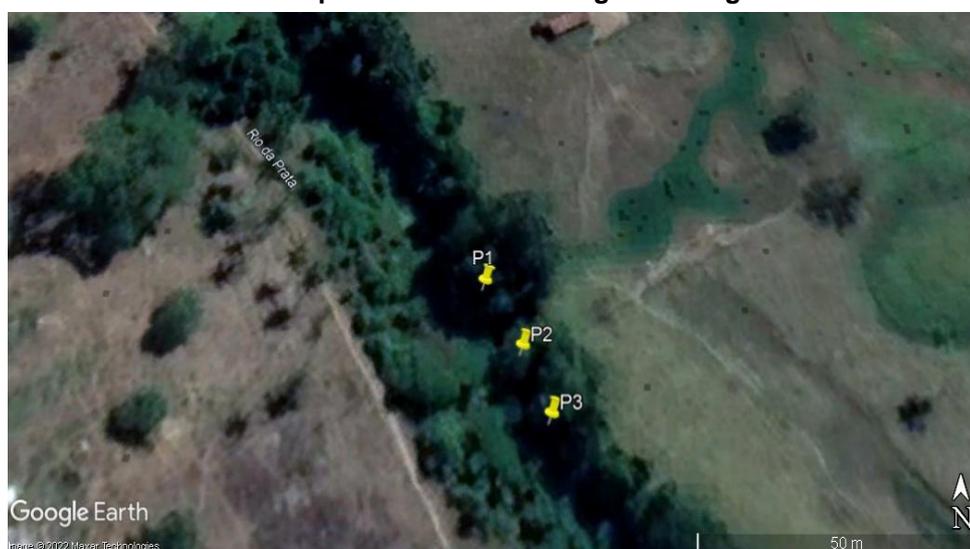
Fonte: adaptado do Google Earth (2022).

2.4 Escolha dos pontos localizados no rio para determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos

No total foram escolhidos três pontos no rio, com distância de 8 metros entre eles (denominados P1, P2 e P3) para caracterização da qualidade da sua água, nas seguintes

coordenadas geográficas: a localização do P1, a montante (0430081 E, 8289548 N); o P2 localizado no local de descarte do lodo (0430088 E, 8289536 N); o P3 situado a jusante (0430089 E, 8289534 N). Esses pontos foram georreferenciados utilizando-se o *Sistema Global de Navegação por Satélite* (GNSS), lançados no *Google Earth* e convertidos em imagem (Figura 4).

Figura 4 - Pontos escolhidos no Rio Água Preta para determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água



Fonte: adaptado do Google Earth (2022).

No total foram realizadas três campanhas de determinação dos seguintes parâmetros físico-químicos da água do rio: pH, temperatura,

condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e salinidade. Utilizou-se para isso uma sonda multiparamétrica, com determinação *in loco*. Além

disso, foram coletadas amostras de água nesses locais para determinação de turbidez e dos exames microbiológicos (coliformes totais e termotolerantes). Para as análises microbiológicas utilizou-se frascos estéreis, que foram transportados ao laboratório sob refrigeração em caixas térmicas contendo gelo. As amostras foram analisadas dentro de um prazo máximo de 24 horas, utilizando-se o teste *Colisure®*, recomendado pelo *Standart Methods* (Rice; Baird; Eaton, 2017), caracterizado pelo resultado de presença/ausência em 24 horas, a uma temperatura de incubação de 35 °C, quando ocorre mudança de coloração da solução, representando a presença de coliformes totais e, submetidas à luz ultravioleta, ocorrendo emissão de luminescência,

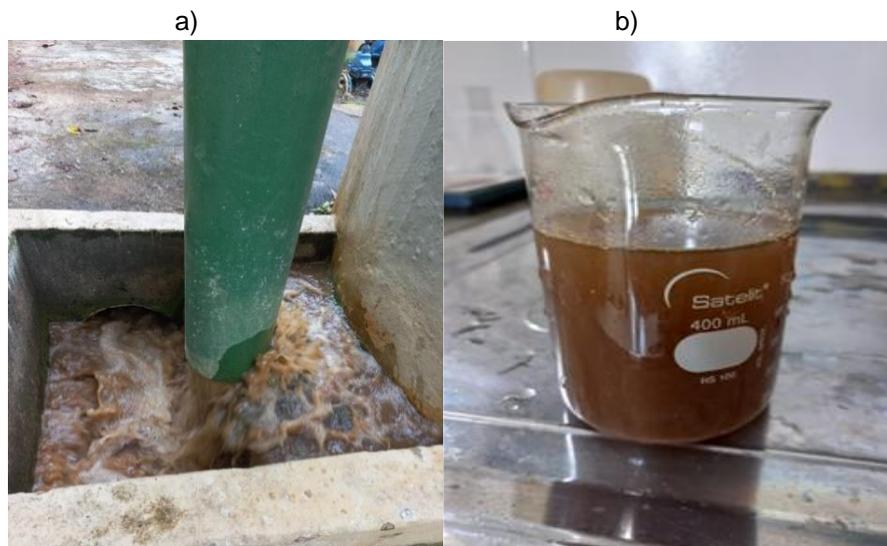
a indicação da presença de coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*).

2.5 Determinação das características físico-químicas e microbiológicas do lodo e da água de lavagem dos filtros da ETA

Na ETA, foram coletadas amostras de lodo dos decantadores e da água de lavagem dos filtros (Figura 5) para determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Adicionalmente, foram realizadas determinações da turbidez do lodo e da água de lavagem dos filtros por meio do uso de um turbidímetro.

Figura 5 - a) Água de lavagem dos filtros / b) Amostra de lodo coletada na saída do decantador



Fonte: autor (2022).

2.6 Classificação do clima e condições meteorológicas médias em Pau Brasil

De acordo com a Figura 6, em Pau Brasil o verão é longo, quente, opressivo e de céu quase encoberto; o inverno é curto, agradável, úmido e de céu quase sem nuvens. Ao longo do ano, em geral, a temperatura varia de 16 °C a 31 °C e raramente é inferior a 14 °C ou superior a 34 °C. Baseado no índice de clima descrito, a melhor época do ano para visitar Pau Brasil e realizar atividades de clima quente é do fim de maio ao fim de setembro.

A temperatura média em Pau Brasil é apresentada na Figura 7, na qual se observa que a estação quente permanece por 4,0 meses, de 3

de dezembro a 5 de abril, com temperatura máxima média diária acima de 30 °C. O mês mais quente do ano em Pau Brasil é fevereiro, com a máxima de 31 °C e mínima de 21 °C, em média.

A estação fresca permanece por 2,5 meses, de 5 de junho a 23 de agosto, com temperatura máxima diária, em média, abaixo de 27 °C. O mês mais frio do ano em Pau Brasil é julho, com a mínima de 17 °C e máxima de 27 °C, em média.

Já a Figura 8 evidencia a probabilidade diária de precipitação, e é considerado dia com precipitação aquele com precipitação mínima líquida ou equivalente a líquida de 1 milímetro. A probabilidade de dias com precipitação em Pau Brasil varia ao longo do ano. A estação de maior

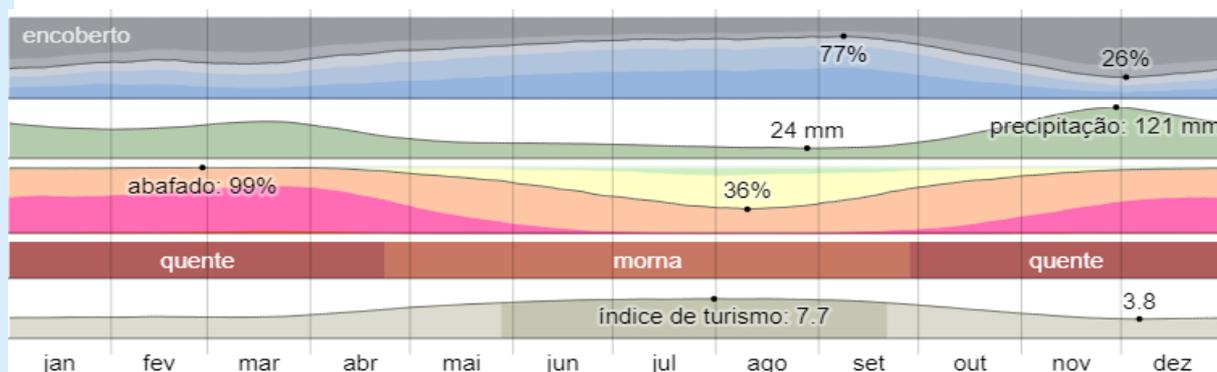
precipitação dura 6,0 meses, de 24 de outubro a 25 de abril, com probabilidade acima de 30% de que um determinado dia tenha precipitação. O mês com maior número de dias com precipitação em Pau Brasil é novembro, com média de 12,1 dias com pelo menos 1 milímetro de precipitação.

A estação seca dura 6,0 meses, de 25 de abril a 24 de outubro. O mês com menor número de dias com precipitação em Pau Brasil é setembro, com média de 5,2 dias com pelo menos 1 milímetro de precipitação. Dentre os dias com precipitação, distinguiu-se entre os que apresentam somente chuva, somente neve ou uma mistura de ambas. O mês com mais dias só de chuva em Pau Brasil é novembro, com média de 12,1 dias. Com base nessa classificação, a forma de precipitação mais

comum ao longo do ano é de chuva somente, com probabilidade máxima de 43% em 24 de novembro.

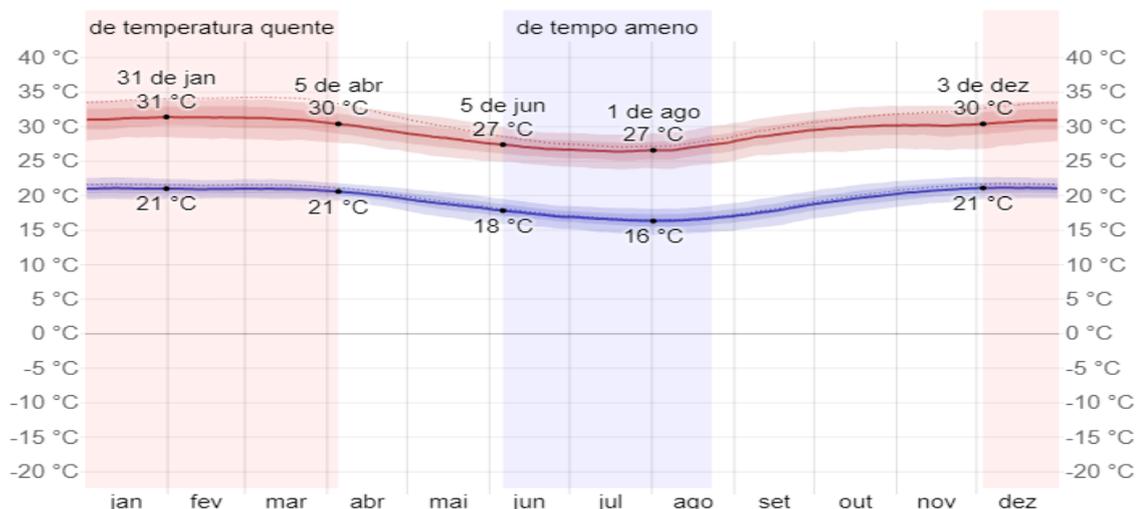
Para demonstrar a variação entre os meses e não apenas os totais mensais, na Figura 9 apresenta-se a precipitação de chuva acumulada durante um período contínuo de 31 dias ao redor de cada dia do ano. Pau Brasil tem variação sazonal significativa na precipitação mensal de chuva. Pode-se observar que chove ao longo do ano inteiro em Pau Brasil. O mês mais chuvoso em Pau Brasil é novembro, com média de 109 milímetros de precipitação de chuva. O mês menos chuvoso em Pau Brasil é agosto, com média de 25 milímetros de precipitação de chuva.

Figura 6 - Clima em Pau Brasil



Fonte: Weather Spark (2022).

Figura 7 - Temperaturas máximas e mínimas médias em Pau Brasil



Fonte: Weather Spark (2022).

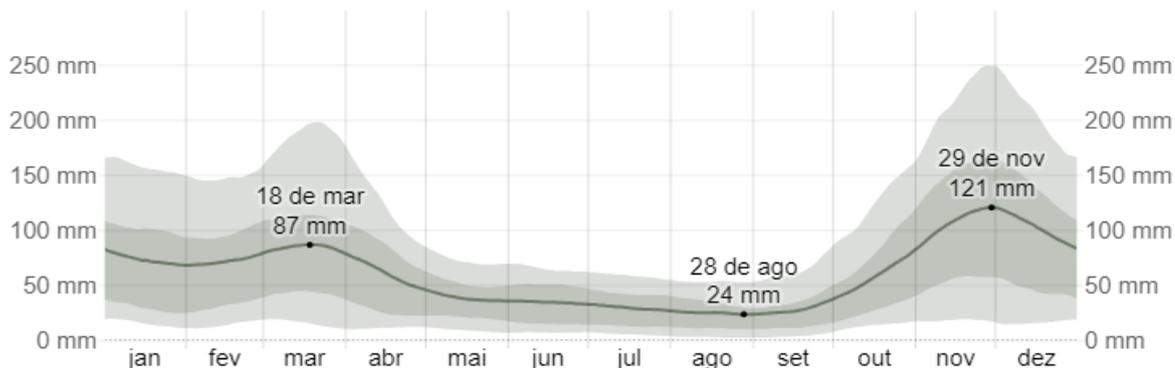
Legenda: (Temperatura máxima (linha vermelha) e mínima (linha azul) médias, com faixas do 25º ao 75º e do 10º ao 90º percentil. As linhas finas pontilhadas são as temperaturas médias percebidas correspondentes.

Figura 8 - Probabilidade diária de precipitação em Pau Brasil



Fonte: Weather Spark (2022).

Figura 9 - Chuva mensal média em Pau Brasil

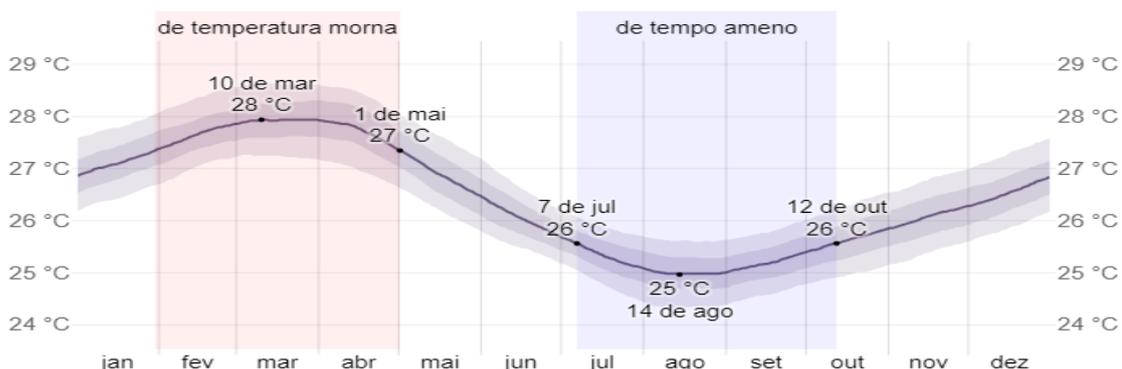


Fonte: Weather Spark (2022).

Pau Brasil fica situado na Região Hidrográfica: ATLÂNTICO LESTE. A figura 10 descreve a temperatura média da superfície dessa região em uma área ampla. A temperatura média da água passa por variações sazonais significativas ao longo do ano.

A época do ano em que a água é mais quente dura 3,1 meses, de 30 de janeiro a 1 de maio, com temperatura média acima de 27 °C. O mês de águas mais quentes em Pau Brasil é março, com temperatura média de 28 °C.

Figura 10 - Temperatura média da água em Pau Brasil



Fonte: Weather Spark (2022).

A época do ano em que a água é mais fria dura 3,2 meses, de 7 de julho a 12 de outubro, com temperatura média abaixo de 26 °C. O mês de águas mais frias em Pau Brasil é agosto, com temperatura média de 25 °C.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados de outros Trabalhos Científicos

Segundo a pesquisa de Paiva e Parreira (2012), numa Unidade de Tratamento de Resíduos, a UTR de Rio Manso (MG), os dados encontrados permitiram constatar a melhoria do desempenho da UTR, principalmente no que diz respeito ao volume de resíduos que foram lançados pelo decantador da ETA e ao percentual de sólidos totais do lodo adensado. Os resultados corroboram o que a literatura sugere: o controle da qualidade da água bruta é crucial para a diminuição do volume de lodo, além de possibilitar diminuir a quantidade de produtos químicos utilizados para potabilizar a água.

O estudo realizado por Paiva, Moreira e Soares (2016) revelou que, no cenário mineiro, é predominante o lançamento *in natura* do lodo nos corpos de água, o que pode causar prejuízos ambientais devido à composição química existente. Apresentaram-se no estudo diversas alternativas para a disposição e reutilização do lodo, que pode ser transformado em resíduo ou insumo para outro processo produtivo. Os estudos apresentados enfatizaram a aplicação do lodo na construção civil (incorporação em materiais como cerâmica), observando que a escolha da solução mais viável para o caso concreto deve ser realizada após a caracterização do resíduo.

Os dados coletados por Oliveira (2016), em uma ETA no Mato Grosso do Sul, indicaram que o tratamento dos resíduos é parcialmente ausente e que seu volume é calculado por meio de equações. A falta de informações quantitativas e qualitativas sobre os resíduos compromete a tomada de decisões sobre seu reaproveitamento e disposição. Nenhuma das três Estações de Tratamento de Água (ETAs) está em conformidade com a Lei Federal nº 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos), que prioriza a redução, o reúso e a reciclagem. Como o lodo é considerado um resíduo e não um rejeito, ele deveria receber um tratamento ecologicamente adequado, focando na redução, reúso e reciclagem. A falta de gerenciamento de resíduos pode levar a problemas de contaminação dos cursos d'água. Devido aos resultados

quantitativos, qualitativos e à escassez de dados, as três ETAs não podem ser consideradas ecoeficientes na gestão do lodo.

Segundo Motta *et al.* (2019), por meio de uma pesquisa realizada entre janeiro de 2015 e dezembro de 2016, no Estado de Pernambuco, que envolveu a coleta, sistematização e interpretação de dados, revelou-se a existência de 246 Estações de Tratamento de Água (ETAs) que geram resíduos. Destas, 69 possuem decantadores e filtros, 176 possuem apenas filtros, e 1 opera com um sistema de dessalinização. A maior concentração de ETAs convencionais está na região metropolitana do Recife, enquanto a maior produção de lodo foi identificada na bacia do rio Capibaribe, com uma carga variando entre 50 kg/(m³.dia) e 50 mil kg/(m³.dia). Constatou-se que aproximadamente 75% das ETAs do estado descartam seus resíduos diretamente nos corpos hídricos e 22% no solo, sem qualquer tratamento. Apenas 3% realizam o processo de deságue, mas mesmo assim descartam a massa sólida no solo, sem nenhum controle sobre a disposição final.

Já de acordo com Baú *et al.* (2016), um estudo realizado em um município do Rio Grande do Sul revelou que o corpo hídrico receptor possui uma disponibilidade média de água de 0,8044 m³/s e que todo o lodo gerado pela Estação de Tratamento de Água (ETA) do município, incluindo as águas de lavagem dos decantadores e floculadores, é direcionado para as galerias de drenagem urbana, que, sem tratamento, acabam num rio. Além desse resíduo da ETA, rico em sólidos suspensos e sulfato de alumínio, o rio também recebe grande parte da carga orgânica do município, proveniente de ligações clandestinas e tratamentos irregulares de esgoto. Considerando a destinação inadequada do lodo da ETA e a dificuldade de fornecimento de água potável no município, especialmente no verão, quando frequentemente ocorre racionamento de água, este estudo buscou caracterizar o lodo da ETA e propor uma disposição final para reduzir os impactos ambientais e melhorar a qualidade do corpo hídrico receptor. Com essas medidas, espera-se contribuir para o cumprimento dos padrões ambientais e melhorar a gestão dos recursos hídricos da região.

3.2 Resultados obtidos

A distância total percorrida pelo lodo da ETA até o local de descarte no rio Água Preta foi de 922 m, considerada uma distância relativamente longa, com possibilidade de sedimentação dos sólidos do

lodo no decorrer do trajeto, diminuindo os impactos do seu despejo no rio Água Preta.

Deve-se salientar que, no verão, a ETA de Pau Brasil descarga lodo a cada duas horas e no inverno a cada dez minutos, já que nesse último caso, ocorre uma elevação da produção de lodo em virtude de uma maior concentração de material sólido na água bruta, onde a precipitação da água da chuva provoca o carreamento da sedimentação do solo que percola até o curso de água.

Na Tabela 1 estão representados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos determinados para o lodo produzido na ETA, para a água de lavagem dos filtros e para os pontos de análises no rio.

3.3 Discussão

No que concerne ao pH, foi possível observar que não houve grandes oscilações nos seus valores de pH (entre 6,5 e 7,8), com uma tendência de maiores resultados no lodo devido ao uso do sulfato de alumínio que se transforma em hidróxido de alumínio elevando o pH. Na água do rio, observaram-se elevações de pH nos pontos 2 (local de descarte do lodo no rio) e 3 (após o descarte do lodo no rio), quando comparados com o ponto 1, com exceção da campanha 3. De modo geral, a elevação de pH da água do rio se deu devido ao lodo ser mais alcalino do que a água do rio, em função do uso do coagulante químico. Segundo a Resolução CONAMA nº 430 (Brasil, 2011), o valor de pH para descarte de esgoto doméstico em rio varia entre 5 e 9. Assim, tanto o lodo quanto a água de lavagem dos filtros se enquadraram dentro do especificado por essa Resolução.

As condições climáticas nos dias de coletas também influenciaram nos resultados. Na primeira campanha o dia estava ensolarado, na segunda campanha o dia estava chuvoso e na terceira campanha houve uma chuva rápida que pode ter influenciado nos resultados.

Na Tabela 1 é mostrada a oscilação da temperatura. Na primeira coleta, o ponto 3 apresentou a jusante a sua maior elevação ficando em 29,3 °C, pois este ponto recebe os lançamentos do lodo da ETA e de resíduos residenciais. Na segunda coleta a maior elevação se deu no ponto 1 a montante, oscilando para baixo devido ao dia chuvoso. Já na terceira coleta se manteve na média de 24,0 °C.

A amostragem de lodo e da água de lavagem oscilou entre 22,4 °C e 25,8 °C, tendo a sua maior elevação na primeira campanha, sendo a água de

lavagem apresentando a maior temperatura e o lodo a menor temperatura na terceira coleta. Conforme previsto na Resolução CONAMA nº 430 (Brasil, 2011), a temperatura deve ser inferior a 40 °C, estando os valores de temperatura enquadrados no padrão de lançamento.

Após o lançamento do lodo (P3) houve uma melhora da concentração de oxigênio dissolvido na água do rio na primeira e segunda campanha; a inversão ocorreu na terceira campanha onde o ponto 1 apresentou melhor índice de OD na água do rio. A análise do lodo e da água de lavagem permaneceu estável entre 6,49 OD ml/L (ou apenas ml/L?) e 7,35 OD ml/L na primeira e terceira campanha; a exceção foi a segunda campanha que oscilou entre 1,75 OD ml/L e 3,73 OD mg/L.

Pode-se observar, ainda na Tabela 1, os valores de condutividade elétrica e as concentrações de sólidos totais dissolvidos da água do rio, do lodo e da água de lavagem mostradas, que também são observados na Tabela 2.

De modo geral, foi possível observar que ocorreu uma simetria entre os valores de condutividade e de sólidos totais dissolvidos, ou seja, o acréscimo e/ou decréscimo dos valores de condutividade acompanharam os de sólidos. Essa relação é perfeitamente compreensível, uma vez que a condutividade elétrica tem relação direta com os sólidos.

Nas três campanhas, as menores concentrações de STD foram encontradas no lodo e na água de lavagem dos filtros e os maiores valores foram encontrados no ponto 2 (local de descarte do lodo no rio). Observou-se ainda que no ponto 1 (antes do descarte do lodo no rio), as concentrações de STD já estavam elevadas, inclusive superiores às do lodo e da água de lavagem dos filtros. Isso aponta para uma alteração na qualidade da água do rio, antes mesmo do lançamento do resíduo da ETA ser disposto nele, provavelmente em função do lançamento de esgotos domésticos no rio. No entanto, nas três campanhas, as maiores concentrações de sólidos foram verificadas no ponto 2, atingindo valor máximo de 653 mg/L, característico de água poluída e apontando para uma contribuição de sólidos resultante do descarte do lodo no rio. Já no ponto 3 (cerca de 13 m do ponto 2), a água do rio volta a apresentar valores parecidos com o ponto 1, entre 100 mg/L e 300 mg/L, mas ainda não retorna à qualidade da água antes do descarte de lodo (ponto P1).

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos e microbiológicos determinados no lodo dos decantadores, na água de lavagem dos filtros e nos pontos localizados no rio

PARÂMETROS	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS															
	CAMPANHAS															
	1					2					3					
	F	P	P	L	Água de Lavagem	P	f	P	L	Água de Lavagem	P	P	P	L	Água de Lavagem	
1	2	3	odo		1	2	3	odo		1	2	3	odo			
pH	6,52	7,24	7,37	7,43	8,15	7,74	7,97	7,93	7,99	7,56	7,61	7,05	7,44	7,03	6,99	
Temperatura (°C)	28,8	28,9	29,3	25,8	25,8	27,4	25,7	26,5	24,7	24,1	24,8	24,5	24,8	22,3	22,6	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	3,91	3,00	5,00	6,49	6,73	1,14	1,65	1,75	3,73	3,08	5,12	4,73	4,46	7,35	7,31	
Condutividade Elétrica (µS/cm)	206	392	229	21,0	18,0	184	473	357	20,0	24,0	376	938	580	27,0	29,0	
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	102	196	112	10,0	9,00	94,0	236	177	11,0	13,0	188	653	287	14,0	14,0	
Salinidade (PSU)	0,09	0,18	0,11	0,01	0,01	0,09	0,23	0,17	0,01	0,01	0,18	0,65	0,28	0,01	0,01	
Turbidez (UNT)	0,48	54	0,54	112	655	53	55	55	661	674	9,05	28,7	13,7	410	264	
PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS																
Coliformes Totais (UFC/100 mL)	+	+	+	ND	ND	+	+	+	ND	ND	+	+	+	ND	ND	
Escherechia coli (UFC//mL)	+	+	+	ND	ND	+	+	+	ND	ND	+	+	+	ND	ND	

Fonte: autor (2022).

Onde:

+: Presente

ND: Não Determinado

µS/cm: MicroSiemens/cm

PSU: Unidade Padrão de Salinidade

mV: milivolts

UNT: Unidade Nefelométrica de Turbidez

UFC: Unidade Fortmadora de Colônia

Tabela 2 - Sólidos Totais Dissolvidos da água do rio, do lodo e da água de Lavagem dos filtros nas diferentes campanhas

Campanha 1	Valor (mg/L)
P1	102
P2	196
P3	112
Lodo	10
Água de Lavagem	09
Campanha 2	Valor
P1	94
P2	236
P3	177
Lodo	11
Água de Lavagem	13
Campanha 3	Valor
P1	188
P2	653
P3	287
Lodo	14
Água de Lavagem	14

Fonte: autor (2022).

De modo geral, houve um acréscimo da salinidade da água no ponto 2, onde é lançado o lodo da ETA. No entanto, a jusante do descarte do lodo (ponto P3) diminuiu em relação ao P2. Isso também ocorreu nas outras duas campanhas, ou seja, no ponto P2 houve elevação, porém, no ponto 3 diminuiu. O P2 da terceira campanha apresentou sua maior elevação de salinidade presente na água do rio (0,65 PSU). Em relação à amostragem de lodo e água de lavagem, se manteve em torno de 0,01 PSU nas três campanhas, sem oscilações, bem diferente da água do rio nas três amostragens. De modo geral, antes do descarte do lodo, a água do rio já estava apresentando valores elevados de salinidade, provavelmente devido ao descarte de esgoto antes do ponto P1. No entanto, no ponto P2 a salinidade aumentou nas três campanhas, diminuindo posteriormente (ponto P3), mas sem retornar às condições originais da qualidade da água antes do descarte do lodo (ponto P1).

Foi possível observar uma grande variação nos valores de turbidez da água do rio, que por sua vez, é bastante influenciado pelas chuvas. Na primeira campanha, o dia estava ensolarado e a turbidez apresentou pico no ponto de descarte do

lodo (ponto 2), ratificando o descarte do lodo na qualidade do rio. Na segunda campanha, o dia estava chuvoso e foi possível observar que os valores de turbidez se mantiveram elevados, resultante do processo de suspensão de sólidos da água do rio.

No geral, a turbidez do lodo e da água de lavagem dos filtros foi elevada, superiores aos valores encontrados nos pontos do rio (pontos 1,2 e 3).

No que concerne aos parâmetros microbiológicos da água do rio, todas as amostras de água coletadas no rio Água Preta foram positivas para a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. Esses resultados ratificam o descarte de esgotos domésticos no rio, antes mesmo do lançamento dos resíduos sólidos da ETA, conferindo a contaminação da água do rio. Esses parâmetros não foram determinados para o lodo, nem para a água dos filtros, mas os resultados apontados acima já indicam contaminação da água do rio.

3.4 Discussão dos dados obtidos com outros trabalhos científicos

Paiva e Parreira (2012) destacam que o controle da qualidade da água bruta nas ETAs é essencial para minimizar o volume de lodo e reduzir o uso de produtos químicos no processo de potabilização. Os resultados obtidos em Pau Brasil mostraram que o uso do sulfato de alumínio aumentou o pH do lodo e da água de lavagem, impactando também o pH do rio Água Preta. Embora os valores de pH no ponto de descarte do lodo (P2) tenham permanecido dentro dos limites permitidos pela Resolução CONAMA nº 430 (Brasil, 2011), o aumento nos níveis de pH do rio após o descarte do lodo demonstra a influência direta desse resíduo, conforme observado por Paiva e Parreira.

Paiva, Moreira e Soares (2016) relatam que em Minas Gerais, o lançamento do lodo sem tratamento pode resultar em danos ambientais devido à sua composição química. Este estudo corrobora essa conclusão ao identificar que o descarte inadequado do lodo em Pau Brasil elevou os níveis de sólidos totais dissolvidos (STD) e salinidade no ponto de descarte (P2). No entanto, nas três campanhas realizadas, houve uma diminuição desses níveis no ponto subsequente (P3), mas sem retornar aos níveis originais (P1), indicando que os impactos permanecem mesmo após o descarte.

Os resultados obtidos para coliformes totais e *Escherichia coli* no rio Água Preta indicam a presença de contaminação microbiológica, corroborando o estudo de Oliveira (2016), que também observou altos níveis de contaminação microbiológica em cursos de água afetados por descarte de lodo e esgotos domésticos. A presença desses organismos tanto antes quanto após o ponto de descarte do lodo no rio reforça a ideia de que o rio já estava comprometido pela contaminação de esgoto doméstico, independentemente da contribuição da ETA.

O estudo de Baú *et al.* (2016), que analisou os impactos do descarte de lodo em um corpo hídrico no Rio Grande do Sul, constatou elevações nos níveis de turbidez e condutividade elétrica nos pontos de lançamento. De forma similar, os resultados deste estudo mostraram que a turbidez e a condutividade elétrica aumentaram no ponto de descarte (P2), com destaque para a segunda campanha, que ocorreu em um dia chuvoso, evidenciando o impacto das condições meteorológicas sobre a qualidade da água.

O oxigênio dissolvido (OD) apresentou comportamento variável nas diferentes campanhas. Embora tenha sido observada uma

melhora na concentração de OD após o lançamento do lodo nas duas primeiras campanhas, houve uma inversão na terceira. Esse comportamento também foi registrado por Motta *et al.* (2019), que observaram que o descarte de lodo pode tanto aumentar quanto reduzir os níveis de oxigênio dependendo da composição do lodo e das condições ambientais.

Os resultados do presente estudo estão alinhados com os achados de outras pesquisas científicas, que destacam o impacto negativo do descarte inadequado de lodo de ETAs sobre a qualidade da água. O estudo reforça a importância de implementar práticas mais eficazes de gerenciamento e tratamento de resíduos, como sugerido na literatura, para minimizar os impactos ambientais associados ao descarte de lodo e garantir a preservação dos corpos hídricos. Os resultados obtidos indicam que o descarte do lodo da ETA de Pau Brasil afeta negativamente a qualidade da água do Rio Água Preta, elevando parâmetros como pH, salinidade, turbidez e sólidos dissolvidos. O monitoramento constante é crucial para garantir que os padrões estabelecidos pela legislação sejam cumpridos e que a saúde ambiental seja preservada.

4 CONCLUSÕES

O lodo gerado na ETA Pau Brasil é resultante do tratamento convencional da água, mediante os processos de coagulação (uso do sulfato de alumínio), floculação, decantação e filtração da água captada no rio das Pratas, que abastece a cidade de Pau Brasil.

No que concerne ao pH, não foram observadas grandes oscilações nos seus valores (entre 6,5 e 7,8), com uma tendência de maiores resultados no lodo devido ao uso do sulfato de alumínio.

Os valores de condutividade elétrica e de sólidos totais dissolvidos foram superiores no ponto de descarte do lodo no rio (ponto 2). No entanto, as elevadas concentrações de STD no ponto 1 apontaram para uma alteração na qualidade da água do rio, antes mesmo do lançamento do resíduo da ETA.

As concentrações de oxigênio dissolvido apresentaram maiores índices no lodo e água de lavagem da ETA como também no ponto 3 do rio onde houve maior disposição de OD, tendo inversão apenas na terceira campanha no ponto 1.

A salinidade foi maior no ponto 2, diminuindo posteriormente (ponto 3), mas sem retornar às condições originais da qualidade da água antes do

descarte do lodo (ponto 1).

A turbidez do lodo e da água de lavagem dos filtros foi elevada, superiores aos valores encontrados nos pontos do rio (pontos 1, 2 e 3).

Os exames microbiológicos da água do rio mostraram que todas as amostras de água coletas no rio Água Preta foram positivas para a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, ratificando a contaminação da água do rio por despejo de esgotos domésticos.

5 REFERÊNCIAS

ACHON, C. L.; CORDEIRO, J. S. Destinação e disposição final de lodo gerado em ETA – Lei 12.305/2010. *In*: EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO, 19.; ASSEMBLEIA NACIONAL DA ASSEMAE, 45., 2015, Poços de Caldas. **Anais** [...]. Poços de Caldas: Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento, de 24 a 29 de maio de 2015. Disponível em: <<https://trabalhosassemade.com.br/sistema/repositorio/2015/1/trabalhos/103/151/t151t1e1a2015.pdf>>. Acesso em: 1 nov. de 2022.

RICE, E. W.; BAIRD, R.B.; EATON, A. D. 23th Edition. **Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Denver: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2017, 1504p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004a, 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.005**: Lixiviação de resíduos. Rio de Janeiro, 2004b, 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR - 10.006**: Solubilização de resíduos. Rio de Janeiro, 2004c, 2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.007**: Amostragem de resíduos. Rio de Janeiro, 2004d, 33 p.

BAÚ, S. R. C.; FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; SCORTEGAGNA, V.; ADAMES, D. B. Lodo de uma estação de tratamento de água e impactos ambientais. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, REGULAMENTAÇÃO AMBIENTAL, DESENVOLVIMENTO E

INOVAÇÃO, 2016, Porto Alegre. Anais [...] Porto Alegre: PUCRS, 19 a 21 de outubro de 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/337910372_LODO_DE_UMA_ESTACAO_DE_TRATAMENTO_DE_AGUA_E_IMPACTOS_AMBIENTAIS>. Acesso em: 15 set. 2022.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e da outras providências. Brasília, DF, 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm. Acesso em: 31 out. 2022.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988**. Brasília, DF: Congresso Nacional, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 31 out. 2022.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 jan. 1997, p. 470. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 1 nov. 2022.

BRASIL. **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 União**, Brasília, 13 fev. 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm. Acesso em: 5 nov. 2022.

BRASIL. **Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993 e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências, Brasília, DF, 2007. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em:

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em:

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 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 Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Brasília, DF, 2011. Disponível em: https://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/CONAMA_n.430.2011.pdf. Acesso em: 5 nov. 2022.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Resolução 70/1, de 2015**. Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Traduzido pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio) e revisado pela Coordenadoria-Geral de Desenvolvimento Sustentável (CGDES) do Ministério das Relações Exteriores, 2016. Brasília, DF, 2016. Disponível em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf. Acesso em: 11 out. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares** [recurso eletrônico] – Brasília, DF: MMA, 2022. 209 p. Disponível em: <https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/Planares-B.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades**. Panorama: Pau Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/pau-brasil/panorama>. Acesso em: 1 nov. 2022.

GOOGLE. Google Earth website. **Pau Brasil, BA: Trajeto percorrido pelo lodo da ETA até o rio Água Preta**. Disponível em: <http://earth.google.com/>. Acesso em: 26 jul. de

2022.

GOOGLE. Google Earth website. **Pau Brasil, BA: Pontos escolhidos no Rio Água Preta para determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água**. Disponível em: https://earth.google.com/web/@-15.47028757,-39.65122878,143.08587764a,316.01381959d,35y,0h,0t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBCAggASg0I_____ARAA. Acesso em: 26 jul. de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Instrução Normativa nº 13, de 18 de dezembro de 2012**: Publica a Lista Brasileira de Resíduos Sólidos, a qual será utilizada pelo Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais, pelo Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental e pelo Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos, bem como por futuros sistemas informatizados do Ibama que possam vir a tratar de resíduos sólidos. **Diário Oficial da União**, Seção 1, 20 de dezembro de 2012. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/IN0013-181212.PDF>. Acesso em: 3 nov. 2022.

MOTTA, M. A. da; TAVARES, R. G.; ARRUDA, V. C. M. de; CORREA, M. M.; PEREIRA, L. J. R. Geração, tratamento e disposição final dos resíduos das estações de tratamento de água do estado de Pernambuco. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 4, p. 761–771, jul. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/YjyVxgCH7JqLyznfmG43LqH/#>. Acesso em: 3 nov. de 2022.

OLIVEIRA, I. Y. Q. de. **Gerenciamento do lodo de estação de tratamento de água em Mato Grosso do Sul**: uma análise crítica. 2016.. Trabalho de Conclusão Final de Curso (Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2016. 67p. Disponível em: <https://posgraduacao.ufms.br/portal/trabalho-arquivos/download/3996>. Acesso em: 3 nov. 2022.

OLIVEIRA, N. F.; COSTA, E. S. **Classificação e Biodegradação de Lodo de Estação de**

Tratamento de Água para descarte em aterro sanitário. Acesso em: 15 set. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Resolução 70/1 de 25 de setembro de 2015.** Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/291/89/PDF/N1529189.pdf?OpenElement>. Acesso em: 3 nov. 2022.

PAIVA, G. S. de; MOREIRA, V. T. G.; SOARES, A. F. S. Lodo de Estação de Tratamento de Água (LETA): Resíduo ou insumo? *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 7., 2016, Campina Grande/PB, IBEAS, p. 1-11, 2016. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/IX-032.pdf>. Acesso em: 15 set. 2022.

PAIVA, M. W.; PARREIRA, R. L. T. Resíduos das estações de tratamento de água (ETA). **Linguagem Acadêmica**, Batatais (SP), v. 2, n. 2, p. 83-96, jul./dez. 2012. Disponível em: [\[br.s3.amazonaws.com/cms/biblioteca/revistas/edicoes/6059fe25c0ce6055c496d14f/605b6756dbbe5f8e7720e937.pdf\]\(https://br.s3.amazonaws.com/cms/biblioteca/revistas/edicoes/6059fe25c0ce6055c496d14f/605b6756dbbe5f8e7720e937.pdf\). Acesso em: 15 set. 2022.](https://web-api-claretiano-edu-</p></div><div data-bbox=)

SMIDERLE, J. J. **Estudo de Viabilidade para Destinação Final do Lodo da ETA Laranjal – RJ.** 2016. Projeto de Graduação em Engenharia. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2016, 82 p. Disponível em: <https://drhima.poli.ufrj.br/images/documentos/tcc/2016/juliana-jeronimo-2016.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2022.

URBAN, R. C.; ISAAC, R. L.; MORITA, D. M. Uso benéfico de lodo de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto: estado da arte. **Revista DAE**, v. 67, n. 219, p. 128-158, out./dez. 2019. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_219_n_1808.pdf. Acesso em: 17 out. 2022.

WEATHER SPARK. **Clima e condições meteorológicas médias em Pau Brasil no ano todo.** (2022). Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/30963/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Pau-Brasil-Bahia-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 3 nov. 2022.