



ANÁLISE COMPARATIVA DOS EFEITOS DA RECIRCULAÇÃO DA ÁGUA DOS REJEITOS GERADOS EM UMA ETA DE CICLO COMPLETO E UMA ETA DE FILTRAÇÃO DIRETA ASCENDENTE

Francisca Naiane da Silva Rocha⁽¹⁾

Bióloga (UECE), Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos (UNILAB).

Isabel Cristina Lima Freitas⁽²⁾

Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental (IFCE). Tecnóloga em Processos Químicos (IFCE).

Keyle Alves Freitas⁽³⁾

Engenheira Ambiental (FBUNI). Especialista em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico (FIC).

Daniel Carlos da Silva⁽⁴⁾

Graduando em Engenharia Civil (UNIFANOR).

Carolina de Souza Lopes⁽⁵⁾

Graduanda em Engenharia Civil (UFC).

Thiago Alves de Carvalho⁽⁶⁾

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária (IFCE).

Endereço⁽¹⁾: Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE. Avenida Carneiro de Mendonça, 1900 - Bairro Planalto Pici - Fortaleza - CE - CEP: 60422-000 - País - Tel: +55 (85) 3101-1875 - e-mail: naiane.rocha@cagece.com.br.

RESUMO

A água de lavagem dos filtros (ALF) representa a maior parcela de perda de água de uma estação de tratamento de água. Uma alternativa para a destinação desses resíduos é a recirculação na própria estação. Dessa forma, além de representar uma redução nas perdas da estação, também diminui o consumo de água captada. Contudo, para que o reaproveitamento dos resíduos não prejudique a qualidade da água tratada, é essencial a avaliação dos impactos causados por esse procedimento. O presente estudo avaliou o impacto da recirculação na ETA Marruás dos Rosas e ETA Triângulo, e em ambas, a recirculação da ALF não influenciou na qualidade da água tratada, não apresentando diferença significativa entre os tipos de resíduos nem entre as taxas de recirculação adotadas. As perdas autorizadas dos dois sistemas ficaram em torno de 1%, havendo uma redução de 4% para ETA Marruás dos Rosas e de 8% para ETA Triângulo.

PALAVRAS-CHAVE: Recirculação, Água de lavagem de filtro e Abastecimento de água.

INTRODUÇÃO

Para produzir uma água potável, a seleção de processos de tratamento dever ser feita de modo a permitir a remoção ou redução de determinados constituintes da água bruta do manancial. A lavagem dos filtros faz parte da rotina operacional das estações de tratamento de água e são realizadas sempre que os filtros estão colmatados (sujos), gerando um volume elevado de efluentes/resíduos que necessitam de tratamento especial antes de sua destinação final. Esses resíduos, conhecidos por lodos de ETA, são oriundos dos sólidos suspensos presentes na água *in natura* em associação aos produtos químicos adicionados ao processo de tratamento. O efluente gerado corresponde de 1 a 5% da água tratada, sendo que apenas de 0,1% a 0,3% são provenientes dos decantadores e dos floculadores, ou seja, a maior quantidade de resíduos produzida, em termos de volume, é proveniente da lavagem dos filtros da ETA (USEPA, 2002). Ressalta-se que o lodo apresenta-se com características variadas, sendo dependente principalmente da qualidade da água *in natura* e da tecnologia de tratamento empregada nas ETA. Desta forma, o controle das perdas e a recuperação da água utilizada no processo de tratamento, constitui-se numa alternativa importante do ponto de vista ambiental e econômico, visto a escassez hídrica e comprometimento da qualidade dos mananciais disponíveis (DI BERNARDO, 1999; BARROSO, 2002). Segundo a série de Normas NBR – 10.004 (ABNT, 2004), os lodos das ETA são classificados como resíduos sólidos e como tal não podem ser dispostos *in natura* em rede pública de esgoto ou em corpos hídricos. De acordo com a Lei Federal Nº 9605/98 (Brasil, 1997), conhecida



por Lei de Crimes Ambientais, esse tipo de resíduo deve ser descartado com a outorga do poder público, prevista pela Lei Federal Nº 9433/1998 - Política Nacional dos Recursos Hídricos (Brasil, 1998). O descumprimento dessa lei é passível de penalidade civil, administrativa e criminal a empresa geradora de resíduo.

A definição do tipo de sistema de tratamento dos rejeitos gerados em um ETA a ser utilizado depende de inúmeros fatores, como área para implementação, custos, operação, condições climáticas, entre outros. Os sistemas naturais de tratamento de rejeitos de ETA possuem grande potencial de aplicação no Brasil, devido a grande disponibilidade de área, condições climáticas favoráveis e por ser um sistema de baixo custo. Alguns métodos para tratamento dos resíduos de estações de Tratamento através de sistemas naturais incluem: lagoas de lodo e leitos de secagem. Outras técnicas têm sido utilizadas, como os leitos drenantes, sistemas compostos por camadas de brita ou outro meio filtrante e mantas geotêxteis de elevada resistência à degradação. O modelo de leito mais difundido possui estrutura de mantas geotêxteis situadas sobre as camadas de brita, todos com espessura projetada para que o lodo sedimente durante as intermitências entre as lavagens. No leito de drenagem, o período de remoção de água constitui na soma do tempo de drenagem e de evaporação da água, assim, de tal maneira as condições de drenagem quanto às características climáticas têm devida importância. Após a drenagem da água, acontece a secagem do lodo por evaporação (DI BERNARDO, DANTAS, 2005). Existe também a possibilidade de alteração da estrutura tradicional de leito de secagem e a colocação de manta de geotêxtil sobre a camada filtrante, permitindo a retirada mais eficaz da água livre dos lodos. Os resultados obtidos comprovaram que especificação da areia utilizada e a espessura da camada filtrante não eram decisivas na remoção de água livre (CORDEIRO, 2001).

A água utilizada para a retrolavagem de filtros rápidos gera grandes volumes de resíduos em curtos espaços de tempo, assim, sob a ótica da minimização de impactos ambientais e da economia de água, tem crescido o interesse pela recirculação da água de lavagem de filtros (ALF). No Brasil, não se dispõe de normas técnicas ou legislação específica para o tratamento e recirculação de ALF, mas, por outro lado, é crescente o interesse e a implantação em escala real dessa prática. Contudo, nos estados da Califórnia e de Ohio, nos Estados Unidos da América, recomenda-se que a vazão de recirculação seja inferior a 10% da vazão da estação de tratamento de água (ETA) e no estado de Maryland, inferior a 5% após clarificação com aplicação de polímeros. No estado da Califórnia, recomenda-se, ainda, meta de 2 uT para a qualidade da ALF a ser recirculada ou remoção mínima de sólidos de 80% (USEPA, 2002).

O objetivo deste trabalho é avaliar os efeitos da recirculação da água de lavagem dos filtros no índice de qualidade de água (IQA) e índice de perdas na produção de água (IPPA) em uma ETA de ciclo completo e em uma ETA de filtração direta ascendente. Dessa forma, torna-se necessário o monitoramento contínuo dos aspectos qualitativos e quantitativos da água de lavagem de filtros recirculada para melhor apropriação técnica e garantia que a água recirculada não inclua a perspectiva de riscos potenciais à saúde.

METODOLOGIA UTILIZADA

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As estações de tratamento de água que foram avaliadas no estudo seguem descritas abaixo. A escolha dos sistemas se deu por conta de suas similaridades quanto ao volume de água tratado e por apresentarem características diferentes no processo de tratamento da água e dos rejeitos gerados.

ETA MARRUÁS DOS ROSAS

A ETA Marruás dos Rosas está localizada na localidade homônima, no distrito de Santo Izidro, município de Pires Ferreira e faz parte de um Sistema Integrado (SI), responsável pelo abastecimento de 4 localidades: Marruás dos Rosas, Otavilândia, Pires Ferreira e Santo Izidro (Tabela 1). A ETA foi implantada em 31/12/2000, com captação superficial localizada no Açude Paulo Sarasate, conhecido como Açude Araras. Este manancial está situado na porção noroeste do Ceará, sendo utilizado para subsistência de cidades e povoados situados às suas margens, devido principalmente a pesca e agricultura irrigada. Suas obras foram concluídas em 1958, sendo executadas pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca – DNOCS. O açude possui capacidade de 859.533 hm³ e atualmente encontra-se com aproximadamente 96% da capacidade total (FUNCEME, 2022).

Tabela 1: Quantidade de ligações por localidade no SI Marruás dos Rosas. Fonte: CAGECE (2022).

LOCALIDADE	LIGAÇÕES ATIVAS	Ligações Reais
Marruás dos Rosas	103	119
Otavilândia	189	263
Pires Ferreira	737	871
Santo Izidro	248	298

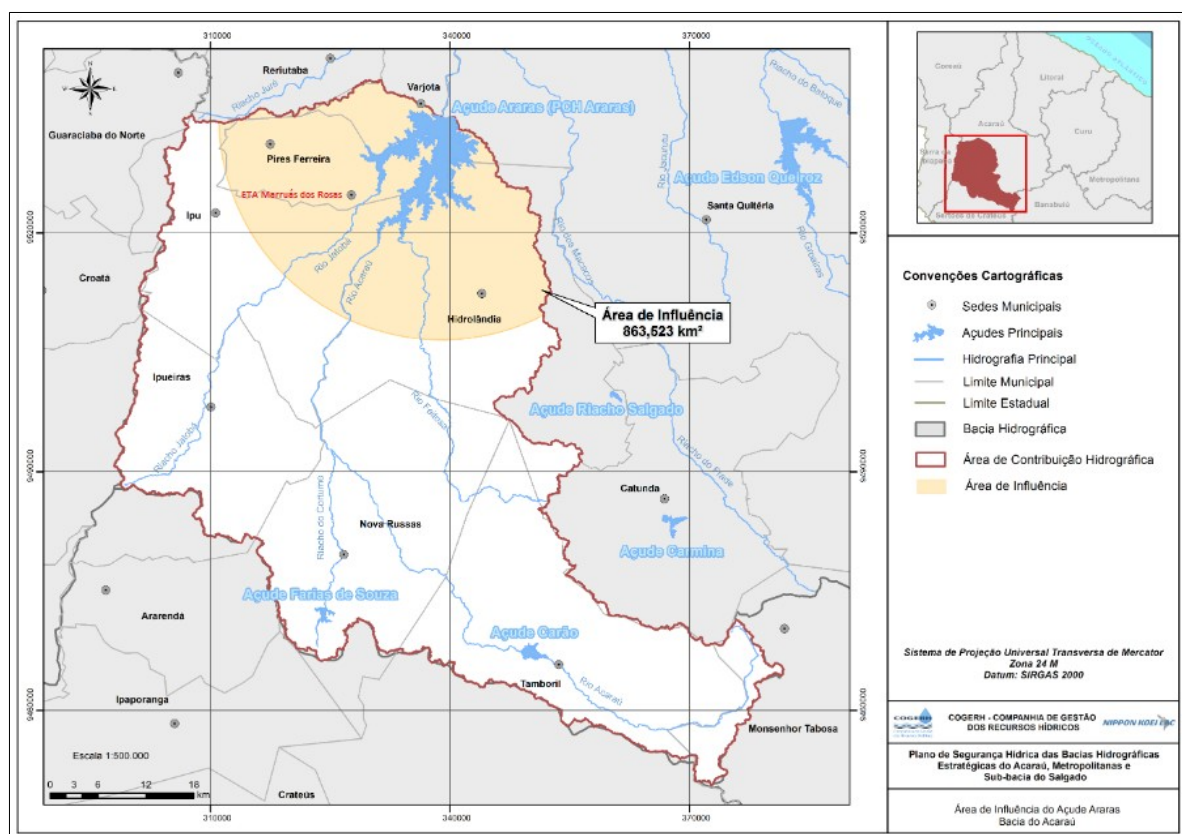
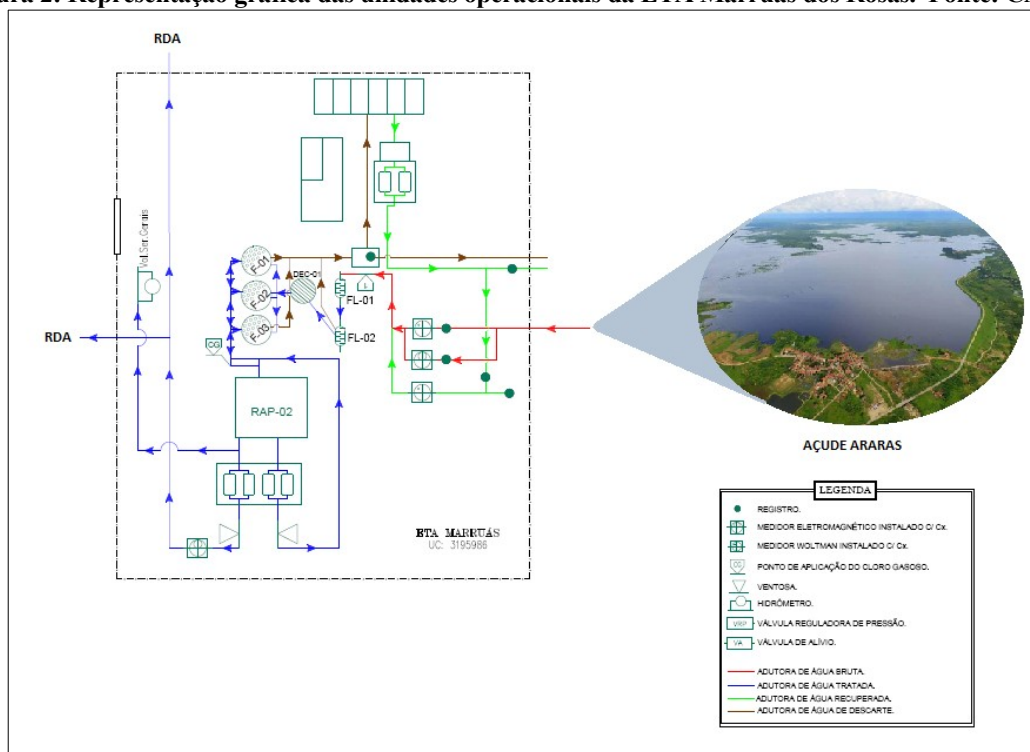


Figura 1: Localização e área de influência do Açude Araras. Fonte: COGERH, adaptado (2022).

A ETA Marruás dos Rosas atualmente utiliza os seguintes produtos químicos: cloreto de polialumínio (PAC 23), polímero catiônico em pó e cloro gasoso, possui capacidade máxima de tratamento de 32 m³/h (dados de projeto) e funciona 24 horas por dia com uma vazão captada em torno de 30 m³/h, ou seja, quase no limite operacional (CAGECE, 2022). A estrutura da ETA é composta de dois floculadores (FLO 01 e FLO 02), decantador (DEC 01), três filtros descendentes (F 01, F 02 e F 03), leito drenante, estações elevatórias de lavagem de filtros e água de recirculação, reservatório apoiado com capacidade de 50 m³, casa de química e casa de apoio do operador (Figura 2). Após o tratamento, a água é conduzida por gravidade para a rede de distribuição. O SI Marruás também conta com dois poços tubulares, que fazem o reforço do abastecimento.

O volume recirculado (VOL. REC.) na ETA estudada refere-se ao volume das águas de lavagem e descarga dos filtros, decantadores e floculadores onde são clarificadas utilizando leitos drenantes, nos quais, a água, menos densa, percola pelos drenos e os sólidos, mais densos, ficam retidos na camada superior (Figuras 3 e 4). O somatório dos volumes relacionados à lavagem e descarga dos filtros, decantadores, floculadores e reservatórios presentes na ETA estão contabilizados como volume de consumo autorizado a produção (VCAP) e atualmente são calculados de forma estimada. Já o volume recirculado é medido através de um medidor do tipo Woltmann.

Figura 2: Representação gráfica das unidades operacionais da ETA Marruás dos Rosas. Fonte: CAGECE



(2022) adaptado.



Figuras 3 e 4: Vista geral dos leitos drenantes (superior) e obra de manutenção dos leitos drenantes na ETA Marruás dos Rosas (inferior). Fonte: CAGECE (2022) adaptado.

ETA TRIÂNGULO

A ETA de Triângulo está localizada no município de Chorozinho, região metropolitana de Fortaleza-CE. A referida ETA é responsável pelo abastecimento de duas localidades: Timbaúba dos Marinheiros e Triângulo (Tabela 2). Atualmente, conta com duas captações superficiais, uma localizada no Rio Choró e outra localizada no Canal da Integração. Os dois mananciais pertencem a cadeia de transferência de água entre bacias e sub-bacias da região de Jaguaribe e Metropolitana (Figura 5). A ETA Triângulo atualmente utiliza os seguintes produtos químicos: cloreto de polialumínio (PAC 23), polímero catiônico POLIDADMAC e cloro gasoso, possui capacidade máxima de tratamento de 58 m³/h (dados de projeto) e funciona 24 horas por dia com uma vazão captada em torno de 39 m³/h (CAGECE, 2022). A estrutura da ETA é composta de dois filtros ascendentes (F 01 - desativado, F 02), tanque de sedimentação, estações elevatórias de lavagem de filtros e água de recirculação, reservatório apoiado com capacidade de 40 m³, dois reservatórios elevados com capacidade de 50 m³ cada, casa de química e casa de apoio do operador (Figura 6). Após o tratamento, a água é conduzida por gravidade para a rede de distribuição.

O volume recirculado (VOL. REC.) na ETA estudada refere-se ao volume das águas de lavagem, drenagem e descarga do filtro dois e são clarificadas utilizando tanques de sedimentação (Figuras 7 e 8), nos quais, ocorre a separação do material sólido em suspensão que fica retido no fundo do tanque. O somatório dos volumes relacionados à lavagem e descarga dos filtros e reservatórios presentes na ETA estão contabilizados como volume de consumo autorizado a produção (VCAP) e atualmente são calculados de forma estimada. Já o volume recirculado é medido através de um medidor do tipo Woltmann.

Tabela 2: Quantidade de ligações por localidade no SAA Triângulo. Fonte: CAGECE (2022).

LOCALIDADE	LIGAÇÕES ATIVAS	Ligações Reais
Triângulo	750	1514
Timbaúba dos Marinheiros	355	526



Figura 5: Mapa do Canal da Integração (CS-01 – SAA Triângulo). Fonte: COGERH (2022) adaptado.

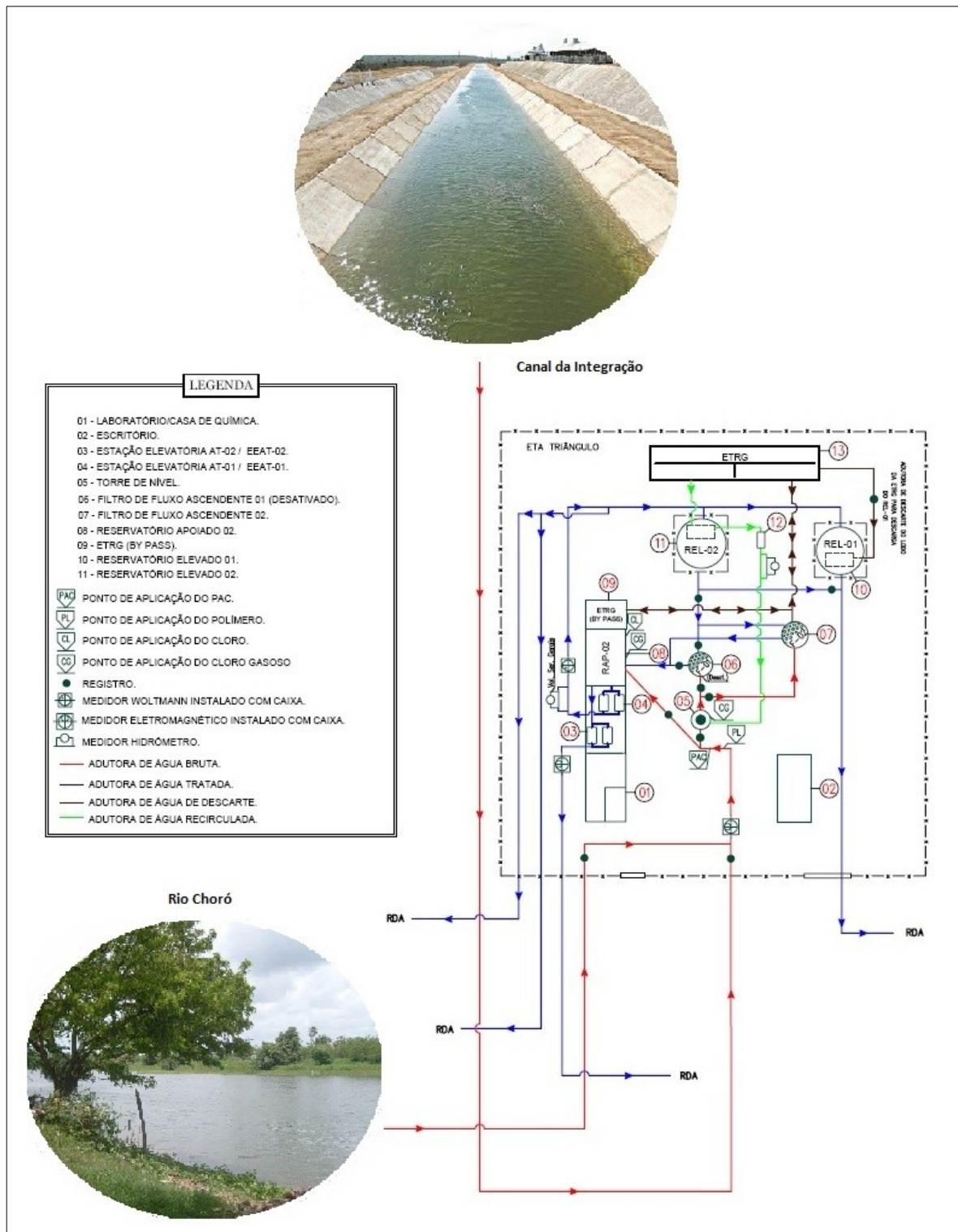


Figura 6: Representação gráfica das unidades operacionais da ETA Triângulo. Fonte: CAGECE (2022) adaptado.



Figuras 7 e 8: Vista superior (à esquerda) e frontal (à direita) dos tanques de sedimentação na ETA Triângulo. Fonte: CAGECE (2022) adaptado.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS

A água proveniente das lavagens dos filtros e água de retorno dos filtros passam por uma análise qualitativa antes de voltar ao Sistema. Neste estudo foram realizadas análises de alumínio, demanda química de oxigênio (DQO), sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais com coletas entre janeiro e dezembro de 2021. Os métodos utilizados para a realização das análises estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros e Métodos Analíticos utilizados.

Parâmetro	Método Utilizado	Referência
Alumínio	3500 – AL B	SMEWW 23RD ED., 2017
Sólidos Sedimentáveis	2540 F.3A	SMEWW 23RD ED., 2017
Sólidos Suspensos Totais	2540 D	SMEWW 23RD ED., 2017
DQO	410.4	USEPA, 1993

ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA – TURBIDEZ

Para avaliar o impacto qualitativo da recirculação da água de lavagem dos filtros nas ETA estudadas, foi utilizado um Índice de Qualidade de Água que utiliza a turbidez como parâmetro de análise (IQA Turbidez). O levantamento foi realizado através do monitoramento do IQA Turbidez ao longo dos meses onde foram realizadas as recirculações. Para determinar o indicador, segue abaixo a fórmula 1 :

$$IQA \text{ Turbidez} = 1 - \frac{\text{Total de análises fora do padrão}}{\text{Total de análises dentro do padrão}} \times 100 \quad \text{Fórmula (1)}$$

Onde:

Análises Fora do Padrão: são as análises cujo o resultado se encontra acima do valor máximo permitido pela Portaria de Consolidação número 5, Anexo XX de 2017.

Análises Dentro do Padrão: são as análises cujo o resultado se encontra abaixo do valor máximo permitido pela Portaria de Consolidação número 5, Anexo XX de 2017.

ÍNDICE DE PERDA NA PRODUÇÃO DE ÁGUA

Para avaliar o impacto quantitativo da recirculação da água de lavagem dos filtros nas ETA's estudadas, foi utilizado o IPPA que é um indicador que mede a relação entre o volume consumo autorizado à produção (VCAP) e o volume bruto (Vol. Bruto) de cada ETA. O objetivo deste indicador é medir o quanto de água está sendo perdida para a produção em relação ao volume bruto que entra no processo de Tratamento da Água. Neste indicador, considera-se que o volume recirculado reduzirá as perdas autorizadas da ETA. Para determinar o indicador, segue abaixo a fórmula 2 :

$$IPPA (\%) = \frac{(VCAP - \text{Vol. Recirculado})}{\text{Vol. Bruto}} \quad \text{Fórmula (2)}$$

RESULTADOS

QUANTIFICAÇÃO DO VCAP

Na ETA de Marruás dos Rosas são realizadas lavagens nos três filtros descendentes, dois floculadores e decantador. As descargas ocorrem nos dois floculadores e no decantador. A lavagem dos filtros ocorre por meio de bombeamento e o volume é estimado através do rebaixamento do nível do reservatório utilizado para lavagem. É realizada uma lavagem em cada filtro por dia com um tempo fixo de 6min. Vale salientar que no ano de 2021, não foram realizadas lavagens nos floculadores. Em anos anteriores, era realizada uma descarga por mês em cada floculador com um tempo de 15min. Já na ETA de Triângulo, a lavagem é realizada apenas no Filtro 02, pois o Filtro 01 encontra-se desativado. O volume das lavagens é estimado através de constantes. O filtro é lavado 3 vezes por dia com um tempo médio de 8min por lavagem.

No ano de 2021, a ETA Marruás dos Rosas captou um volume bruto médio de 19.954,08m³, produziu um volume médio de 18.766,48 m³, utilizou um volume de consumo autorizado à produção médio de 877,19 m³ e recirculou um volume médio de 699,67 m³. O VCAP e o VOL.REC. correspondem a aproximadamente 4,5% e 3,5%, respectivamente, do volume bruto do Sistema. No ano de 2021 o VOL.REC. teve um acréscimo de mais de 40% nos meses de junho e julho, porém não observou-se este comportamento no VCAP, cujos valores não sofreram variações significativas. O acréscimo no volume recirculado foi decorrente do aumento da demanda interna da própria ETA (Figura 9).

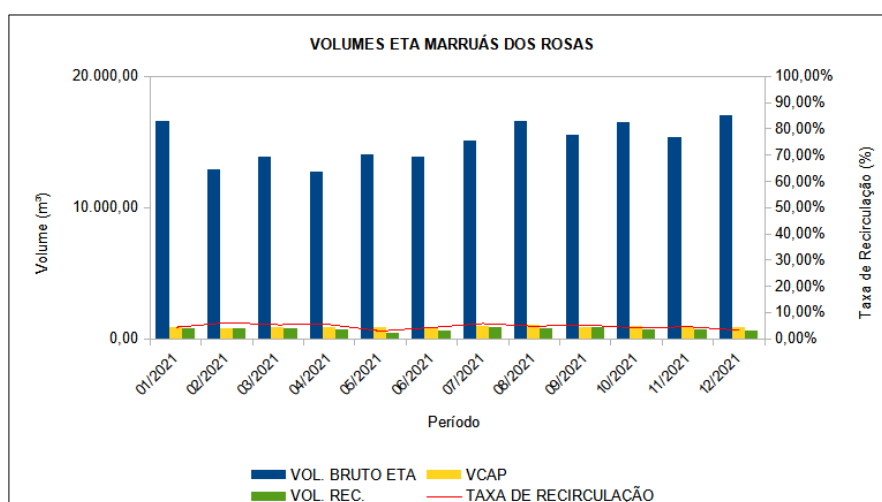


Figura 9: Variação anual dos volumes na ETA Marruás dos Rosas.

No ano de 2021 a ETA Triângulo captou um volume bruto médio de 27.820 m³, um volume de consumo autorizado à produção médio de 2.583 m³ e um volume recirculado médio de 2.150 m³. O VCAP e o VOL.REC. correspondem a aproximadamente 9,3% e 7,7%, respectivamente, do volume bruto do Sistema. No primeiro trimestre de 2021, o VOL.REC. foi bem abaixo da média anual, por conta dos ajustes iniciais da instalação da estação de tratamento dos resíduos. (Figura 10).

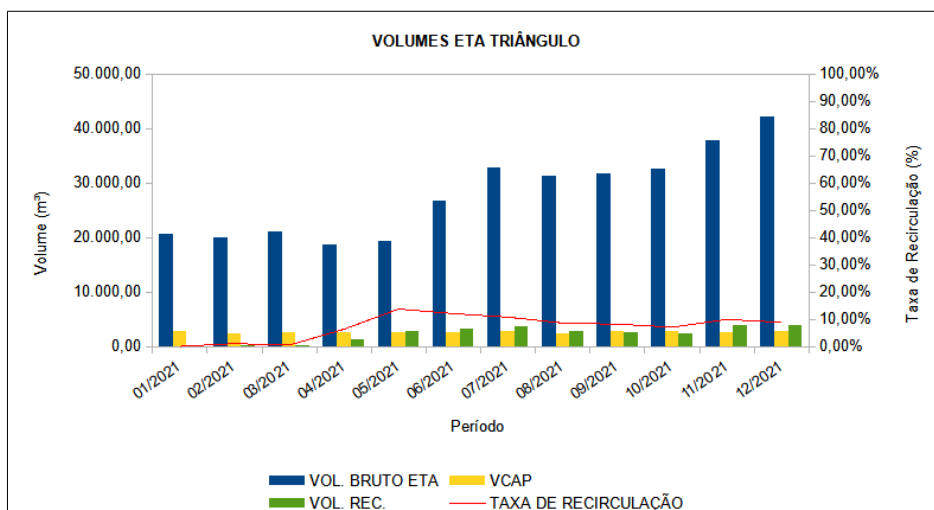


Figura 10: Variação anual dos volumes na ETA Triângulo.

ANÁLISE QUALITATIVA DA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS

Os resultados das análises de alumínio, demanda química de oxigênio (DQO), sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais com amostras de água de lavagem dos filtros, de água após lavagens dos filtros e água de retorno dos filtros encontram-se apresentados na Tabela 4.

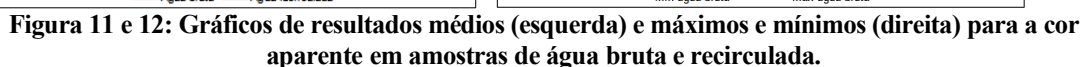
Tabela 4: Resultados das análises físico-químicas.

Período	Parâmetro	ETA Triângulo	ETA Márruas
1º Bimestre	DQO	98,58	26,68
	Sólidos Sedimentáveis	13,9	<0,50
	Alumínio	0,99	<0,05
	Sólidos Suspensos Totais	150,0	<2,00
2º Bimestre	DQO	27,98	30,86
	Sólidos Sedimentáveis	1,2	<0,50
	Alumínio	0,06	<0,05
	Sólidos Suspensos Totais	24,0	<2,00
3º Bimestre	DQO	<20,00	<20,00
	Sólidos Sedimentáveis	<0,50	<0,50
	Alumínio	<0,05	<0,05
	Sólidos Suspensos Totais	<2,00	<2,00
4º Bimestre	DQO	<20,00	<20,00
	Sólidos Sedimentáveis	<0,50	<0,50
	Alumínio	<0,05	<0,05

Conforme informações das tabelas acima, os resultados para água de lavagem dos filtros, água após a lavagem dos filtros e água de retorno dos filtros estão dentro do padrão, de acordo com a Resolução Estadual COEMA Nº 02/17 (Ceará, 2022).

A ETA Marruás dos Rosas conta com o monitoramento da qualidade da água recirculada para o sistema. As análises de qualidade da água a partir dos parâmetros Cor Aparente, Turbidez e pH feitas diariamente pelo laboratório foram tratadas e, para cada mês de 2021, obteve-se a média, os máximos e os mínimos, com o intuito de analisar e comparar os valores de água bruta e água clarificada. Apesar da falta de informações de água recirculada em Janeiro para os três parâmetros analisados, considerou-se que a avaliação realizada do impacto da água de recirculação ainda seria representativa para o ano de 2021.

Observando as Figuras 11, 12, 13 e 14, percebe-se que a água de recirculação manteve-se, para Cor Aparente e Turbidez, com valores médios inferiores àqueles medidos para a água bruta durante todo o ano. Em relação a Cor Aparente, que mede a quantidade de materiais em solução no fluido, os valores de máximos e mínimos da água clarificada ficaram a abaixo do valor mínimo da Cor Aparente para a água bruta durante todo o ano, indicando que a água clarificada possui menos materiais como húmus e plâncton dissolvidos. Já em relação a Turbidez, que mede a capacidade do fluido de desviar a luz devido aos materiais em suspensão, o valor máximo da água clarificada apresentou um grande aumento em julho, no entanto não ultrapassou o valor máximo de Turbidez para água bruta do mesmo mês. Apesar disso, nos outros meses, o valor máximo de Turbidez da água de recirculação esteve bem próximo do valor mínimo de Turbidez para a água bruta. Tais resultados mostram condições favoráveis no uso da água de recirculação no que se refere aos parâmetros de Cor Aparente e Turbidez, uma vez que a água clarificada apresenta resultados melhores que a água bruta que entra no Sistema.



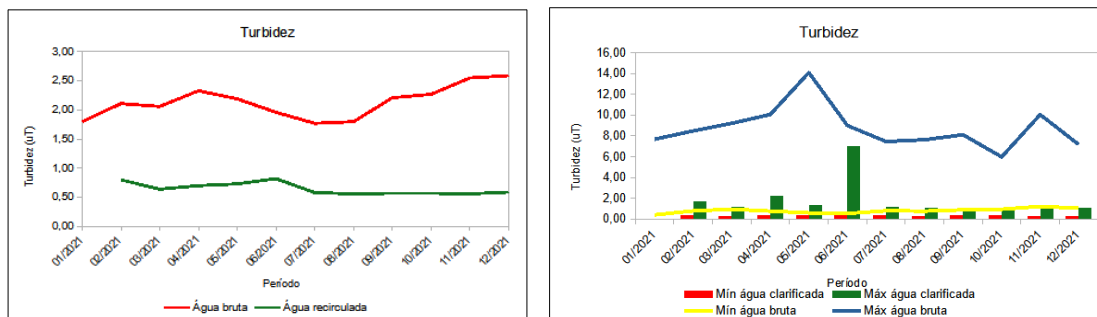


Figura 13 e 14: Gráficos de resultados médios (esquerda) e máximos e mínimos (direita) para a turbidez em amostras de água bruta e recirculada.

De acordo com as Figuras 15 e 16, observa-se que o pH da água clarificada apresentou valores maiores do que os da água bruta durante todo o ano. Apesar dos valores obtidos, o pH da água clarificada foi satisfatório, já que não ultrapassou o valor de 9, estando conforme os parâmetros estabelecidos na Portaria de Consolidação número 5, Anexo XX de 2017.

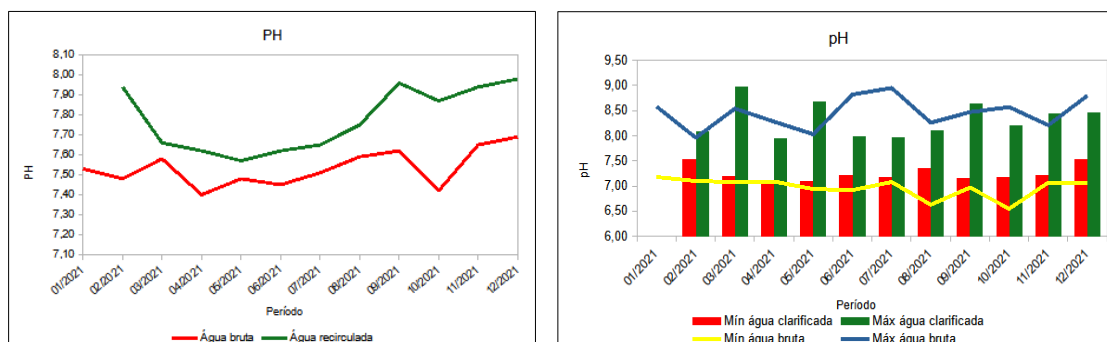


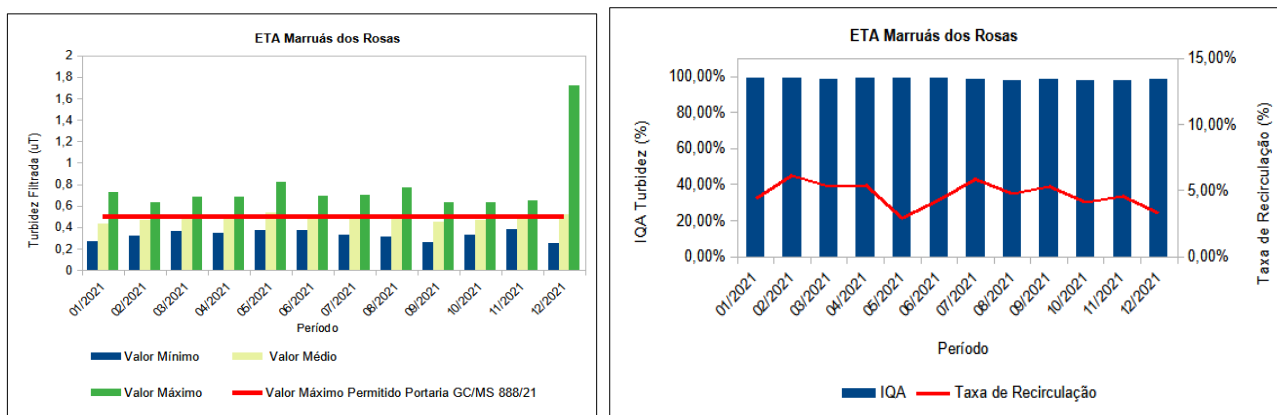
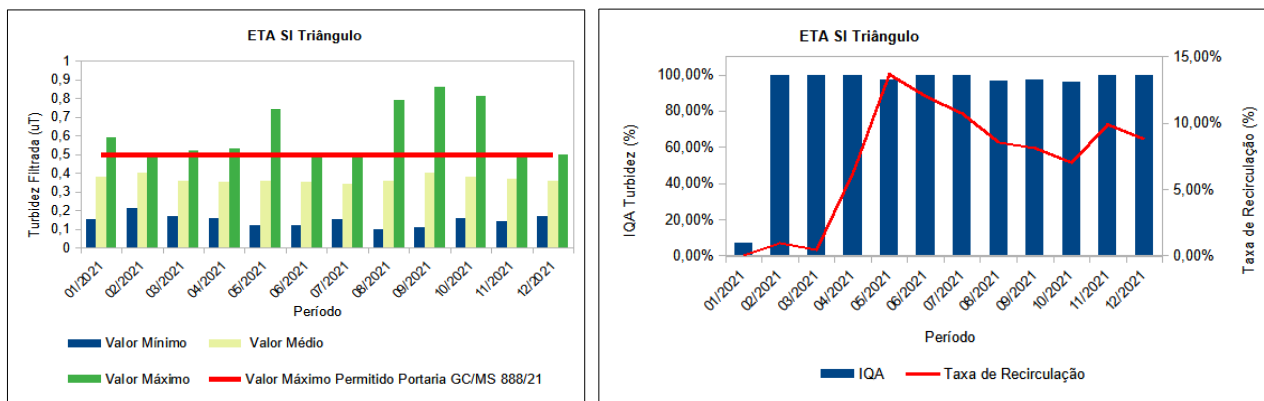
Figura 15 e 16: Gráficos de resultados médios (esquerda) e máximos e mínimos (direita) para o pH em amostras de água bruta e recirculada.

A ETA de Triângulo não realiza o monitoramento diário da qualidade do volume recirculado, mas isso não causou prejuízos ao tratamento do sistema como mostrado a seguir.

ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA – TURBIDEZ

A recirculação da ALF clarificada com incrementos de vazão de até 13% não provocou alteração na qualidade da água tratada em nenhuma das duas ETA no que se refere a turbidez. Resultados semelhantes foram registrados por Yang et al (2006) em estudo em escala piloto. Estes autores não detectaram impactos no tratamento de água com vazões de recirculação de ALF de 4,6 e 8% da vazão da AB, sem clarificação da ALF ou com clarificação por 3 minutos, com adição de polímeros. Contudo, recomenda-se cautela, pois caso não haja um controle operacional rígido da ETA, uma alteração dessa magnitude poderá interferir no processo de tratamento. Nos dados analisados, a turbidez média da água filtrada foi de 0,39 uT e o IQA Turbidez manteve-se sempre acima de 95 % para ETA Marruás dos Rosas.

No mês de janeiro/2021 a ETA Triângulo apresentou resultados de IQA abaixo do exigido pela Portaria de Consolidação número 5, Anexo XX de 2017, contudo tal resultado não pode ser atribuído a recirculação da água de lavagem, uma vez que o sistema de recirculação ainda não estava ativo nesse período. A turbidez média para o referido sistema foi de 0,37 uT e o IQA Turbidez também se manteve acima dos 95% exigidos pela portaria a partir de fevereiro/2021.



IMPACTO DA RECIRCULAÇÃO NO IPPA

Durante o período de 2021, a ETA Marruás dos Rosas (Figura 21) obteve um IPPA médio de 5,90%, considerando a não recirculação da água clarificada na estação de rejeitos gerados, apresentando o menor percentual de 5,15% e o maior de 6,62% nas competências 01/2021 e 04/2021 respectivamente. Já com a recirculação, a ETA obteve um IPPA médio de 1,18% durante o mesmo período de 2021. Atingiu na competência 05/2021 o maior percentual, no valor de 3,41% e o menor, no valor de - 0,16%. Esse percentual negativo deu-se, possivelmente, devido a reservação da parte do volume da competência anterior, que desta forma, água recirculada foi maior do que a água destinada a ETRG.

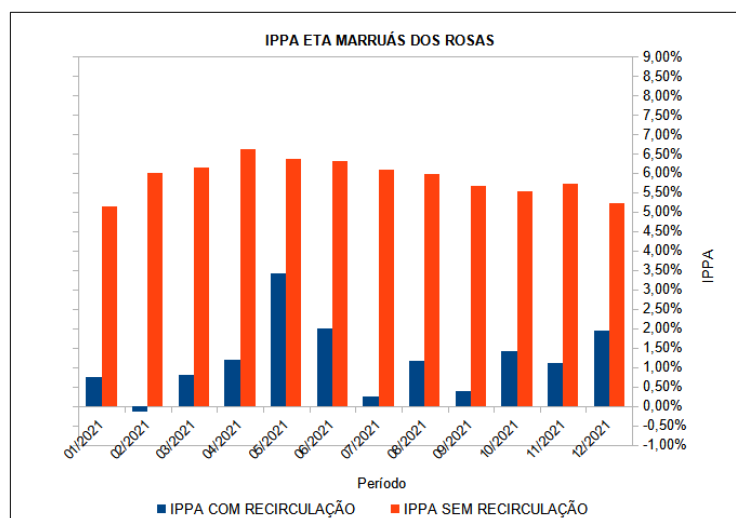


Figura 21: Impacto do volume recirculado no IPPA da ETA Marruás dos Rosas.

A ETA Triângulo (Figura 22) obteve um IPPA médio de 9,97%, considerando a não recirculação da água clarificada na estação de rejeitos gerados, já com a recirculação, a ETA obteve um IPPA médio de 2,27 %, ou seja, a recirculação da água de lavagem dos filtros representou uma redução de aproximadamente 7,70% nas perdas autorizadas da ETA. A ETA também apresentou valores negativos de IPPA, esse percentual negativo deu-se, possivelmente, devido a reservação da parte do volume em competências anteriores, desta forma, o volume de água recirculada foi maior que o volume de água destinado a ETRG.

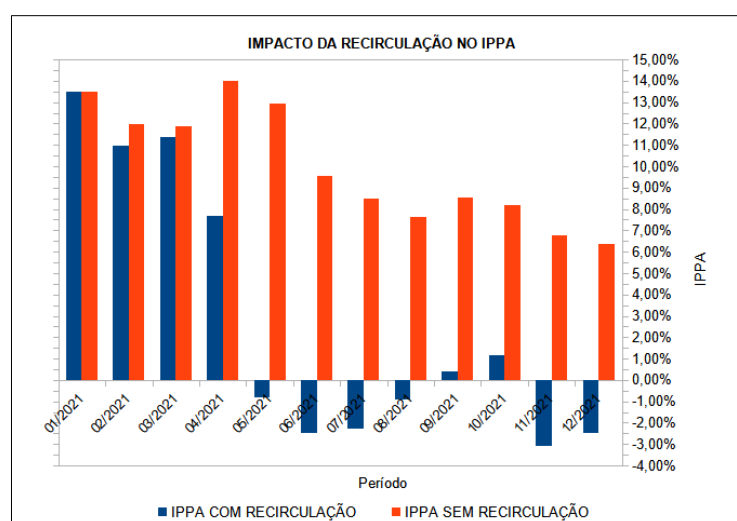


Figura 22: Impacto do volume recirculado no IPPA da ETA Triângulo.

CONCLUSÃO

A recirculação da ALF, em diferentes vazões, com ou sem tratamento, não influenciou significativamente no processo de tratamento. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre os tipos de resíduos nem entre as taxas de recirculação adotadas em nenhuma das ETA analisadas.

O estudo demonstrou que a recirculação não acarretou prejuízos ao tratamento da água, podendo ser realizada em ETA de filtração direta ascendente ou numa ETA de ciclo completo. Constitui, portanto, alternativa para minimizar o uso dos recursos hídricos, evitar o lançamento de resíduos de ETA nos corpos de água e reduzir as perdas no processo de tratamento.

Recomenda-se a continuidade do monitoramento da qualidade da água recirculada e seus impactos no processo de tratamento, no sentido de se verificarem também os impactos do aumento da carga de cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp. com a recirculação da ALF e a capacidade dos processos unitários de tratamento (decantação e filtração) em absorvê-los.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
2. APHA/AWWA/WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23. ed. Washington DC: APHA, 2017.
3. ARORA, M.L., BARTH, E., UMPHRES, M.B. Technology evaluation of sequencing batch reactors. Journal Water Pollution Control Federation, v.57, n.8, p. 867-875, ago. 1985.
4. BRASIL. Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Lei de Crimes Ambientais. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm. Acesso em: 10/05/2022.
5. 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. Brasília, DF: Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 10/09/2012.
6. BARROSO, M.M.; CORDEIRO, J.S. Estudo de caso da ETA São Carlos (São Paulo/Brasil) produção de sólidos em ETAs. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental 2002. p. 1-9. 2002.
7. CAGECE, Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará. Módulo de Controle Operacional. Relatório de Volumes Operacionais, 2022.
8. CEARÁ, Resolução COEMA nº 02, de 02 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as Portarias SEMACE nº 154, de 22 de julho de 2002 e nº 111, de 05 de abril de 2011, e altera a Portaria SEMACE nº 151, de 25 de novembro de 2002. Fortaleza, CE: Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/resolucoes-estaduais-2022/>. Acesso em: 16/05/2022.
9. COGERH, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Portal Hidrológico, 2022.
10. CORDEIRO, J.S. Processamento de Lodos de Estações de tratamento de água (ETA). In: FINEP, CNPq, CEF. (Org.). Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final. Rio de Janeiro: RIMA-ABES, v. 1, 2001.
11. DATAR, M.T., BHARGAVA, D.S. Effects of environmental factors on nitrification during aerobic digestion of activated sludge. Journal of the Institution of Engineering (India), Part EN: Environmental Engineering Division, v.68, n.2, p.29-35, Feb. 1988.
12. DI BERNARDO, L. Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas. PROSAB. Rio de Janeiro: RiMa, 1999.
13. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2ª ed. v.1. São Carlos: RiMa, 2005.

14. FADINI, P.S. Quantificação de carbono dissolvido em sistemas aquáticos, através da análise por injeção em fluxo. Campinas, 1995. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas, 1995.
15. FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.funceme.br/produtos/script/acudes_e_rios/Boletim_diario_nivel_acudes/. Acesso em: 19/05/2022.
16. SÃO PAULO. Manual de Parcerias do Estado de São Paulo. Disponível em http://www.parcerias.sp.gov.br/parcerias/docs/manual_de_parcerias_do_estado_de_sao_paulo.pdf. Acesso em: 11/11/2021.
17. USEPA, United States Environmental Protection Agency. Filter Backwash Recycling Rule – Technical Guidance Manual. USA., 166p. 2002.
18. YANG, C.B.; CHENG, Y.L.; LIU, J.C.; LEE, D.J. Treatment and reuse of backwash water in Taipei water treatment plant, Taiwan. Water Science and Technology: Water Supply. v.6, n. 6, p. 89-98, 2006.