

## **AVALIAÇÃO DE CORRELAÇÃO ENTRE TURBIDEZ E COR APARENTE E LODO GERADO EM ÁGUA TRATADA COM PAC**

### **Renan Felício dos Reis<sup>(1)</sup>**

Professor do Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – Câmpus São Roque. Doutor em Engenharia Urbana (UFSCar / UAB Espanha), Mestre em Engenharia Urbana (UFSCar), Engenheiro Ambiental (UNESP), Engenheiro de Segurança do Trabalho (USP), Especialista em Gestão Ambiental (UFSCar).

### **Diego Gouveia Marques<sup>(2)</sup>**

Mestre em Ciências Ambientais (UNESP), Engenheiro Químico (UEM), Especialista em Engenharia de Estruturas Hidráulicas e em Química Ambiental.

### **Miriã Camargo Felício<sup>(3)</sup>**

Professora do Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – Câmpus São Roque. Doutoranda em Ciências Ambientais (UNESP), Mestre em Engenharia de Produção (USP), Engenheira Ambiental (UNESP), Engenheira de Segurança do Trabalho (USP).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rodovia Prefeito Quintino de Lima, 2100 – Paisagem Colonial – São Roque - SP - CEP: 18145-090 - Brasil - Tel: +55 (11) 4719-9500 - e-mail: [renan.felicio@ifsp.edu.br](mailto:renan.felicio@ifsp.edu.br).

### **RESUMO**

A pesquisa teve como objetivo correlacionar a quantidade de lodo gerado no tratamento de água com parâmetro da qualidade da água bruta (cor aparente e turbidez), por meio de ensaios de jar test. A metodologia consistiu na coleta quinzenal de amostras de 5 L diretamente no sistema em ponto imediatamente após a mistura rápida seguida de ensaios em duplicata de jar test referentes à etapa de mistura lenta e sedimentação. Depois de decantado, o lodo/resíduo obtido foi filtrado em papel filtro, levado à estufa e após 24 horas aferida sua massa. Os resultados obtidos mostraram que a correlação, por meio da constante sugerida “fator de proporcionalidade”, entre a cor aparente e a quantidade de lodo gerado se mostrou mais coerente para amostras de água bruta do grupo de cor aparente superior a 15 uC, com a menor divergência entre o fator de proporcionalidade médio e o fator de cada amostra, sendo um indicador de uma constante com potencial utilidade na estimativa de lodo gerado. Cita-se, por fim, a necessidade de mais amostras a fim de se verificar a comprovação de tendência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo de ETA, Produção de lodo, Jar test.

### **INTRODUÇÃO**

As estações de tratamento de água (ETAs) são as estruturas responsáveis pelo fornecimento de água potável para abastecimento humano e industrial. Realiza-se a captação da água bruta, seja de água superficial ou subterrânea, e a partir de processos físico-químicos enquadra-se a água em padrão de potabilidade definido na Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021).

Trata-se de um serviço essencial para as sociedades modernas, e a qualidade da água fornecida envolve questões de saúde pública de amplo espectro. Para grande maioria dos mananciais disponíveis no Brasil, por questão de classificação em termos de recurso hídrico, o tratamento para que a água seja distribuída para a população deve ser o tratamento de ciclo completo convencional, que compreende coagulação, floculação, decantação ou flotação, filtração e oxidação, podendo ou não ter mais processos dependendo da demanda de cada sistema (REIS e CORDEIRO, 2011).

Como parte do impacto ambiental gerado em tais sistemas produtores, a formação de lodo se destaca como principal resíduo sólido do processo. A quantidade do lodo gerado está intimamente ligada à qualidade da água bruta, visto que no momento da captação a água possui diversos componentes particulados, formando a grande massa do lodo. Na rotina prática das ETAs, parâmetros básicos analisados que podem ser relacionados com a quantidade de lodo produzido são turbidez e cor. A turbidez está relacionada com as partículas coloidais do sistema, e a cor aparente, relacionada com compostos orgânicos ou metais dissolvidos.

A legislação define, por meio da NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004) que se trata de um resíduo sólido classe 2-A (não inerte). Logo, caso ocorra a disposição final deste resíduo ao invés de seu aproveitamento – o que é contrário ao que preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010) – é necessário que sua disposição ocorra em aterros sanitários. O lodo se deposita principalmente no fundo dos decantadores e na camada filtrante, sendo então redirecionado para as etapas de tratamento do resíduo. Geralmente se apresenta na forma fluida e com concentração de sólidos de cerca de 0,1 a 5%. Portanto, trabalhar estes resíduos, consiste em buscar soluções para diminuição de seu volume (remoção da parte líquida), para que se possa dar destinação final adequada.

Desconsiderando-se o fato que muitas ETAs no Brasil ainda não fazem a destinação correta, o foco deste projeto é também no que essa destinação acarreta às estações que a realizam corretamente. A quantidade de lodo produzido implica em necessidade de tecnologia e estrutura para seu tratamento bem como na quantia de recursos a serem destinados para sua disposição em aterros. Sendo assim, estudos relacionados com a produção de lodo, mais especificamente com sua quantidade e qualidade, são de alto interesse das empresas do setor por questões ambientais e principalmente financeiras, uma vez que quanto mais lodo se produz, maior é o custo para estas empresas.

O projeto ocorreu por meio de uma parceria com uma ETA do estado de São Paulo que permitiu a coleta e aferição de parâmetros da água bruta. Essa estação possui um sistema de tratamento/desaguamento de lodo por meio de filtros prensa operando 24h por dia, para que então o lodo tratado seja destinado a um aterro sanitário.

Nesse contexto, embasado no alto custo da gestão e disposição correta do resíduo, o presente estudo foi pensado como ferramenta de estimativa simplificada de produção de lodo a partir de dados rotineiros da água bruta a ser tratada. Correlacionou-se, então, a qualidade da água bruta (turbidez e cor aparente) com a produção do lodo neste sistema específico.

## **OBJETIVOS**

O objetivo geral desta proposta consistiu em estudar, por meio de ensaios em jar test seguidos de filtração e secagem do filtrado, a quantidade de lodo gerada em amostras de água coagulada de uma ETA em operação, correlacionando com os parâmetros da água bruta.

A hipótese testada é de que há correlação entre fatores como turbidez e cor aparente com a quantidade de lodo produzido. Para tanto, levantam-se dados para estimativas mais efetivas e personalizadas de interesse da empresa parceira.

Dentre os objetivos específicos, citam-se:

- Realizar o ensaio por metodologia não convencional, consistindo na coleta da água coagulada diretamente no sistema; e
- Avaliar a produção em períodos de baixa turbidez e alta turbidez, compreendendo coletas em distintas épocas sazonais e consequente diferença na qualidade da água, para melhor agrupamento dos dados.

## **METODOLOGIA UTILIZADA**

Os materiais utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa foram:

- papel filtro quantitativo – faixa preta, Nalgon, diâmetro 12,5cm.
- jar test Milan;
- balança analítica Weblaborsp;
- estufa Medicate MD 1.1;
- colorímetro PoliControl IP67;
- turbidímetro HACH TL2300;
- bomba a vácuo Te-058 TECNAL;
- galão de 5L;
- zetâmetro zetascizer;
- kitassato;
- proveta de 2L;
- erlenmeyer;
- placa de Petri;
- pinça;
- dessecador;
- amostras de água bruta coagulada com cloreto de polialumínio.

Coletaram-se amostras de 5L, armazenadas em um galão de água vazio e limpo com uso de água deionizada, em um ponto logo após a calha Parshall da ETA parceira, após dosagem de coagulante cloreto de polialumínio (PAC) e alcalinizante.

Dessa mesma amostra, uma pequena parcela é imediatamente conduzida ao laboratório para análise de pH e potencial zeta, ambas as informações levantadas e registradas para conhecimento adicional. Paralelamente, na amostragem de água bruta do laboratório da ETA, coletou-se uma pequena amostra e verificou-se os valores de turbidez, cor, pH e potencial zeta da água bruta.

24h antes do início dos ensaios em jar test, colocou-se o papel filtro a ser utilizado na simulação da etapa de filtração na estufa (105°C), de modo a eliminar possível umidade que poderia interferir na aferição da massa de lodo.

Nos ensaios de jar test utilizaram-se dois jarros de 2L cada, empregando três etapas de 10 minutos cada com frequência decrescente de 34, 27 e 18 rpm, consecutivamente. Os ensaios foram realizados em duplicata.

Após a floculação com rotação decrescente, o tempo de decantação foi de 5 minutos. Realizou-se, em seguida, a filtração de toda a água tratada, na qual se utilizou papel filtro de diâmetro 12,5 cm previamente seco em estufa e uma bomba a vácuo. A Figura 1 ilustra a etapa de filtração.

**Figura 1 - Filtração com papel filtro, kitassato e bomba a vácuo**



Fonte: Arquivo pessoal.

O filtrado se mostra clarificado, indica passagem desprezível de sólidos, entretanto, sugere-se como melhoria a aferição da turbidez após as filtrações em papel filtro, para verificação da padronização da turbidez remanescente. Após a etapa de filtração, o papel filtro foi mantido em estufa a 105°C por 24h para posterior aferição da massa.

## RESULTADOS

Os dados obtidos de maio a novembro de 2019 estão expressos na Tabela 1 a seguir. Destaca-se que o valor do dia 10 de maio foi desprezado por inconsistência procedimental, resultando em valores de massa negativa (destacado em vermelho na Tabela 1), ou seja, papel filtro sozinho com massa superior à soma de papel filtro e lodo retido na etapa. Para os demais ensaios, incluiu-se a etapa precedente de secagem do papel filtro a ser utilizado durante 24h em estufa a 105°C, evitando interferências da umidade no papel. Logo, o ensaio do dia 10 de maio foi considerado como um ensaio preliminar da pesquisa, e não foi considerado em nenhuma representação de resultados deste documento.

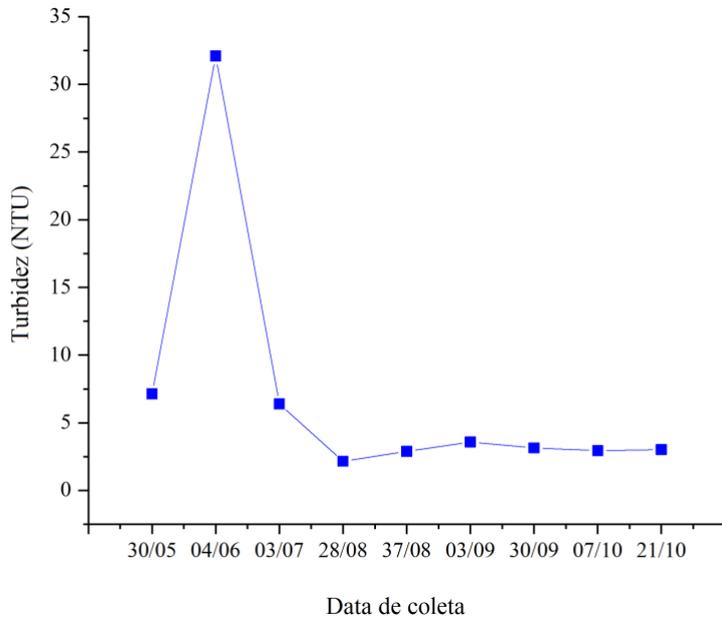
**Tabela 1 - Dados obtidos nos ensaios e análises realizadas**

Ensaio/ amostra	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Data coleta</b>	10/mai	30/mai	04/jun	02/jul	18/ago	27/ago	02/set	30/set	07/out	21/out
<b>Data análise</b>	15/mai	30/mai	12/jun	03/jul	20/ago	27/ago	03/set	01/out	10/out	22/out
<b>Turbidez (NTU)</b>	4,73	7,14	32,10	6,39	2,16	2,89	3,58	3,15	2,94	3,02
<b>Cor aparente (UC)</b>	7,2	23,6	124,0	5,5	4,5	5,1	20,0	24,2	22,0	17,8
<b>Vazão (m³/s)</b>	2,6	3,0	2,5	3,5	2,7	2,2	1,7	1,7	2,2	2,0
<b>Zeta bruta (mV)</b>	-17,60	-23,10	-20,80	-7,80	-17,70	-17,50	-7,56	-14,30	-24,90	-19,50
<b>pH coagulada</b>	6,47	6,46	6,73	6,59	6,70	6,34	6,45	5,82	6,14	6,25
<b>Zeta coagulada (mV)</b>	-12,40	-9,54	-7,97	-1,09	-8,58	-1,04	-1,88	-1,95	-10,20	-4,68
<b>Massa papel filtro 1 (g)</b>	0,5376	0,5536	0,5164	0,5218	0,5211	0,5178	0,5142	0,5371	0,5620	0,5495
<b>Massa papel filtro 2 (g)</b>	0,5352	0,5174	0,5411	0,5135	0,5195	0,4962	0,5065	0,4979	0,5531	0,5388
<b>Papel filtro + lodo 1 (g)</b>	0,5130	0,6143	0,5561	0,5347	0,5299	0,5275	0,5191	0,5780	0,5709	0,5575
<b>Papel filtro + lodo 2 (g)</b>	0,5263	0,5842	0,5870	0,5420	0,5251	0,5165	0,5141	0,5359	0,5641	0,5427
<b>Massa lodo 1 (g)</b>	-	0,0607	0,0397	0,0129	0,0088	0,0097	0,0049	0,0409	0,0089	0,0080
<b>Massa lodo 2 (g)</b>	-	0,0668	0,0459	0,0285	0,0056	0,0203	0,0076	0,0380	0,0110	0,0039
<b>Média (g)</b>	-	0,06375	0,04280	0,02070	0,00720	0,01500	0,00625	0,03945	0,00995	0,00595

Fonte: elaboração própria.

A partir dos dados da Tabela 1, nota-se que a turbidez das amostras de água bruta resultou, na maioria dos ensaios, em valores abaixo de 5 NTU, com exceções pontuais (ensaios 1, 2 e 3). Os pontos com valores de turbidez e cor aparente mais elevados estão relacionados a períodos de incidência de chuvas no manancial de captação. Na Figura 2 apresentam-se os valores de turbidez (NTU) da água bruta para cada coleta realizada.

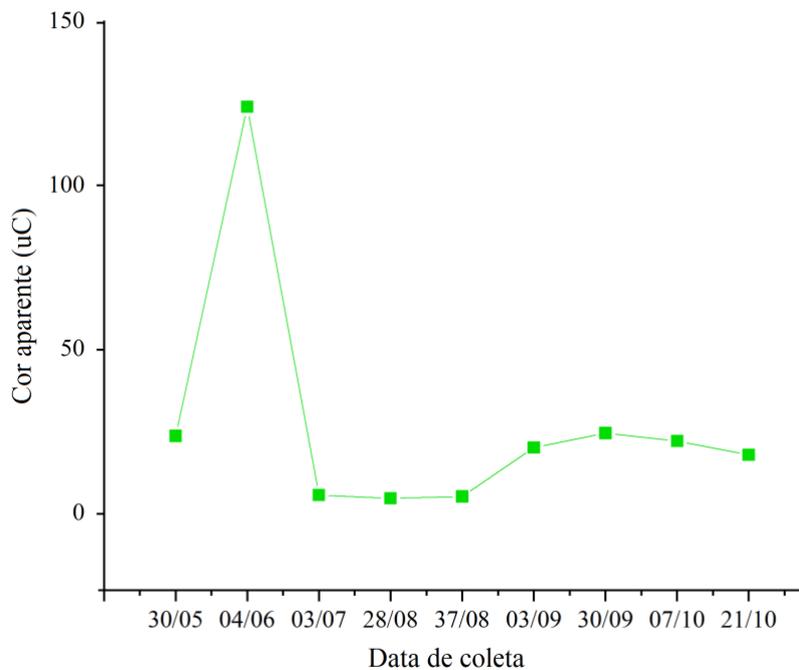
**Figura 2 - Valores de turbidez (NTU) da água bruta para cada coleta realizada**



Fonte: elaboração própria.

Os valores em uC relativos à cor aparente obtida nas análises de água bruta, por sua vez, são expressos na Figura 3. O comportamento similar ao da variação de turbidez indica que a água bruta possui grande contribuição da turbidez no valor de cor aparente, em relação à cor verdadeira. A correlação de Pearson dos dois parâmetros é de 0,96.

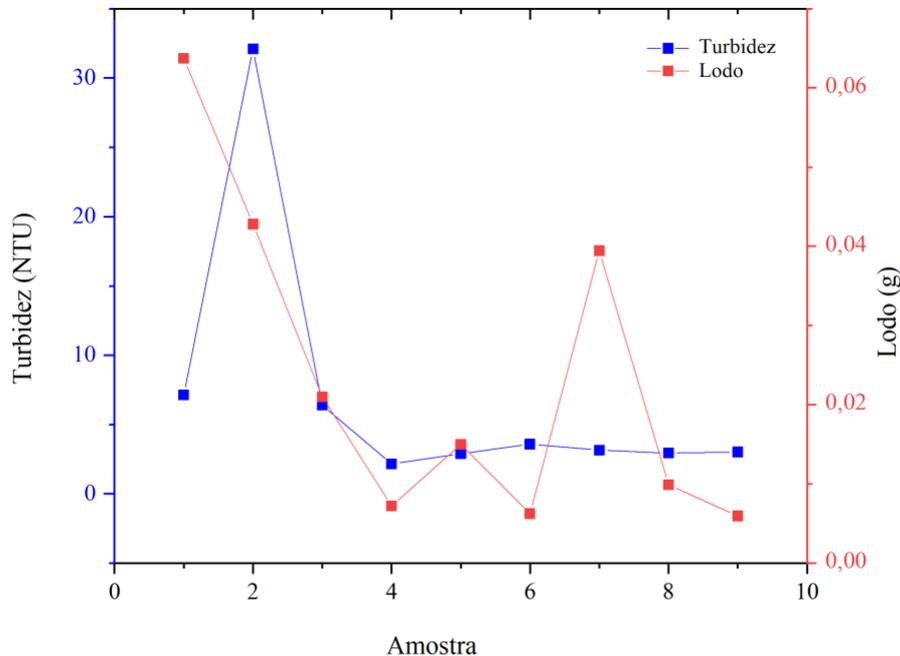
**Figura 3 - Valores de cor aparente (uC) da água bruta para cada coleta realizada**



Fonte: elaboração própria.

Ao se relacionar os valores de turbidez (NTU) da água bruta com a média de lodo seco gerado (g) em cada ensaio, obteve-se a tendência expressa na Figura 4.

**Figura 4 - Relação entre valores de turbidez (NTU, eixo das ordenadas à esquerda) e massa de lodo seco (g, eixo das ordenadas à direita), por ensaio realizado**



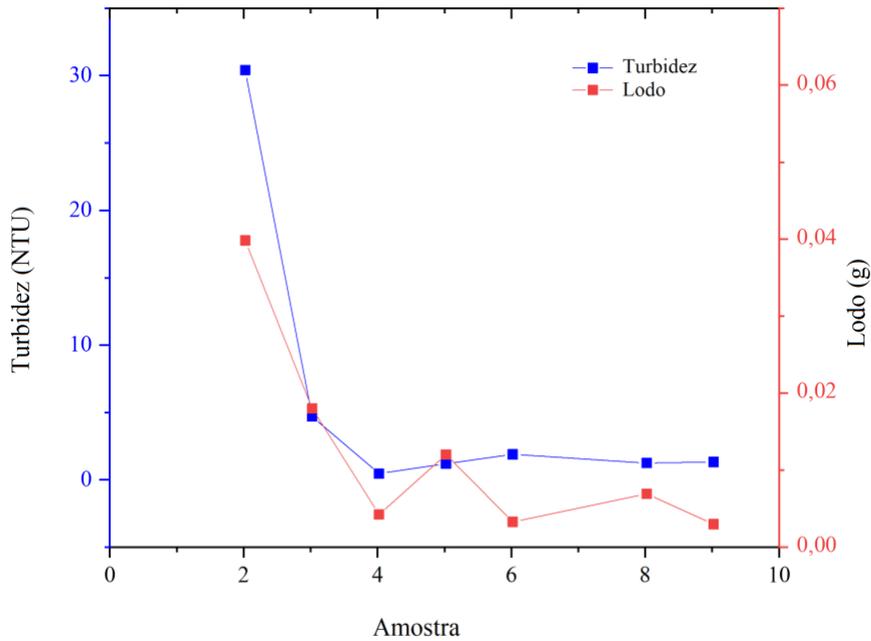
Fonte: elaboração própria.

Nota-se que há divergência de tendência em pontos específicos, embora em alguns casos (ensaios) a proporcionalidade é visualmente perceptível.

Após visualização e análise da Figura 4, sugere-se a eliminação das amostras dos ensaios identificados como 1 e 7 para observar se a tendência se torna mais coerente entre o aumento de turbidez e aumento da produção de lodo. Com a nova adoção de pontos desconsiderando os valores discrepantes, obteve-se outra relação entre os dados, a qual está expressa na Figura 5.

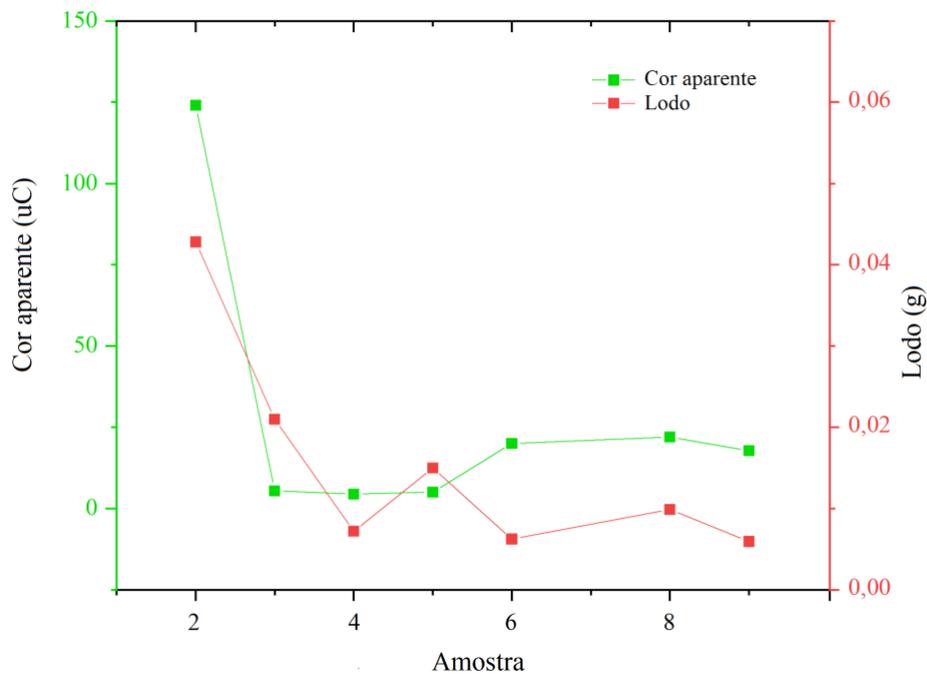
A nova configuração se mostrou com maior correlação entre as variáveis (Figura 5). De mesmo modo, para analisar a relação entre a produção de lodo e os valores de cor aparente de cada amostra de água bruta, utilizaram-se, também, os mesmos sete ensaios/amostras da Figura 5. O perfil obtido para a correlação entre cor aparente e lodo formado está representado na Figura 6.

**Figura 5 - Relação entre valores de turbidez (NTU, eixo das ordenadas à esquerda) e massa de lodo seco (g, eixo das ordenadas à direita), por ensaio realizado (desconsiderando-se valores discrepantes – ensaios 1 e 7)**



Fonte: elaboração própria.

**Figura 6 - Relação entre valores de cor aparente (uC, eixo das ordenadas à esquerda) e massa de lodo seco (g, eixo das ordenadas à direita), por ensaio realizado (desconsiderando-se valores discrepantes – ensaios 1 e 7)**



Fonte: elaboração própria.

Verificou-se, por meio de um heatmap, a correlação de Pearson entre as três variáveis, turbidez, cor aparente, e lodo gerado. O resultado é expresso na Figura 7.

**Figura 7 – Heatmap da correlação de Pearson entre turbidez, cor aparente, e lodo gerado.**



Fonte: elaboração própria.

Nota-se, pela Figura 7, a correlação intermediária entre o lodo e as variáveis. O valor da correlação pode ser decorrente de amostras de água bruta com características distintas englobados nos dados, e sua melhor associação pode indicar melhores resultados.

Com intuito de se obter numericamente uma relação entre a produção de lodo e os parâmetros da água bruta, que pode colaborar para o melhor agrupamento dos resultados, definiu-se uma constante, denominada fator de proporcionalidade (Fp) para cada ensaio/amostra. Para o cálculo de Fp, dividiu-se os valores de turbidez (NTU) pelos respectivos valores de lodo seco produzido (g). Os valores de turbidez estão expressos na Tabela 2. Reforça-se que a massa de lodo obtida (g) possui relação direta com o volume de 2L das amostras em cada jarro do jar test.

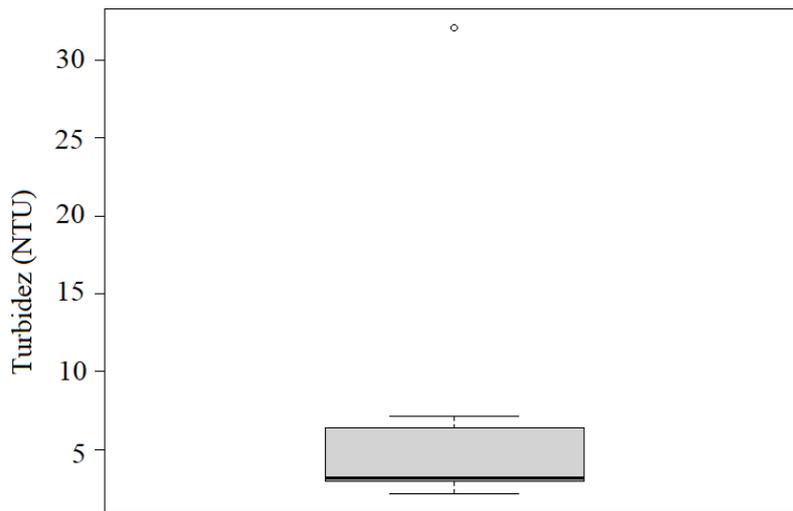
**Tabela 2 - Obtenção de fator de proporcionalidade (Fp) relacionando turbidez e massa de lodo seco produzido**

Ensaio/ amostra	Turbidez (NTU)	Lodo seco produzido (g)	Fp
2	32,1	0,0428	750
3	6,39	0,0207	308,6957
4	2,16	0,0072	300
5	2,89	0,015	192,6667
6	3,58	0,00625	572,8
8	3,02	0,00595	507,563
9	2,94	0,00995	295,4774

Fonte: elaboração própria.

Sugere-se não utilizar a amostra 2 para uma análise de divergência com fator de proporcionalidade médio por motivos da característica de alta turbidez, 32 NTU, destoante das demais amostras, que possuem valores de turbidez entre 6 e 2 NTU. Essa característica de valor destoante é reforçada pelo expresso na Figura 8, em que o boxplot dos dados de turbidez indica o outlier de valor acima de 30 NTU.

**Figura 8 – Boxplot dos valores de turbidez em NTU das amostras de água bruta.**



Fonte: Elaboração própria.

Adotando-se, então, apenas os resultados dos ensaios/amostras (3, 4, 5, 6, 8 e 9), obteve-se o valor de fator de proporcionalidade médio ( $F_{pm}$ ) de 326,8671. E, calculando-se o desvio por meio da Equação 1, os resultados obtidos foram os apresentados na Tabela 3.

$$Desvio = \left| 1 - \left( \frac{F_p}{F_{pm}} \right) \right| \quad \text{equação (1)}$$

**Tabela 3 - Desvios entre fator de proporcionalidade médio ( $F_{pm}$ ) e fator de proporcionalidade ( $F_p$ ) para turbidez**

Ensaio/ Amostra	Desvio em módulo (%)
3	14,9287
4	17,3251
5	46,9043
6	57,854
8	39,876
9	18,715

Fonte: elaboração própria.

Repetindo-se o mesmo procedimento com o parâmetro cor aparente, obtiveram-se os valores de  $F_p$  expressos na Tabela 4.

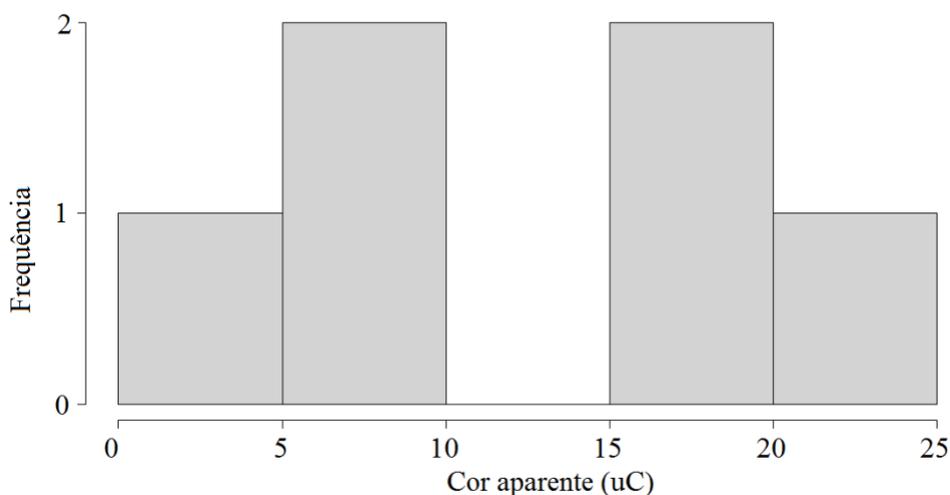
**Tabela 4 - Obtenção de fator de proporcionalidade ( $F_p$ ) relacionando cor aparente e massa de lodo seco produzido**

Ensaio/ Amostra	Cor aparente (uC)	Lodo seco produzido (g)	$F_p$
2	124	0,0428	2897,196
3	5,5	0,0207	265,7005
4	4,5	0,0072	625
5	5,1	0,015	340
6	20	0,00625	3200
8	17,8	0,00595	2991,597
9	22	0,00995	2211,055

Fonte: elaboração própria.

Os dados foram agrupados em dois grupos, de acordo com a distribuição observada no histograma expresso na Figura 9, sendo amostras com cor aparente inferior a 15 uc, e amostras com cor aparente superior a esse valor. A amostra 2 não foi incluída no histograma para melhor visualização dos dados, visto que o valor de cor aparente dessa amostra é de outra magnitude pelas características da água bruta.

**Figura 9 – Histograma de cor aparente (uC) das amostras de água bruta excluía amostra**



Fonte: elaboração própria

Para os valores de cor aparente inferiores a 15 uC, obteve-se como Fpm o resultado de 410,233. Dessa forma, a divergência entre Fp e Fpm – expressa por meio de resultados de desvio calculados – encontra-se expressa na Tabela 5.

**Tabela 5 - Desvios entre fator de proporcionalidade médio (Fpm) e fator de proporcionalidade (Fp) para cor aparente com valores inferiores a 15 uC**

Ensaio/ Amostra	Desvio em módulo (%)
3	35,2319
4	52,352
5	17,1204

Fonte: elaboração própria.

Por sua vez, a partir das amostras de resultados de cor aparente superiores a 15uC, o valor do Fpm foi de 2824,96. Assim, os seguintes desvios foram obtidos para este segundo grupo (Tabela 6).

**Tabela 6 - Desvios entre fator de proporcionalidade médio (Fpm) e fator de proporcionalidade (Fp) para cor com valores superiores a 15uC**

Ensaio/ Amostra	Desvio em módulo (%)
2	2,557
6	13,276
8	5,899
9	21,7315

Fonte: elaboração própria.

Assim, em termos de melhores resultados obtidos, classifica-se os de valores de cor superiores a 15 uC como os mais satisfatórios por estarem mais próximos da média, principalmente se for considerado apenas os ensaios 2 e 8, com divergência inferior a 10%.

## CONCLUSÕES

Dentre os objetivos traçados primeiramente cita-se que a metodologia consistindo na coleta da água coagulada diretamente na ETA apresenta potencial aplicabilidade, em comparação com o procedimento habitual de adição de químicos em água bruta diretamente no jar test. Essa abordagem pode ser pertinente em situações de restrição ao acesso do reagente, e é uma forma de observar a desestabilização da água bruta de forma realista, após as agitações hidráulicas da ETA. Existem variáveis como fluxo preferencial dos reagentes, variação na agitação para diferentes vazões, divergência de concentrações verticalmente pela profundidade, que podem influenciar nos resultados, sendo sugerido o levantamento em maior número de amostras com intuito de se diminuir as discrepâncias em uma visão média. Em termos da filtração, em razão dos valores de lodo em geral serem muito baixos, divergências oriundas de passagem de material pelo meio filtrante podem ser significativas. Sugere-se, portanto, a averiguação da turbidez do filtrado, com intuito de confirmar e notificar a eficiência da filtração bem como a passagem ou não de material pelo material filtrante.

Por sua vez, o objetivo principal de se obter um fator de proporcionalidade entre a qualidade da água bruta e a quantidade de lodo gerada foi parcialmente observado. O melhor resultado foi observado a partir do valor de divergência entre os fatores de proporcionalidade ( $F_{pm}$  e  $F_p$ ) na relação de cor com valores superiores a 15uC e lodo seco produzido. O melhor resultado foi de 2,557% na amostra 2 e o pior resultado foi de 21,7315% (amostra 9), ainda mais coerente se comparado com demais a proporcionalidade observada em relação à turbidez. Todavia, a quantidade de amostras que se encaixam na faixa considerada de melhor resultado ainda é pequena para conclusões de representatividade mais efetiva, sendo sugerida a continuidade destes ensaios para melhor averiguação da tendência.

Como sugestão para aprofundamento futuro, cita-se que o comparativo do método tradicional, com a coleta de água bruta e adição de químicos em laboratório, com o método de coleta real diretamente no sistema, pode evidenciar a representatividade do procedimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira nº 10.004. *Resíduos sólidos – classificação*. 2ª ed. São Paulo, 2004.
2. BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. *Problemática dos metais nos resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., João Pessoa, set. 2001.
3. BRASIL. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. 2021.
4. \_\_\_\_\_. *Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)*. Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010. 2010.
5. \_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. *Resolução nº 357 de 17 de Março de 2005*. Diário Oficial da União, 18/03/2005.
6. CORDEIRO, J. S. *Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs*. In.: REALI, M. A. P. et al. (1999). Coord. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Rio de Janeiro: ABES. Projeto PROSAB, 1999.
7. CORDEIRO, J. S. *Processamento de lodos de estações de tratamento de água (ETAs)*. In.: ANDREOLI, C. V. et al. (2001). Coord. Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: ABES. Projeto PROSAB, 2001.
8. CORNWELL, D. A.; BISHOP, M. M.; VANDERMEYDEN, C. *Handbook on water treatment plant wastes management*. Denver: AWWA Research Foundation, 1987, 461 p.
9. Di BERNARDO, L.; Di BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L. *Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. São Carlos: RiMa, 2002.
10. ETHIK TECHNOLOGY. *Equipamento jar test*. Disponível em: <<http://www.ethik.com.br/produto/agitador-jar-test/>>. Acesso em: 4 abr. 2019.
11. FONTANA, A. O. *Sistema de leito de drenagem e sedimentador como solução para redução de volume de lodo de decantadores e reuso de água de lavagem de filtros – estudo de caso – ETA Cardoso*. 161 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos/UFSCar. São Carlos, 2004.

12. REIS, R. F. *Estudo de influência de cobertura plástica na remoção de água de lodos de estações de tratamento de água em leitos de drenagem*. 131 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos/UFSCar. São Carlos, 2011.
13. REIS, R. F.; CORDEIRO, J. S. *Remoção de água de lodos de ETAs em leito de drenagem coberto*. Hydro (São Paulo), ano VI, n. 58, p. 46-53, 2011.
14. SABESP – COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Princípios de Aplicabilidade do Jar test*. Apostila do curso ETA – Escola. São Paulo, 2018.