



DIAGNÓSTICO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA SUSTENTÁVEL NO INTERIOR DO CEARÁ

Francisca Nathália Alves Machado ⁽¹⁾

Especialista em Desenvolvimento Sustentável, - IFCE. Especialista em Gestão Ambiental – IFCE, Graduada em Tecnologia em Saneamento Ambiental – IFCE, Técnica em Meio Ambiente – CEPEP. Supervisora de Produção de Água, Companhia de Água e Esgoto do Ceará.

Juliana Nádia da Silva ⁽²⁾

Especialista em Gestão da Qualidade e Segurança do Alimento – IFCE, Especialista em Engenharia de Qualidade, Instituto Executivo de Formação – IEF, Graduada em Tecnologia de Alimentos, pelo IFCE e Qualidade pelo SENAC. Supervisora de Produção de ETA, Companhia de Água e Esgoto do Ceará.

Messias Rômulo Rodrigues Marques ⁽³⁾

Engenheiro Ambiental, Especialista em Engenharia Ambiental. Coordenador de Serviços e Expansão na Companhia de Água e Esgoto do Ceará.

José Evandro Pereira Rodrigues ⁽⁴⁾

Engenheiro Civil, Tecnólogo em Saneamento Ambiental e Especialista em Gestão Ambiental. Técnico Operacional de Manutenção na Companhia de Água e Esgoto do Ceará.

Endereço⁽¹⁾: Rua Cidade de Tianguá, 126 – Bairro Frecheiras - Tianguá - CE - CEP: 62320-000 - Brasil - Tel: +55(88) 99647-9211 - e-mail: nathalia.fam@gmail.com

RESUMO

O trabalho caracteriza a Estação de Tratamento de Água Marruás dos Rosas, localizada no interior do Ceará, responsável pelo abastecimento de 1.580 residências, cuja população gira em torno de 11.052 habitantes, segundo estimativa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística - IBGE, no último ano. O estudo apresenta o diagnóstico de funcionamento da ETA no período de janeiro a dezembro de 2021, de forma qualitativa e quantitativa com relação ao volume de água captada para tratamento, o volume utilizado para a limpeza das unidades operacionais que compõem a ETA, o tratamento e a destinação dada ao efluente gerado antes e depois das melhorias operacionais realizadas nos leitos drenantes, caracterizados como Estação de Tratamento de Rejeito Gerado - ETRG, bem como ao resíduo subproduto desse tratamento. A partir dos resultados obtidos foi possível observar que o estudo atingiu todos os objetivos do ponto de vista ambiental, podendo ser considerada uma ETA sustentável por contribuir com a preservação do meio ambiente, com a interrupção do lançamento do efluente in natura no solo e do subproduto gerado, de modo que o efluente tratado é recirculado para a ETA e o lodo gerado é misturado a outros elementos que compõem o processo da compostagem.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Água, Rejeito Gerado, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A problemática da disponibilidade hídrica é atualmente um tema discutido no mundo todo. Representando parcelas de uso no setor de abastecimento (10%), industrial (21%) e agrícola (69%), esse recurso natural, fruto do ciclo hidrológico, não se encontra distribuído igualmente na superfície terrestre (UNEP-IETC, 2001). Considerando que essa água doce seja um recurso natural renovável, na prática, o aumento populacional tem ocorrido em níveis superiores aos tolerados pela natureza, o que resultará, em pouco tempo, em colapso do sistema hídrico.

O Nordeste Brasileiro tem sofrido por causa das grandes secas. No Ceará, além dos impactos causados pela ação humana, há ainda um agravante natural, pois os reservatórios do Estado são formados por rios intermitentes e submetidos à sazonalidade das chuvas, assim como baixos índices pluviométricos anuais. Estas condições dificultam a renovação da massa de água contida nos mesmos, o que contribui com a degradação natural da qualidade das águas (COGERH, 2021). Em função do cenário de escassez hídrica em algumas regiões brasileiras, notadamente na Região Nordeste e em particular no Ceará, analisar os processos que

utilizam água e buscar alternativas para racionalizar a sua utilização, assim como adotar medidas que evitem desperdício e adotar práticas de reutilização, é um tema em crescente evidência (ARAUJO et al., 2018).

A Estação de Tratamento de Água é considerada componente fundamental de um sistema de abastecimento de água (DI BERNARDO et al., 2012). Para a gestão dos recursos hídricos diversas iniciativas são importante, como a redução de perdas e aumento da qualidade da água distribuída, sendo um dos investimentos fundamentais as adequações das Estações de Tratamento de Água – ETA's, a fim de que a água bruta receba tratamento adequado possibilitando ser distribuída a população dentro dos padrões de qualidade para abastecimento humano, conforme Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021, bem como o tratamento, a reutilização e/ou recirculação do efluente e ainda a destinação adequada do rejeito gerado durante esse processo de potabilização. Assim, com o crescimento da população mundial e o respectivo aumento das demandas, elevou-se consideravelmente a produção de resíduos, necessitando de uma quantidade maior de produtos químicos para se atingir os padrões de potabilidade da água.

Atualmente, segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), existem no Brasil aproximadamente 7.500 ETA's de ciclo completo ou convencional que empregam a coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção como processo de tratamento de água (CORDEIRO, 2001).

A Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE, opera sob o regime de concessão firmada com a prefeitura de cada município, 154 Estações de Tratamento de Água no Estado do Ceará, sendo responsável pela operação e garantia de continuidade no abastecimento de água em tais municípios. No momento, a companhia enfrenta dificuldades na captação de água para abastecimento da população, portanto uma vez captada deve-se garantir que toda esta água terá o seu melhor aproveitamento (CAGECE, 2020).

Os principais resíduos gerados por uma ETA são provenientes da água de lavagem dos filtros, do lodo formado nos decantadores e dos rejeitos oriundos da lavagem de tanques com produtos químicos (SOUZA, 1999). Segundo a Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) nº 02, de 02 de fevereiro de 2017, do Estado do Ceará, os efluentes de lavagem de filtro de ETA's que passarem por desidratação, deverão receber o tratamento e disposição/destinação adequada do resíduo, conforme estabelecido pelo órgão ambiental competente (COEMA, 2017). Na tentativa de minimizar perdas em ETA's, é imprescindível o estudo que trata do retorno da água de lavagem dos filtros para o processamento de tratamento da água. Quando isto acontece a estação começa a trabalhar com perdas mínimas e aumenta a sua eficiência em termos de volume produzido (CHAVES, 2012).

As Leis 9.433, de 8 de janeiro de 1997 – “Política Nacional de Recursos Hídricos”, e a 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 – “Crimes Ambientais”, trazem em seus conteúdos condições que deverão exigir nova postura dos gerentes dos sistemas de tratamento de águas diante dos resíduos gerados e sua disposição no meio ambiente, além de provocar uma mudança de postura dos órgãos de fiscalização diante do problema (LUSTOSA et al., 2017). Para a clarificação dos resíduos, Di Bernardo et al. (2012) citam o uso de tanques de recepção que funcionam por batelada, com a finalidade de receber os resíduos das lavagens dos filtros, das descargas dos floculadores e decantadores, permanecendo por tempo suficiente até que o material suspenso sedimente, virando lodo e permita sua retirada.

Do ponto de vista do abastecimento de água, o uso de tecnologias mais específicas e com maior eficiência no tratamento, como a coagulação, geralmente está associado ao maior consumo de produtos químicos, gerando um maior volume de resíduos, constituídos por sólidos e precipitados químicos, que compõem uma massa de partículas orgânicas e inorgânicas, densa e viscosa, denominada lodo de estação de tratamento de água (ETA) (SILVA et al., 2012). Esse resíduo é classificado, de acordo com a Norma Brasileira (NBR) 10004 (ABNT, 2004), como um resíduo sólido não perigoso e não inerte. Na Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, estão estabelecidas as diretrizes nacionais para o manejo adequado desse lodo, com vistas à proteção da saúde pública e do meio ambiente (BRASIL, 1997).

Andreoli et al. (2006) ressaltam que a disposição final inadequada desse lodo causa significativo impacto ambiental, como assoreamento dos rios e alteração das propriedades físico-químicas da água, e pode comprometer a saúde dos indivíduos que fazem seu uso. Di Bernardo et al. (2012) relatam vários impactos ao corpo receptor e sua biota, ocasionados pelo lançamento de resíduos de uma ETA, por exemplo: o aumento na concentração de metais tóxicos, a alta concentração de sólidos em suspensão, prejuízos no ciclo de nutrientes,

principalmente o fósforo, além da possibilidade de desenvolver condições anaeróbias em águas estacionárias ou de velocidade lenta.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi propor a recirculação do efluente oriundo das limpezas das unidades operacionais que compõem a ETA Marruás dos Rosas, localizada no distrito cuja estação foi intitulada, no município de Pires Ferreira – CE, tendo como foco a busca de uma solução simples e que permita o máximo retorno de água ao sistema, reduzindo as perdas de produção, realizando o aproveitamento e destinação final adequada do lodo gerado, garantindo o abastecimento da população e a renovação da licença de operação da estação.

METODOLOGIA UTILIZADA

Diagnóstico Inicial

A Estação de Tratamento de Água Marruás dos Rosas, conforme apresentado na Figura 1, fica localizada no distrito de Marruás dos Rosas, sob as coordenadas 4°18'29''S e 40°32'52.83''W, pertencente à cidade de Pires Ferreira, distante cerca de 287 km da capital Fortaleza. É operada pela Unidade de Negócio da Bacia da Serra da Ibiapaba (UNBSI), unidade vinculada a Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE. Essa ETA é responsável pelo abastecimento de 1.580 residências, cuja população gira em torno de 11.052 habitantes (IBGE, 2021). A estação emprega uma tecnologia de tratamento de água convencional, cuja captação de água bruta é realizada no açude Araras, o quarto maior do Estado.



Figura 1 — Estação de Tratamento de Água Marruás dos Rosas.

Projetada para tratar uma vazão de até 08 (oito) litros por segundo, essa estação é composta por 02 (dois) floculadores hidráulicos, 01 (um) decantador de alta taxa e 03 (três) filtros de fluxo descendente. O processo de tratamento consiste em remover as impurezas, partículas em solução e em suspensão presentes na água bruta através do emprego de produtos químicos, nessa especificamente, o Cloro Gasoso é usado como agente pré-oxidante e desinfetante, o Cloreto de Polialumínio Líquido 23% (PAC 23), como agente coagulante, e o Polímero Pó, como auxiliar de coagulação. A Figura 2 apresenta o fluxograma do processo de tratamento.

FLUXOGRAMA DA ETA



Figura 2 — Fluxograma do processo de tratamento convencional.

Os processos de decantação e filtração são responsáveis pela clarificação da água, formando o lodo, proveniente da mistura de água e sólidos compostos de sais dissolvidos, partículas orgânicas e inorgânicas, que se originam de acordo com as condições do manancial, que apresenta variações sazonais, como mudança de turbidez e quantidade de insumos utilizados no tratamento. Diariamente eram realizadas descargas e lavagens dessas unidades operacionais, a frequência era definida de acordo com a qualidade da água bruta captada e eficiência do tratamento para atendimento à portaria de potabilidade. Em virtude de a ETRG encontrar-se desativada, até o ano de 2020, o efluente gerado nesses processos era lançado in natura no solo que compõe a bacia hidráulica do manancial, onde é realizada a captação de água bruta.

A licença de operação da ETA, cuja validade era até outubro de 2021, estabelecia entre suas condicionantes que, para efeitos de renovação da licença vigente, a Cagece deveria:

- Providenciar a destinação/disposição adequada dos resíduos sólidos gerados no leito de secagem na estação conforme a Legislação Ambiental Vigente;
- A ETA deverá contar com Estação de Tratamento de Rejeitos Gerados (ETRG) eficiente para tratamento e destinação final adequada dos efluentes líquidos oriundos das lavagens dos filtros, pois os atuais leitos de secagem não estão sendo suficientes para a demanda da ETA, uma vez que a maior parte do efluente está sendo usado para irrigação de capim, sem tratamento;
- Solicitar à SEMACE a coleta e análise de água tratada, para fins de comprovação da qualidade da água distribuída à população.

Ações de melhorias desenvolvidas

Foi realizada uma vistoria nas unidades operacionais que compõem a ETA e não foi identificada necessidade de melhorias, entretanto a ETRG, composta por 06 (seis) unidades de leitos drenantes e que estava fora de uso devido a necessidade de recuperação estrutural, passou por uma avaliação minuciosa realizada pelo engenheiro responsável pela obra, e a partir disso foi elaborado um plano de ação baseado nas intervenções necessárias.

Os leitos, que consistem em tanques com fundo de concreto e possuem declividade para um reservatório de reaproveitamento, receberam melhoria estrutural e substituição das camadas responsáveis pelo tratamento. Cada leito possui uma área equivalente a 28 m² e um volume útil de armazenamento de 33,6 m³, montados de cima para baixo de acordo com a sequência descrita a seguir:

- 1º Camada: Bloquete de concreto (tijolinho intertravado) de 5 cm de altura;

- 2º Camada: 15 cm de areia média de granulometria variada;
- 3º Camada: 15 cm de brita 1 e 2 de granulometria variada;
- 4º Camada: 30 cm de brita 3 e 4 de granulometria variada;
- 5º Camada: 20 cm de brita 4 de granulometria variada.

Os leitos possuem as mesmas características estruturais e de funcionamento, podendo ser individualizados ou não durante o processo de tratamento do efluente gerado na ETA. A Figura 3 retrata o perfil deles, mostrando em sua última camada o tubo perfurado que direciona a água clarificada para o Reservatório de Água de Recirculação - RAR.

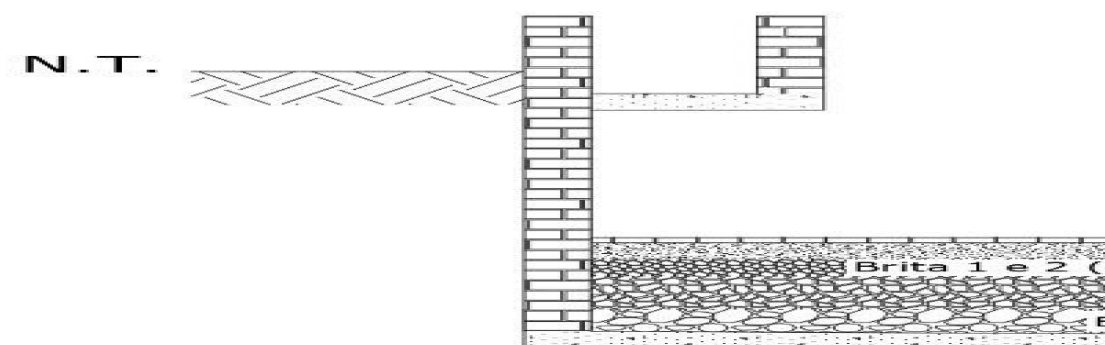


Figura 3 — Perfil dos leitos drenantes.

Esse reservatório, responsável por armazenar toda a água clarificada que passou pelos leitos drenantes, não necessitou de intervenção estrutural, passando apenas por uma limpeza para retirada de material que foi se depositando ao longo do tempo em que esteve fora de uso. Essas melhorias foram concluídas em dezembro de 2020 e tiveram um montante de investimento aproximado de R\$13.400,00.

Descrição do acompanhamento

A ETA, que possui operação assistida, conta com 04 (quatro) operadores que se revezam em escala de plantão de 12 x 36 horas, a fim de realizar o monitoramento sistemático da qualidade da água para consumo humano, conforme frequência e padrões de referência estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021. Os resultados dos parâmetros analisados foram digitados diariamente no módulo de Controle Operacional de Água - COA, sistema criado pela CAGECE como ferramenta de gestão, que contribui para a melhoria contínua dos processos referente ao tratamento e distribuição de água, garantindo a confiabilidade das informações inseridas. Essas informações foram analisadas diariamente pela Supervisão de Produção da ETA e de acordo com os resultados das análises, era definido a necessidade de realizar ensaios de tratabilidade com o equipamento jar test, a fim de determinar as dosagens ideais dos produtos químicos utilizados no tratamento da água captada, de modo a se obter o melhor desempenho da ETA, conforme mostra a Figura 4.

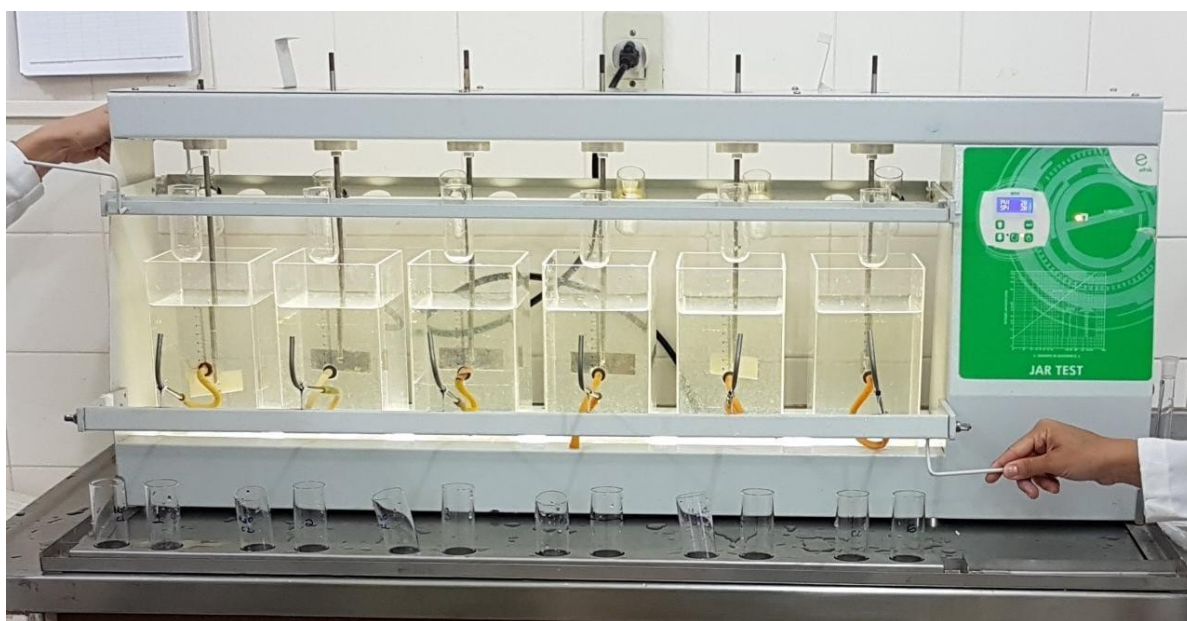


Figura 4 — Ensaio jar test.

Como forma de acompanhar a eficácia das ações desenvolvidas, foi utilizado o ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), metodologia de ciclo contínuo de melhoria, de modo que as premissas adotadas foram:

- O Índice de Qualidade de Água deverá atender os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021;
- A demanda de água tratada requerida pela população será atendida;
- Não haverá lançamento de efluente no meio ambiente;
- A água armazenada para reúso deverá retornar a ETA;
- Todo o lodo gerado terá a destinação final adequada;
- As melhorias deverão focar na sustentabilidade.

RESULTADOS OBTIDOS

Para avaliação qualitativa e quantitativa do desempenho da ETA ao longo do ano de 2021, a fim de caracterizá-la como sustentável, o estudo considerou dois períodos climáticos distintos: chuvoso (janeiro a junho) e seco (julho a dezembro), sendo os meses de dezembro e junho considerados de transição entre as estações climáticas.

Avaliação dos volumes e da qualidade

A Tabela 1 apresenta os dados operacionais de 2020 (valores médios mensais), ano em que o sistema de reaproveitamento ainda não havia sido implantado, para fins de comparação.

Tabela 1 — Dados operacionais da ETA de 2020, sem recirculação da água.

	Vazão	Tempo de Operação	Volume Captado	Volume de Descarga e Lavagem da Unidades Operacionais	Volume Produzido	Volume Perdido
--	-------	-------------------	----------------	---	------------------	----------------

	m ³ /d	h/dia	m ³	m ³	m ³	m ³	% captado
Jan	880,8	24,0	27305,1	1740,1	25565,0	1740,1	6,4
Fev	871,5	23,8	25276,7	1622,7	23654,0	1622,7	6,4
Mar	833,1	23,4	25823,4	1479,6	24343,8	1479,6	5,7
Abr	958,0	23,9	28743,0	1496,1	27246,9	1496,1	5,2
Mai	922,2	23,8	28587,0	1516,6	27070,4	1516,6	5,3
Jun	992,4	22,7	29770,0	864,8	28905,2	864,8	2,9
Jul	1025,9	22,8	29051,0	825,4	28225,6	825,4	2,8
Ago	1029,6	24,0	29786,0	849,8	28936,2	849,8	2,9
Set	1011,3	23,4	28676,0	823,7	27852,3	823,7	2,9
Out	996,4	23,3	28756,0	820,6	27935,5	820,6	2,9
Nov	896,8	23,7	25966,0	825,7	25140,4	825,7	3,2
Dez	879,9	23,3	25556,0	823,7	24732,3	823,7	3,2
Média Anual	941,5	23,5	27774,7	1140,7	26634,0	1140,7	4,1

Analisando a tabela acima, observa-se que o volume de água perdido no processo de tratamento chegava a até 6% do volume total captado, sendo influenciado por períodos de fortes enxurradas ocasionadas pela quadra chuvosa. Conforme as condições das instalações e a eficiência operacional das ETA's, os percentuais de perdas de água podem variar de 2 a 10% (Brasil, 2004b).

Diante da limitada e crítica disponibilidade dos recursos hídricos do Estado do Ceará, buscou-se o desenvolvimento de uma tecnologia para a recuperação da água de descarga e lavagem das unidades operacionais da ETA, a qual tem o objetivo de evitar o desperdício e o descarte inadequado dessa água. Desta forma, foi elaborado um esquema de funcionamento da ETA, desde a captação até a recirculação do efluente tratado, conforme apresentado na Figura 5.

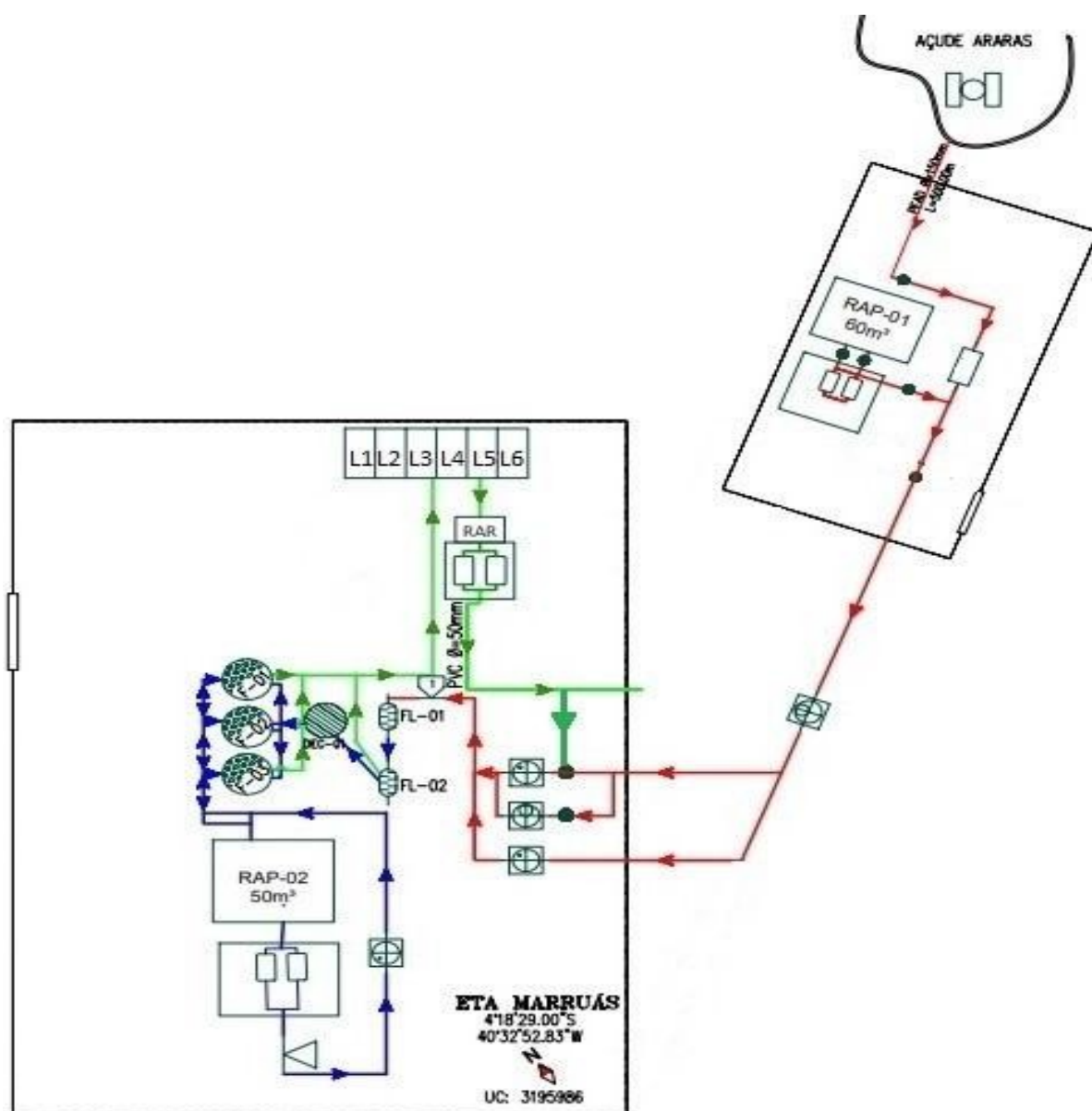


Figura 5 — Esquema de funcionamento da ETA com a recirculação.

* Linha Vermelha - Água Bruta; Linha Azul - Água Tratada; Linha Verde - Efluente/Água Recirculada.

Para Menezes et al., (2005), o consumo, muitas vezes excessivo, de água na limpeza das unidades operacionais que compõem a ETA, requer uma estratégia de redução dos desperdícios no processo, mediante aumento direto de sua eficiência e, quando viável, da recuperação da água de lavagem para o próprio abastecimento ou para outros usos qualitativamente menos restritivos das águas recuperadas.

A Tabela 2 apresenta dados operacionais da ETA de 2021 (valores médios mensais), a partir de janeiro, mês em que o sistema de recirculação iniciou sua operação.

Tabela 2 — Dados operacionais da ETA de 2021, com recirculação da água.

	Vazão	Tempo de Operação	Volume Captado	Volume de Descarga e Lavagem da Unidades Operacionais		Volume Produzido	Volume Reutilizado		Volume Armazenado	
	m³/d	h/dia	m³	m³	%	m³	m³	%	m³	% captado

					captado			captado		
Jan	830,6	24,0	24857,0	849,8	3,4	24007,2	727	2,9	122,8	0,5
Fev	744,5	23,5	19960,0	772,0	3,9	19188,0	793	4,0	-21,0	-0,1
Mar	707,0	23,5	20719,0	849,8	4,1	19869,2	741	3,6	108,8	0,5
Abr	748,1	22,8	21228,0	839,4	4,0	20388,6	690	3,3	149,4	0,7
Mai	792,2	23,7	23681,0	892,9	3,8	22788,1	415	1,8	477,9	2,0
Jun	759,3	23,8	21901,0	871,3	4,0	21029,8	595	2,7	276,3	1,3
Jul	750,5	24,0	22662,0	914,1	4,0	21747,9	877	3,9	37,1	0,2
Ago	799,5	23,6	24240,0	987,0	4,1	23253,0	794	3,3	193,0	0,8
Set	772,9	23,2	22700,0	880,0	3,9	21820,0	823	3,6	57,0	0,3
Out	686,9	24,0	21293,0	906,4	4,3	20386,6	677	3,2	229,4	1,1
Nov	669,9	23,6	44501,0	877,7	2,0	43623,3	708	1,6	169,7	0,4
Dez	842,3	23,7	24734,1	885,8	3,6	23848,3	556	2,2	329,8	1,3
Média Anual	758,6	23,6	24373,0	877,2	3,7	23495,8	699,7	3,0	177,5	0,7

Com a reativação da ETRG, todo o volume que antes era descartado passou a ser disposto nos leitos drenantes e o efluente tratado direcionado para o RAR, a fim de ser recirculado para a ETA. A recirculação funcionava de acordo com a necessidade operacional, seja quando houvesse risco de extravasamento do RAR, caso este chegasse ao nível máximo, seja quando houvesse problema na captação, que impossibilitava a chegada de água bruta. Assim, o volume recirculado voltava para o início do tratamento, na ETA, para se misturar com a água bruta captada ou simplesmente para manter o funcionamento da ETA, a fim de evitar desabastecimento na cidade, até o problema da captação ser sanado.

O volume negativo registrado no mês de fevereiro mostra que o volume recirculado foi maior do que o utilizado nas lavagens das unidades operacionais ao longo do mês em análise, isso porque o mês de fevereiro tem menos dias que os demais meses do ano, e o volume armazenado do mês anterior ficou acumulado no RAR. Reis (2009), afirma que nas ETA convencionais ou de ciclo completo, a água utilizada na lavagem dos filtros pode ser recirculada, com ou sem clarificação, para a câmara de chegada da água bruta, onde será misturada com a mesma. O volume gerado de água de lavagem é variável e depende da qualidade da água bruta, do tipo e eficiência do tratamento e, para as ETA's tipo convencional, da eficiência dos decantadores. Desta forma, se faz necessária a presença de um reservatório ou um tanque, para recepção dos resíduos líquidos oriundos da retrolavagem, que permitirá equalizar e regularizar a vazão de recirculação.

Cornwell & Lee (1994) sugerem que a vazão de recirculação se mantenha abaixo de 10% da vazão da ETA, a fim de assegurar a qualidade microbiológica da água. A USEPA (2002) orienta que o percentual de recirculação deve ser determinado de acordo com cada ETA, definidos a partir de estudos em escalas menores. De acordo com USEPA (2000), uma forma de minimizar os riscos relacionados a reintrodução de contaminantes é através do tratamento dos resíduos antes da recirculação (FREITAS et al., 2017).

Os volumes de descarga e lavagem das unidades operacionais da ETA mantiveram uma média equivalente ao longo do ano, isso porque segundo a FUNCEME, a quadra chuvosa teve precipitações abaixo da média no Ceará, aproximadamente 11,2% menor que a normal climatológica para o período, justificando a constância da qualidade da água bruta, já que não houve enxurradas, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 — Média mensal das análises realizadas diariamente na ETA (*AB - Água Bruta; AT - Água Tratada; AR - Água Recirculada; AF - Água Filtrada).

	Cor Aparente (uH)			Turbidez (uT)				pH			Cloro Residual Livre (mg/L)	
	AB	AT	AR	AB	AF	AT	AR	AB	AT	AR	Pré-Filtração	AT
Jan	11,67	31,56	2,50	1,80	0,36	2,14	0,80	7,53	7,12	7,94	1,00	4,00
Fev	16,25	22,03	2,50	2,11	0,36	7,22	0,80	7,48	7,18	7,94	1,00	4,00
Mar	11,67	19,64	2,50	2,06	0,39	4,22	0,64	7,58	7,09	7,66	1,00	4,00
Abr	11,67	10,78	2,50	2,33	0,40	2,42	0,70	7,40	7,14	7,62	1,00	4,00
Mai	11,67	20,62	2,50	2,19	0,42	3,71	0,73	7,48	7,14	7,57	1,00	4,00
Jun	11,67	19,10	2,50	1,96	0,41	3,11	0,82	7,45	7,22	7,62	1,00	4,00
Jul	11,67	16,94	2,50	1,77	0,37	2,13	0,58	7,51	7,26	7,65	1,00	4,00
Ago	11,67	9,69	2,50	1,80	0,38	0,66	0,56	7,59	7,35	7,75	1,00	4,00
Set	11,67	2,50	2,50	2,21	0,43	7,26	0,57	7,62	7,47	7,96	1,00	4,00
Out	8,00	2,50	2,50	2,27	0,42	0,49	0,57	7,42	7,34	7,87	1,00	4,00
Nov	11,67	2,50	2,50	2,55	0,40	0,36	0,56	7,65	7,30	7,94	1,00	4,00
Dez	11,67	2,50	2,50	2,59	0,38	0,34	0,59	7,69	7,06	7,98	1,00	4,00
Média Anual	11,75	13,36	2,50	2,14	0,39	2,84	0,66	7,53	7,22	7,79	1,00	4,00

Diante disso, ao longo do ano foram realizados diversos ajustes de dosagem a fim de otimizar o tratamento, de modo que houvesse o menor consumo de água possível para limpeza das unidades operacionais, na condição de que a turbidez da água dos filtros se mantivessem abaixo de 0,5 uT, padrão de qualidade da legislação vigente. A Figura 6 retrata o momento em que o operador realiza a coleta de uma alíquota de água filtrada (filtro 01), ação repetida a cada 02 horas de funcionamento da ETA.



Figura 6 — Operador realizando a coleta de água para análises.

A água armazenada no RAR apresentou características qualitativas favoráveis podendo ser lançada diretamente no córrego próximo a ETA, uma vez que os resultados atendem aos limites estabelecidos pela Resolução 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. No entanto, com o objetivo de buscar cada vez mais a preservação do meio ambiente e a utilização racional dos recursos hídricos, foi adotado um sistema de reúso, gerando incremento de volume na ETA e zerando as perdas de produção, comprovando assim eficiência do tratamento da ETRG, onde a água destinada para recirculação apresentou melhor qualidade do que a água bruta captada, de modo que os resultados se equiparam as análises da água tratada.

A Figura 7 mostra o comparativo visual da qualidade da água bruta, que estava chegando na ETA, com relação a água que estava sendo recirculada no momento.



Figura 7 — Amostra comparativa entre água bruta (à esquerda) e água recirculada (à direita).

Operacionalização da ETRG

De acordo com a avaliação operacional realizada pela supervisão, ficou definido que diariamente seriam utilizados 02 leitos drenantes simultaneamente, onde esses ficariam 02 dias sem receber nenhuma contribuição de volume em virtude do uso dos outros leitos, de forma que ambos funcionassem equitativamente em forma de rodízio, conforme ilustrado na Figura 8.



Figura 8 — Leitos drenantes funcionando por batelada.

O ciclo de limpeza das unidades operacionais ocorria diariamente e de acordo com a necessidade, para que assim, os leitos usados por batelada, possibilitassem a destinação de todo o volume do efluente gerado na ETA para a ETRG e proporcionasse o tempo necessário para que ocorresse a filtração e adensamento do lodo por gravidade, bem como sua posterior secagem pela incidência solar, conforme representado na Figura 9.



Figura 9 — Lodo em fase de secagem.

A remoção acontecia de acordo com a observação da quantidade de lodo acumulado nos leitos, que influenciava diretamente na velocidade de filtração do efluente. A Figura 10 mostra um leito após a retirada do lodo, pronto para ser utilizado novamente.



Figura 10 — Leito drenante após a retirada do lodo.

Para remoção do lodo os operadores utilizaram ferramentas como enxada e pá, dispondo-o em containers, conforme mostra a Figura 11, para posterior destinação final.



Figura 11 — Lodo retirado e armazenado para destinação final.

Destinação final do lodo

O transporte do lodo nos containers ocorria em média a cada 02 meses durante o período chuvoso e a cada 03 meses durante o período seco, sendo realizado pelo caminhão da CAGECE, aproveitando a viagem das rotas de entrega de produtos químicos na estação. O lodo era destinado a ETA Jaburu, localizado na cidade de Tianguá - CE, cuja estação possui certificação ISO 9001:2015 e já encontrava-se em fase de implantação da certificação ambiental ISO 14001:2015.

Ao chegar na ETA Jaburu, o lodo era disposto em leiras na área de compostagem, conforme mostra a Figura 12. Além desse lodo, as leiras eram compostas, em sua grande maioria, pelo lodo da ETRG da ETA Jaburu, por restos de poda das árvores e restos de comida do refeitório, todos da área local.



Figura 12 — Área da compostagem.

O processo da compostagem era realizado de acordo com o Procedimento Operacional Padrão - POP, com o auxílio de uma retroescavadeira. Todo o composto produzido era destinado ao viveiro de mudas, conforme mostra a Figura 13, espaço onde ocorria a produção de mudas de diversas espécies regionais, sendo elas nativas, frutíferas e ornamentais, disponíveis para doação.



Figura 13 — Produção de mudas no viveiro.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que todas as melhorias operacionais desenvolvidas na ETA Marruás dos Rosas contribuíram para o alcance dos objetivos estabelecidos e desempenho sustentável dos processos.

A otimização do tratamento da água para atendimento a portaria de controle de qualidade para consumo humano, a recuperação da ETRG para tratamento do efluente gerado, propiciando a recirculação de 100% do volume nas condições ideais para o pleno funcionamento da estação e a destinação adequada do lodo desidratado no processo de compostagem, são alguns dos benefícios ambientais alcançados que cooperam com a preservação do meio ambiente.

Por fim, conclui-se que a adoção de medidas que estejam em harmonia com a sustentabilidade ambiental resultam no atendimento às legislações ambientais vigentes, garantindo a renovação da licença de operação da estação e aos requisitos regulamentares da agência reguladora. Diante do exposto, as companhias de saneamento devem investir em tais tecnologias, vislumbrando um horizonte futuro de benefícios financeiros e ambientais, além de garantias de seguimento legal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S.; HOPPEN, C.; TAMANINI, C. R.; NEVES, P. S. Produção, composição e constituição de lodo de estação de tratamento de água (ETA). In: ANDREOLI, Cleverson V. Alternativas de uso de resíduos do saneamento. Rio de Janeiro: ABES, 2006, p. 29-48.
2. ARAUJO, F. T. V; LIMA, T. C.; COCHRANE, A. F.; JUNIOR, A. H. Implantação de sistemas de recirculação de água de filtragem em estação de tratamento de água. XX Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente - ENGEMA. São Paulo, dezembro 2018.
3. BRASIL. (1997) Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Brasília.
4. BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água: Documento Técnico de apoio: DTA A2. 2004b. Disponível em: http://www.pmss.gov.br/downloads/biblioteca/pncda/dta/dta_a2_2003.zip.
5. COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ - CAGECE. Acesso em: 15 de dezembro de 2021.



6. CHAVES, K.O. Desenvolvimento e aplicação de sistema de floco-flotação por ar dissolvido para tratamento da água de lavagem do filtro da ETA Gavião. 2012. Dissertação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
7. COMPANHIA DE GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ - COGERH. Relatório da Qualidade das águas dos açudes monitorados pela COGERH.- Campanha de agosto de 2021. Fortaleza-CE, outubro de 2021. Disponível em: http://www.hidro.ce.gov.br/estadotrofico?data_ini=11-2021.
8. CORDEIRO, J. S. Processamento de lodos de estações de tratamento de água (ETAs). In: ANDREOLI, Cleverson V. (coord.). Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001, p. 119-142.
9. DI BERNARDO, L., DANTAS, A. D., VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. Editora LDiBe, São Carlos – SP, 2012.
10. FREITAS, D. G. D. Efeitos da recirculação de água de lavagem de filtros em um sistema de filtração direta em escala de bancada. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/23399/1/DaianneGomesDeFreitas_DISSERT.pdf.
11. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/pires-ferreira/panorama2021>.
12. LUSTOSA, J. B., BRACARENSE, D. C., CASTRO, F. M. S., QUEIROZ, S. C. B., SILVA, G. G. Tratamento e aproveitamento de água de lavagem de filtro em estação de tratamento de água. Revista DAE, maio 2017.
13. MENEZES, A. C. L. S. et al. Caracterização da água de lavagem de uma estação de tratamento de água, com vistas ao reuso. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, (Suplemento), p.191-196, 2005. Disponível em: http://www.agriambi.com.br/revista/suplemento/index_arquivos/PDF/191.pdf?.
14. REIS, J. R. B. D. Estudo de reuso e reciclagem de água de lavagem de filtro rápido de estação de tratamento de água, em sistema de ciclo fechado, independente. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258655/1/Reis_JoseRobertoBezerrados_M.pdf.
15. SILVA, C.A.; SILVEIRA, C.; SILVA, F.A.; KLEN, M.R.F.; BERGAMASCO, R. (2012) Classificação dos lodos formados durante o processo de coagulação/floculação da água com os coagulantes PAC e Moringa Oleifera. Engevista, v. 14, n. 3. p. 302-309. <https://doi.org/10.22409/engevista.v14i3.380>.
16. SOUZA, A.G. et al. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento, 1999.
17. SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (SEMACE). Resolução COEMA Nº2/2017. Dispões sobre padrões e condições para lançamentos de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Ceará, 2017.
18. TERTO, R.S. et al. Caracterização dos resíduos da água de lavagem de filtros em ETA, 2018.
19. UNEP-IETC. Planejamento e Gerenciamento de Lagos e Reservatórios: Uma Abordagem Integrada ao Problema da Eutrofização. Séries de Publicações Técnicas [11P]. 2001. 385p.