



III-046 - ANÁLISE DAS EQUAÇÕES DE PRODUÇÃO DE SÓLIDOS EM ETAs A PARTIR DE RESULTADOS DE SST EM LODO E ÁGUA DE LAVAGEM EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA SANEPAR

Silvia Fernanda Paffrath⁽¹⁾

Engenheira Civil na Companhia de Saneamento do Paraná. Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Endereço⁽¹⁾: Rua Euzébio da Motta, 633, ap 22 - Juvevê - Curitiba - PR - CEP: 80530-260 - Brasil - Tel: (41) 99943-0462 - e-mail: silviapaffrath@hotmail.com

RESUMO

O destino adequado para resíduos gerados em estações de tratamento de água (ETAs), além de obrigatório no estado do Paraná para estações com vazão superior a 30 L/s, é necessário para garantir a proteção de corpos hídricos que venham a receber esses resíduos, com grande quantidade de sólidos e metais do coagulante utilizado no tratamento (ferro ou alumínio). Para reduzir o volume de lodo que será destinado a aterro sanitário (ou outro local), faz-se necessário o deságue desse material. No dimensionamento das técnicas de deságue, é necessário, então, conhecer o volume real de resíduo gerado na estação. Como nas ETAs operadas pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), e na maioria das outras do país, não é feito balanço de massa para identificar volume e teor de sólidos que é retido em cada etapa do tratamento, é comum o uso de equações para estimativa da massa seca, que é utilizada no dimensionamento citado. Foram comparadas as principais equações citadas na literatura, como a do Richter (2001), a do PROSAB (1999), as da AWWA (1978 e 1999), a de Cornwell (1987) e a da AFEE (1983), no que diz respeito aos parâmetros que levam em consideração (cor, turbidez e sólidos suspensos da água bruta, e produtos químicos utilizados no tratamento) e aos coeficientes de multiplicação determinados para alguns itens, como para a turbidez de água bruta (na ausência de valores para sólidos suspensos totais) e para as dosagens de coagulantes. Para verificar a aplicabilidade dessas equações na geração real de resíduos em ETAs da Sanepar, foram comparados os resultados com aqueles obtidos a partir da relação entre volumes de lavagens e teor de sólidos no lodo e na água de lavagem de filtros de sete estações de pequeno porte, com vazões entre 30 e 50 L/s, com formas de tratamento similares. Verificou-se que são necessários ajustes nas equações do PROSAB (1999) e da AWWA (1999), como a utilização de valores tabelados e variáveis para o coeficiente que relaciona turbidez e sólidos suspensos totais da água bruta, além da não aplicabilidade de determinadas equações para as estações testadas.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de ETA, Estimativa de geração de resíduos em ETAs, Sólidos Suspensos Totais em lodo de ETA.

INTRODUÇÃO

Conforme Art. 13º da Resolução nº 021/29 da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA), as estações de tratamento de água (ETAs) ficam obrigadas a apresentar periodicamente ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) relatório de monitoramento de resíduos gerados no processo de tratamento. Além desse relatório citado, na mesma Resolução Estadual é obrigatória destinação adequada dos resíduos gerados em estações com vazões acima de 30 L/s, com cumprimento até 2019. Nesse sentido, para viabilizar o envio do material para aterro sanitário, por exemplo, é indicado um deságue prévio, para que a torta resultante tenha pelo menos 20% de sólidos. Esse deságue pode ser feito de forma natural, com uso de leitos ou lagoas, ou de forma mecanizada, com equipamentos como *decanters* centrífugos, prensas desaguadoras tipo parafuso, etc. (SECKLER, 2017). Em qualquer um dos tipos, a quantidade real de lodo gerado é dado indispensável no dimensionamento dessas estruturas de deságue e por isso a quantificação correta torna-se a etapa mais importante nos projetos de estações de tratamento de lodo (ETLs).

Para essa quantificação são recomendados o método de balanço de massa da estação, no qual se mede vazão e teor de sólidos antes e depois de cada unidade que compõe o tratamento, para determinar os volumes retidos, e

o método de estimativa a partir de equações que consideram características da água bruta, como turbidez e cor, e quantidade de produtos químicos adicionados durante o tratamento.

Existem na literatura diversas equações para esse fim. No caso da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), em 2013 foi emitido relatório com procedimentos para quantificação de lodo de ETA, com base em valores de 2012, com estimativa de matéria seca gerada em 168 ETAs do estado. Parte dos resultados desse relatório, utilizados no monitoramento citado, é apresentada no livro “Lodo de Estações de Tratamento de Água – Gestão e Perspectivas Tecnológicas” publicado pela Sanepar (CARNEIRO & ANDREOLI, 2013). A equação utilizada considera apenas a turbidez da água bruta, sugerindo que exista uma relação direta entre sólidos e turbidez, o que não é garantido que seja verificado, já que há diversas propriedades das partículas que compõe os sólidos que irão interferir nessa tradução da concentração de sólidos em turbidez. Diversas pesquisas têm como foco analisar essa correlação e a conclusão em todas é que essa relação é altamente local, devendo ser analisada em cada caso.

Um exemplo da não aplicabilidade dessa e outras equações que sugerem essa relação direta mencionada pode ser verificado em dissertação de mestrando da USP, bem como em artigo publicado na Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, em 2015, pelo mesmo autor, no qual se vê uma comparação entre equação da AWWA (1999), mais comum nos projetos de ETLs, e a quantidade real de resíduos em seis estações de tratamento de água da Sabesp. Em apenas uma ETA foi verificada a correlação entre SST e turbidez e, portanto, valores de resíduos similares entre os calculados e os medidos.

Além disso, para projetos de ETLs são utilizadas essa e outras equações, sem, muitas vezes, conferência *in loco* do material seco gerado, sem garantias de que os resultados encontrados representem a geração real de massa seca nas ETAs. É possível corroborar tal afirmação quando se analisam memoriais de cálculo de ETLs em funcionamento e com equipamentos subdimensionados. Em alguns casos, a utilização de valores médios sugeridos na literatura para alguns parâmetros, como o que relaciona turbidez e sólidos suspensos totais na água bruta (na ausência de medições desse último parâmetro citado), pode ser uma das razões para esse subdimensionamento encontrado, sendo necessária uma análise mais profunda a respeito dessas equações e sua aplicabilidade em cada caso.

OBJETIVO

Por essa e outras razões, como diferenças significativas entre valores calculados com as equações mais usuais e aqueles medidos em determinada estação, o objetivo desse estudo é analisar a aplicabilidade de algumas equações e comparar com valores reais.

METODOLOGIA

EQUAÇÕES PARA GERAÇÃO DE LODO

Inicialmente foi feita busca na literatura para verificar quais as equações mais utilizadas nos cálculos de produção de massa seca em estações de tratamento de água. Os valores obtidos com as equações, em Kg/m³, são utilizadas nos dimensionamentos dos meios de deságue, seja do tipo mecanizado ou natural com lagoas ou leitos. A nível global, a equação mais utilizada é a da *American Water Work Association* (AWWA) de 1999. Com relação aos pesquisadores brasileiros, destacam-se a equação proposta por Richter (2001) e a contida em manual do Prosab (1999).

- RICHTER (2001)

A equação 1 é aquela proposta por Richter (2001).

$$S = \frac{0,2.C + K_1 T + K_2 .D}{1000} \quad \text{equação (1)}$$

Na qual:

S = massa de sólidos secos precipitada em Kg/m³ de água tratada;

C = cor da água bruta, em °H;
 T = turbidez de água bruta, em NTU;
 D = dosagem de coagulante, em mg/L.

Para o K_1 o autor sugere valores entre 0,5 e 2,0, sendo o valor usual na maioria das situações igual a 1,3. Para o K_2 são dados alguns valores para sulfato de alumínio, cloreto férrico e sulfato férrico, de 0,26, 0,40 e 0,54, respectivamente.

- PROSAB (1999)

A equação 2 é aquela dada em livro do PROSAB (1999).

$$T_s = \frac{(0,26D_{SA} \text{ ou } 0,66D_{CF}) + 1,5T}{1000} \quad \text{equação (2)}$$

Na qual:

T_s = produção de sólidos secos, em Kg/m³;

D_{SA} = dosagem de sulfato de alumínio, em mg/L;

D_{CF} = dosagem de cloreto férrico, em mg/L (no caso de cloreto férrico anidro, deve-se considerar 0,40 no lugar do 0,66);

T = turbidez da água bruta, em uT.

- AWWA (1999)

A equação 3 da AWWA é a mais utilizada em projetos de deságue de lodo e dada a seguir.

$$P_{SS} = \frac{(4,89D_{AL} \text{ ou } 2,9D_{FE}) + SST + Dp + Dcap + 0,1Dcal + OA}{1000} \quad \text{equação (3)}$$

Na qual:

P_{SS} = produção de massa seca, em Kg/m³;

D_{AL} | D_{FE} = dosagem de sulfato de alumínio ou de ferro, medido em mgAl/L ou mgFe/L;

SST = sólidos em suspensão na água bruta, em mgSST/;

Dp = dosagem de polímero seco, em mg/L

$Dcap$ = dosagem de dureza cálcica removida, em mg/L CaCO₃;

$Dcal$ = dosagem de cal, em mg/L;

OA = outros aditivos, em mg/L.

- CORNWELL (1987)

Cornwell (1987) propôs a equação 4 para cálculo da massa seca gerada.

$$S = \frac{0,44Al + 2,9Fe + SS + A + 2,0Ca + 2,6Mg}{1000} \quad \text{equação (4)}$$

Na qual:

S = produção de lodo, em Kg/m³;

Al = dosagem de alumínio, em mg/L;

Fe = dosagem de ferro, em mg/L;

SS = sólidos suspensos na água bruta, em mg/L;

Ca = dureza cálcica removida, em mg/L;

Mg = dureza de magnésio removida, em mg/L.

Ainda, SS pode ser expressa pela multiplicação de coeficiente b pela Turbidez da água bruta, sendo b entre 0,7 e 2,2.

- AFEE (1983, apud KATAYAMA *et al.*, 2015).

Pode-se citar ainda a equação 5 da *Association Francaise Pour L'Etude Des Eaux* (AFEE).

$$P = \frac{1,2T + 0,07C + 0,17D + A}{1000} \quad \text{equação (5)}$$

Na qual:

P = produção de sólidos, em Kg/m³;
T = turbidez de água bruta, em NTU;
C = cor aparente da água bruta, em °H;
D = dosagem de sulfato de alumínio, em mg/L;
A = outros aditivos, em mg/L.

- AWWA (1978)

A equação utilizada pela Sanepar para relatório de monitoramento de resíduos gerados em ETAs é aquela da AWWA de 1978 (equação 6).

$$P = 3,5 \times 10^{-3} x T^{0,66} \quad \text{equação (6)}$$

Na qual:

P = produção de sólidos, em Kg/m³;
T = turbidez da água bruta, em NTU.

CONSIDERAÇÕES SOBRE AS EQUAÇÕES

Foram comparadas as equações em termos de características da água bruta consideradas (cor, turbidez, sólidos suspensos) e produtos químicos considerados (tipo de coagulante, cal, polímeros, outros), para verificar as diferenças entre elas e os coeficientes de multiplicação de dosagens e de turbidez adotados em cada uma.

Ainda, para a última equação citada, utilizada pela Sanepar, foi comparado valor calculado para a ETA de Ponta Grossa (1150 L/s) com valores reais obtidos a partir de coleta de amostras e testes de laboratórios, medidos no mesmo período do relatório de monitoramento de 2013 e informados em artigo publicado no 8º Encontro de Engenharia e Tecnologias dos Campos Gerais, em agosto de 2013 (SILVA *et al.*, 2013).

CÁLCULO DE SÓLIDOS A PARTIR DO VOLUME DE LAVAGEM

Outra forma de cálculo de massa seca gerada em estações de tratamento de água, citada por Di Bernardo & Dantas (2005), é a partir da relação entre o valor de sólidos suspensos totais (SST) presentes nas descargas dos decantadores e na água de lavagem de filtro e o próprio volume de lavagem em cada unidade, citados pelos autores para dimensionamento de lagoas de deságue de lodo, podendo ser utilizado para cálculo da quantidade de resíduos em Kg/m³ também.

MEDIÇÕES DE SST NO LODO DE ETAS DA SANEPAR

Para atuais projetos de deságue de lodo na Companhia de Saneamento do Paraná estão sendo feitas análises de sólidos suspensos em lodo de decantador e na água de lavagem de filtros para comparação dos resultados obtidos com os das equações citadas. Até o momento tem-se resultados para ETA de Pirai do Sul, de 40 L/s, para a ETA de Realeza, com 45 L/s, para a ETA de Marmeleiro, com 30 L/s, para a ETA de Santa Mariana, com 40 L/s, para a ETA de Nova Esperança, com 50 L/s, para a ETA de Iporã, com 35 L/s. e para a ETA de Astorga, com 30 L/s. Para as coletas das amostras foram identificados em cada caso os melhores procedimentos, de modo que o volume coletado represente a real característica dos resíduos, garantindo, no caso dos decantadores, que todo o lodo tenha sido retirado nas descargas e, portanto, tenha representatividade na amostra.

COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM AS EQUAÇÕES

Para melhor utilização das equações foi tabelado valor de coeficiente de multiplicação da turbidez (K_1), na ausência de valores de sólidos suspensos totais (SST) da água bruta, já que as estações de tratamento de água da Sanepar se enquadram nesse caso. Esses valores foram obtidos a partir de estudo da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Sanepar (GERVASONI, 2012), relacionando turbidez e SST de água bruta de algumas ETAs do Sistema de Abastecimento Integrado de Curitiba, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de K_1 em função de Turbidez e SST

Turbidez (NTU)	SST (mg/L)	K_1 (SST/Turbidez)	Turbidez (NTU)	SST (mg/L)	K_1 (SST/Turbidez)
2,12	0,75	0,35	49,5	87,4	1,77
6,22	4,90	0,79	82	162,0	1,98
9,5	6,97	0,73	102,3	162,5	1,59
11,7	8,72	0,75	110	205,0	1,86
16,4	28,70	1,75	136,0	246,0	1,81
21,7	30,0	1,80	160,7	309,0	1,92
26,0	36,0	1,3	173	338,0	1,95
44,3	75,8	1,71	184	355,0	1,93
47,1	81,0	1,72	185	360,0	1,95

Fonte: GERVASONI, 2012.

A partir dos valores da Tabela 1 foram elaboradas curvas e equações para intervalos de valores para possibilitar a determinação de K_1 em função da Turbidez de forma mais precisa.

Além disso, para não utilizar valor médio da literatura, foi calculado coeficiente de multiplicação da dosagem de coagulante (K_2), em se tratando de cloreto de polialumínio (PAC), utilizado em parte significativa das estações de tratamento de água da Sanepar (e em todas as estudadas nessa pesquisa). Para isso foi utilizado mesmo procedimento de determinação do coeficiente quando utilizado sulfato de alumínio, dado por Di Bernardo & Dantas (2005), por ser o mesmo precipitado em ambos os produtos.

Com valores de K_1 , K_2 para PAC e análises de SST nas lavagens de unidades das ETAs já citadas, verificou-se quais equações se aproximam das medições reais, bem como os ajustes necessários.

RESULTADOS

CONSIDERAÇÕES SOBRE AS EQUAÇÕES

Apenas na equação do Richter (2001) e na da AFEE (1983) é considerada a cor da água bruta como influência na geração de massa seca, com coeficientes de multiplicação bem distintos, 0,2 e 0,07, respectivamente. Com relação aos sólidos suspensos totais (SST) da água bruta, esse valor é expresso em função da Turbidez para quase todas as equações, com coeficiente fixo de multiplicação: 1,5 na do PROSAB (1999) e 1,2 na da AFEE (1983), e com coeficiente variável: de 0,5 a 2,0 na do Richter (2001) e de 0,7 a 2,2 na do Cornwell *et al.* (1987). No caso da equação da AWWA (1999), é citado valor de SST direto, mas é comum se utilizar $K_1 \cdot T$ nessa equação também.

Para coagulantes são dados coeficientes de multiplicação para sulfato de alumínio e para aqueles a base de ferro. Na do Richter (2001) e do PROSAB (1999) é dado 0,26 para sulfato de alumínio. Na equação da AWWA (1999) e de Cornwell *et al.* (1987) é dado 4,89 para dosagem de alumínio ou 0,44 considerando valor



em mg/L do sulfato de alumínio. E na equação da AFEE (1983) é dado 0,17. Para PAC, conforme já mencionado, não é citado o valor do coeficiente.

Ainda, são considerados outros produtos químicos além do coagulante apenas nas equações da AWWA (1999), de Cornwell *et al.* (1987) e na da AFEE (1983).

Na equação da AWWA de 1978 é verificado o cálculo mais simples entre as equações citadas, em função apenas da turbidez da água bruta, sem considerar adições de produtos químicos. É importante enfatizar que é essa equação a utilizada para monitoramento de resíduos gerados em ETAs da Sanepar, bem como em livro publicado pela companhia citada, considerando a geração de massa seca em função apenas da turbidez de água bruta, sem citar a cor, presente em algumas equações, e produtos químicos utilizados.

Com relação a esse monitoramento, para as duas ETAs em Ponta Grossa (em mesma área), foram dados no relatório 441,20 ton/ano e 249,21 ton/ano, totalizando 690,41 ton/ano. Conforme Silva *et al.* (2013), os valores reais encontrados no mesmo período foram de 634 Kg/dia e 2900,30 Kg/dia, totalizando 3534,3 Kg/dia e 1290,02 ton/ano, 47% maior que aquele do relatório e livro publicado pela Sanepar. Daí a importância de ser verificada a aplicabilidade das equações, em cada caso.

MEDIÇÕES DE SST NO LODO DE ETAS DA SANEPAR

Os resultados obtidos para as ETAs citadas são aqueles da Tabela 2. A massa seca foi calculada a partir dos resultados de SST e do volume de lavagens. Na mesma tabela são mostrados os resultados de massa seca calculados com as equações de Richter (2001), PROSAB (1999) e AWWA (1999), por serem os mais significativos entre as equações testadas, e os resultados obtidos com a equação utilizada pela Sanepar para determinação da produção de lodo em ETAs (AWWA, 1978). Ainda, nas equações foram considerados dados como dosagem de coagulante e de polímeros e turbidez e cor da água bruta conforme períodos de influência nas coletas que originaram os resultados. Para aquelas em que é dado um intervalo para K_1 foi utilizado coeficiente tabelado a partir dos resultados da Tabela 1, conforme explicado. O K_2 para PAC calculado foi de 0,75.

Tabela 2 – Valores de SST na lavagem de unidades de ETA e massas secas calculadas.

ETA/Vazão	SST (mg/L)	Turbidez da água bruta ¹ (NTU)	Massa seca calculada ² (Kg/m ³)	Massa secas equações (Kg/m ³)			
				RICHTER (2001)	PROSAB (1999)	AWWA (1999)	AWWA (1978)
Piraiá do Sul	D: 6.000 F: 750	19	0,032	-	0,030	0,025	0,024
Realeza	D: 17.725 F: 120	174	0,312	0,533	0,269	0,361	0,105
Marmeleiro	D: 8.435 F: 60	79	0,174	0,232	0,128	0,169	0,063
Santa Mariana	D: 4.493 F: 165	30	0,054	0,077	0,048	0,048	0,033
Nova Esperança ³	D: 5.133 F: 759	160	0,064	0,0441	0,247	0,326	0,100
Iporã	D: 4.576 F: 79	65	0,130	0,146	0,101	0,126	0,055
Iporã	D: 2.892 F: 127	49	0,085	0,111	0,076	0,094	0,046
Asotrga ³	D: 4.450 F: 399	9	0,060	0,017	0,016	0,012	0,015
Astorga ³	D: 3.345 F: 297	7	0,044	0,016	0,013	0,012	0,013
Astorga ³	D: 2.874 F: 980	14	0,052	0,027	0,023	0,019	0,020
Astorga ³	D: 2.800 F: 811	13	0,049	0,024	0,021	0,016	0,019
Astorga ³	D: 2.066 F: 275	10	0,030	0,019	0,016	0,012	0,016
Astorga ³	D: 2.307 F: 359	5	0,034	0,012	0,009	0,008	0,010
Astorga ³	D: 2.967 F: 434	9	0,043	0,019	0,016	0,014	0,015

Fonte: Autoria Própria, 2018. D = Decantadores; F = Filtros. 1: turbidez da água bruta no período de influência das coletas. 2: massa seca calculada a partir de SST e de volumes de lavagens. 3: Os resultados de Nova Esperança e Astorga são de Sólidos Totais (ST).

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As amostras foram coletadas no dia de descarga/lavagem de um decantador, bem como durante a lavagem de um filtro, a partir das orientações previamente estabelecidas para cada estação. No geral, foram identificados o tempo de descarga e a quantidade de sólidos durante esse tempo, de forma visual. Para compor o volume enviado para o laboratório, misturou-se volumes conhecidos em tempos conhecidos (por exemplo aos 20 segundos de descarga, aos 40 segundos de descarga e assim sucessivamente até que cesse a saída de lodo com saída apenas de água ou um lodo bem mais diluído).

Na Figura 1 são mostradas as amostras de água de lavagem de filtros e lodo de decantador para estação ainda com análises a concluir.



**Figura 1 – Amostras de água de lavagem de filtros (à esquerda) e de lodo de decantadores (à direita).
Fonte: Autoria Própria, 2018.**

Para análise dos resultados apresentados foi necessário verificar os valores de cor e turbidez de água bruta nos dias anteriores à data da coleta, até o dia de lavagem anterior. Assim, os valores de turbidez e cor da Tabela 2 são os valores médios desses dias que interferem nos resultados de sólidos (entre lavagens). Quando se analisa apenas a característica da água bruta na data de coleta, é possível que algum pico de turbidez (e portanto de sólidos na água bruta) não seja contemplado no cálculo de massa seca, gerando relações equivocadas entre as equações testadas e a geração real de resíduos na estação.

No caso da ETA de Marmeleiro, por exemplo, as coletas de amostras foram feitas no dia 11/03/2018, quando da lavagem do decantador. A lavagem anterior foi feita em 04/03/2018 e a turbidez considerada nas equações foi a média entre os dias 05 e 11/03/2018. Vale comentar que no dia 05 houve um pico de turbidez, considerado no cálculo. Esse caso de picos de turbidez em dias anteriores à lavagem também se verificou em outras estações, daí a importância de se estudar o período que será utilizado para determinar as médias de cor, turbidez e consumo de produtos químicos que serão utilizadas nas equações para cálculo da massa seca.

Para as ETAs que fizeram análises de SST (excluindo-se resultados de Nova Esperança e Astorga), com a equação do Richter (2001) os valores foram sempre maiores que aqueles reais, com exceção de Pirai do Sul, por não ter dados de cor de água bruta, impossibilitando o cálculo.

Embora a análise na ETA de Nova Esperança tenha sido de ST, e portanto teria valores maiores que aqueles calculados pelas equações (SST), com a equação do Richter isso não foi verificado pois a cor média foi bastante elevada (574 °H), aumentando o resultado encontrado.

Comparando os valores reais com resultados das demais equações, para ETA de Nova Esperança os valores foram sempre maiores, assim como verificado nos resultados da ETA de Astorga, o que é coerente, já que o valor de sólidos totais abrange também os sólidos suspensos.

Convém mencionar que essa relação entre ST e SST não é de forma direta, dificultando a comparação entre os resultados da tabela. Segundo caracterizações apresentadas por Di Bernardo & Dantas (2005) para água de limpeza de filtros e lodo de decantadores, essa relação entre os sólidos citados é bastante variável (de 15 a 50% maior).

Com relação às demais ETAs (e resultados de SST), em geral para baixas turbidezes a equação do PROSAB (1999) é aplicável, com valores próximos aos reais. Nos demais casos verificou-se que os valores reais situaram-se entre os resultados encontrados com PROSAB (1999) e AWWA (1999). Ainda para essas ETAs com análises de



SST, as diferenças mais significativas entre valores reais e calculados foram verificados com os resultados da equação da AWWA (1978), com valores que variam entre 25 a 66% menores.

CONCLUSÕES

Com as análises anteriores a respeito dos resultados encontrados com a equação do Richter (2001), por ser a única equação entre as quatro da Tabela 2 que considera a cor, conclui-se que esse dado não é tão relevante na geração de lodo, ou que possui significância menor do que a sugerida na equação ($0,2 * Cor$).

Para a ETA de Astorga, com valores de turbidez entre 7 e 14 NTU, se for considerada a equação do PROSAB (1999), indicada para baixas turbidezes, as diferenças entre valores reais e calculados por essa equação variaram de 26 a 56%, com média de 37%, podendo ser utilizado esse fator de correção nos resultados encontrados.

Com relação às ETAs com turbidezes mais altas e à sugestão de ser usada a média entre a equação da AWWA (1999) e PROSAB (1999), conclui-se que como na do PROSAB (1999) o K_1 é fixo (1,5) e na equação da AWWA foram usados valores tabelados a partir dos resultados da Tabela 1, e superior a 1,5, é possível que esse K_1 na verdade possua valor médio entre os tabelados e o proposto na equação do PROSAB (1999).

Por fim, com relação à ETA de Nova Esperança, não foi possível identificar qual equação representaria a geração real de resíduos, mesmo considerando uma redução de 37% nos valores reais (por serem de ST). Mesmo com o alto valor de turbidez (160 NTU), os resultados reais foram bem baixos e distantes do que seria esperado para essa condição. Como se trata de uma ETA convencional, com decantadores também convencionais, sem descargas diárias de lodo e sem raspadores de lodo no fundo, conclui-se, portanto que a operação da estação está diferente do que é recomendado, com possível acúmulo de lodo no fundo dos decantadores, permanecendo até uma maior limpeza manual quando da parada total da unidade. No caso dessa ETA, para um projeto adequado de estação de tratamento de lodo, seriam necessárias informações mais precisas a respeito da operação da estação, comprovando a hipótese de acúmulo de lodo nos decantadores, além de melhorias na remoção desse lodo para melhor funcionamento da unidade, bem como da ETL.

Ainda são poucos os resultados para formulação de novo método para quantificação da massa seca produzida nas ETAs do estado do Paraná. Mas fica clara a importância de se ter análises *in loco* do teor de sólidos, seja na água bruta e em etapas do tratamento para balanço de massa, ou no lodo e água de lavagem para melhor quantificação de resíduos gerados, não sendo possível a obtenção de valores confiáveis com as equações sugeridas na literatura (sem devidos ajustes), como visto, também, por Katayama *et al.* (2015) quando da comparação dos resultados teóricos com os reais em ETAs do estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AWWA – American Water Works Association. Water quality and treatment: a handbook of community water supplies. New York: McGraw-Hill, 1999.
2. CARNEIRO, Charles; ANDREOLI, Cleverson V. Lodo de estações de tratamento de água – gestão e perspectivas tecnológicas. Curitiba: SANEPAR, 2013
3. CORNWELL, David; BISHOP, Mark M.; GOULD, Randy G.; VANDERMEYDEN, Carel. Water treatment plant waste management. Denver: AWWA, 1987.
4. DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Ângela D. Métodos e técnicas de tratamento de água. São Carlos: Rima, 2005.
5. GERVASONI, Ronald. Informe técnico 03/2012 da Diretoria de Meio Ambiente e Ação Social – Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento. Sanepar, 2012
6. KATAYAMA, Victor T.; MONTES, Caroline P.; FERRAZ, Thadeu H.; MORITA, Dione M. Quantificação da produção de lodo de estações de tratamento de água de ciclo completo: uma análise crítica. Eng. Sanit Ambient v. 20, n. 4, 2015.
7. PROSAB. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Rio de Janeiro: ABES, 1999
8. RICHTER, Carlos. Água: métodos e tecnologia de tratamento. São Paulo: Blucher, 2001
9. SANEPAR. Relatório GPDO/USAG – unidade processo água – procedimentos para quantificação de lodo de ETA – referência 2012. Curitiba, 2013.



10. SECKLER, Sidney. Tratamento de água: concepção, projeto e operação de estações de tratamento. São Paulo: Elsevier, 2017.
11. SILVA, Marion S. A.; DÖLL, Maria M. R.; WIECHETECK, G. K.; RODRIGUES, Ricardo N. S.; OROSKI, Fabiano I. Estimativa de lodo produzido no tratamento de água do tipo convencional e Actiflow – comparação de metodologias. 8º Encontro de Engenharia e Tecnologias dos Campos Gerais. Ponta Grossa: 2013.