

RELATÓRIO TÉCNICO

POTENCIAL DE REÚSO AGRÍCOLA DE EFLUENTES LÍQUIDOS GERADOS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA ALEGRE - CE

Elaborado por: Cicera Cilene Bezerra Moreira
Matrícula: 3167 – 4

Juazeiro do Norte – CE, Maio de 2020.

**DNI – Diretoria de Negócio do Interior
UN-BSA – Unidade de Negócio Bacia SALGADO – Juazeiro do Norte**

**Superintendência de Negócios do Sul - SNS
CARLOS JACINTO LEAL**

EQUIPE TÉCNICA:

Gerente da Unidade de Negócio

FRANCISCO GILBERTO MÁXIMO BEZERRA JUNIOR

Coordenador de Suporte Administrativo

MAIRES ALVES CORDEIRO

Coordenador de Operações Industriais UN BSA 60

RENATO DE SOUSA SILVA

Coordenador de Serviço e Expansão UN BSA 20

MARCELO GUTIERRES WUEZIUS

Coordenador Comercial

EJAILDO DE SOUSA CARVALHO

Coordenador do Núcleo de Juazeiro Norte UN BSA 70

FRANCISCO JOCÉLIO PINHEIRO VERAS

Supervisor de Rede UN BSA 20

ROBSON DE ARAÚJO SILVA

Supervisor de Perdas UN BSA 20

WILSON ANGELIM DA SILVA

Supervisor de Eletromecânica UN BSA 60

ALEX KRUIFF DE SOUSA

Supervisora de Produção de Água UN BSA 60

LINDAMAR BEZERRA DA SILVA

Supervisor de Tratamento de Esgoto e Meio Ambiente UN BSA 60

ERMESON NAEL DINIZ LIMA

Supervisor da Eletromecânica UN BSA 70

RIVELINO CARDOSO XAVIER TELES

Supervisor de Água UN BSA 70

CAIO MESTIELLY ARAGÃO COELHO

Supervisora de Tratamento de Esgoto e Meio Ambiente UN BSA 70

JULIANA FILGUEIRAS DE OLIVEIRA

Supervisor de Perdas UN BSA 70

RONDON MADEIRA DE BRITO



M838r Moreira, Cicera Cilene Bezerra.
Relatório Técnico: potencial de reuso agrícola de efluentes líquidos gerados na estação de tratamento de água no município de Várzea Alegre - CE. / Cicera Cilene Bezerra Moreira. - 2020.

28f.

Orientadora: Professora Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima.

Relatório Técnico (Produto de Dissertação)- Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA.

1. Gestão de recursos hídricos. 2. Reuso de efluentes. 3. Efluentes na agricultura. 4. Tratamento de efluentes líquidos. 5. Estação de tratamento de água - Várzea Alegre - CE. 6. Potencial de reuso de efluentes - agricultura. 7. Várzea Alegre - CE - estação de tratamento de efluentes. 8. Produto técnico - PROFÁGUA. I. Lima, Vera Lúcia Antunes de. II. Título.

CDU: 628.32:631.67(047)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

Relatório Técnico elaborado para a Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE através dos resultados obtidos na Dissertação apresentada ao Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande para obtenção de título de Mestre em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos pelo Programa ProfÁgua, sob orientação de Vera Lúcia Antunes de Lima.

1 INTRODUÇÃO

Este relatório foi elaborado com o objetivo de propor os benefícios da água de reúso derivado de tratamento de ETA para fins agrícolas onde pode citar a possibilidade de permuta parcial ou total da água de irrigação e a incorporação de nutrientes contidos nos efluentes. A gestão dos resíduos líquidos gerados que são produzidos em ETA tem consistido em componente de numerosos estudos, pois a disposição desses efluentes de forma inadequada e sem controle constitui uma dificuldade ambiental que faz jus a atenção. Dentre os resíduos gerados na ETA os efluentes dos processos de limpeza dos filtros e a descarga de lavagem merecem atenção para o devido tratamento.

Ao analisar as soluções viáveis para a utilização dos efluentes de Estação de Tratamento de Rejeito Gerado –ETRG busca-se produzir soluções de baixo custo e de fácil manipulação pelos operadores que trabalha em Estações de Tratamento (MOREIRA, 2019).

Segundo Von Sperling (2014) a prioridade na escolha e tipo de tratamento está relacionado com as características dos efluentes de ETA onde necessita ser considerado as condições físico –químicas. Além de relevante as características técnicas e econômicas, e estimativas quanti e qualitativas. A qualidade físico-química e sanitária de um efluente está sujeita ao tipo de tratamento realizado e a requisição para seu uso.

A Estação de Tratamento de Rejeito Gerado –ETRG é um dos métodos de tratamento de rejeito de ETA que produz efluentes com padrões apropriados para fins agrícolas.

No Nordeste do Brasil devido as inúmeras crises hídricas, faz-se necessário avaliar outras alternativas sustentáveis que norteiem a criação de programas de gestão de recursos hídricos. Na tentativa de minimizar a escassez de oferta de água, vários setores têm desenvolvido práticas e processos de reúso, recuperação e reciclagem da água para diferentes fins (HESPANHOL et al, 2002).

Presentemente, no Brasil, a maior parte das ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA lançam seus resíduos gerados *in natura*, isto é, sem tratamento prévio, causando múltiplos impactos ambientais e ao homem, com o aumento da concentração de metais tóxicos e sólidos em suspensão, sedimentáveis, microrganismos patógenos nos ~~mananciais prejudicando a qualidade das águas.~~

Com essa contextualização se procura pesquisar o reúso de efluentes de Estação de Tratamento de Água – ETA para fins na agricultura, com a finalidade de manter o equilíbrio em relação aos seus aspectos qualitativos e quantitativos.

A qualidade físico-química e sanitária de um efluente está sujeita ao tipo de tratamento realizado e a requisição para seu uso. A Estação de Tratamento de Rejeito Gerado – ETRG é um dos métodos de tratamento de rejeito de ETA que produz efluentes com padrões apropriados para fins agrícolas.

Aplicação da água de reúso é um fato que acontece em todo o mundo, nos Estados Unidos no estado da Califórnia, em 1918, foi emitida a primeira regulação oficial sobre a utilização agrícola de esgoto sanitário que se tem informação, após isso essas técnicas só vêm se aperfeiçoando e conquistando cada vez mais ambiente no planejamento urbano. Alguns países como Israel, Japão, Estados Unidos, México, África do Sul e China vem tomando técnicas de reúso acomodadas as suas realidades (SOUZA, 2018).

1.2 Conceitos de reúso de Água

O Reúso de água é o uso consciente de água onde refere-se à reutilização ou ao reaproveitamento de água. O reúso pode ser definido como uso de água residuária ou água de qualidade inferior tratada ou não. A água de reúso pode ser definida como a água residuária que está dentro de padrões estabelecidos para a sua reutilização (SANTOS, 2020).

De modo geral, o reúso é classificado e pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não. De acordo com a Organização Mundial de Saúde – OMS tem-se: Reúso indireto, Reúso direto e Reciclagem interna (IWAKI, 2015).

Reciclagem interna: É a reutilização da água internamente às instalações industriais de uma determinada atividade.

Já a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) adota uma classificação de reúso de água em duas grandes categorias: potável e não potável. Esta classificação é amplamente adotada por sua praticidade e facilidade (IWAKI, 2015).

A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) Nº. 54, de 28 de novembro de 2005, que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direito não potável de água, e dá outras providências, em seu Artigo 3º menciona que segundo o Ministério do Meio Ambiente – MMA (2005) menciona que:

§ 2º As diretrizes, critérios e parâmetros específicos para as Art. 3º O reúso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades:

I - Reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

II - Reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III - Reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV - Reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e,

V - Reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

Modalidade de reúso definidas nos incisos deste artigo serão estabelecidas pelos órgãos competentes.

O artigo 2º da Resolução de nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH possui as seguintes definições:

I- Água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratadas ou não;

II – Reúso de água: utilização de água residuária;

III – Água de reúso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;

IV – Reúso direto de água: uso planejado de água de reúso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;

V – Produtor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reúso;

VI – Distribuidor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reúso; e

1.3 Marco sobre Reúso de águas

De acordo com Fernandes (2020, p. 2),

~~Entendermos melhor como o conceito de reúso está inserido na gestão dos Recursos Hídricos do País apresentaremos fatos retirados do histórico do desenvolvimento da gestão integrada dos recursos hídricos no Brasil, apresentada no Plano Nacional de Recursos Hídricos onde fica claro que já na década de 90 o~~

reúso de água é citado como uma forma de enfrentamento das questões ambientais dos países visando um desenvolvimento sustentável. A conferência de Dublin em 1992 mostrou a existência de sérios problemas relacionados a disponibilidade de água para a humanidade, e estabelece 4 princípios para a gestão sustentável da água, quais sejam: I – A água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para a manutenção da vida, para o desenvolvimento e para o meio ambiente; II- O seu gerenciamento deve ser baseado na Participação dos usuários, planejamento e formuladores de políticas em todos os níveis; III – As mulheres desempenham um papel essencial na provisão no gerenciamento e na proteção da água; e IV - O reconhecimento do valor econômico da água.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA de nº. 357/2005 (Alterações: Resolução 410/2009 e pela 430/2011) e resolução CONAMA nº 396/2008 (e alterações) do CONAMA, que especificam classes de qualidade da água associadas à qualidade exigida para as suas principais utilizações atuais e futuras para águas superficiais e subterrâneas, respectivamente (BRASIL, 2005b).

A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH Nº 121, DE 16 DE DEZEMBRO DE 2010 estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH no 54, de 28 de novembro de 2005 (BRASIL, 2005a).

A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH Nº 54 de 2005 estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências.

No Art. 5 da referida Lei caso a atividade de reúso implique alteração das condições das outorgas vigentes, o outorgado deverá solicitar à autoridade competente retificação da outorga de direito de uso de recursos hídricos de modo a compatibilizá-la com estas alterações. Já no Art. 8 Os Comitês de Bacia Hidrográfica deverão: I - considerar, na proposição dos mecanismos de cobrança e aplicação dos recursos da cobrança, a criação de incentivos para a prática de reúso; e II - integrar, no âmbito do Plano de Recursos Hídricos da Bacia, a prática de reúso com as ações de saneamento ambiental e de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica (BRASIL, 2005a).

De maneira geral, o quadro regulatório atual associado ao controle da qualidade da água de reúso não é completo e impõe uma incerteza nos potenciais projetos de reúso, conforme supracitado nas legislações acima.

A resolução Nº 54 de 2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos -CNRH, Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. No Art. 3º da Resolução 54/2005 estabelece reúso

direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange a seguinte modalidade no Inciso - II - reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas (BRASIL, 2005a).

2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Várzea Alegre é um município do estado do Ceará localizado na região centro-sul do estado, distante 467 km de Fortaleza, com área aproximadamente 829,976 km² e uma população de 40721 habitantes em 2019 (IBGE, 2020). As Coordenadas geográficas de Várzea Alegre **Latitude:** 5° 21' 0" Sul, **Longitude:** 40° 22' 60" Oeste.

A composição da área de estudo ETA: ETA piloto, Casa do operador, 5 Filtros, Estação elevatória de lavagem dos Filtros, Câmara de Mistura rápida, Torre de Equilíbrio, Elevatória, casa química e Minilaboratório. Já a composição da ETRG: 2 (duas) câmaras independentes ou leitos de drenagem, saída do tratamento. Com aplicação dos seguintes produtos químicos: cloro gasoso, aplicação de PAC-23, Fluorsilicato de sódio e polímero catiônico.

Figura 1 - Localização da Estação de Tratamento de Água do Manancial de abastecimento e de Estação de Tratamento de Rejeito Gerado em Várzea Alegre – CE



Fonte: Arquivo Pessoal do autor, 2020.

Na Figura 02 mostra a composição da área de estudo através de imagem aérea. Composta pelos seguintes equipamentos: Entrada da ETA, ETA piloto para visita, Casa do operador, RAP (Reservatório Apoiado), Filtros, estação elevatória de lavagens dos filtros, Câmara de mistura rápida/torre de equilíbrio, Elevatória, Casa Química e Laboratório da ETA Várzea Alegre.

Figura 3 - Composição da área de Estudo



Fonte: Arquivo Pessoal do autor, 2020.

2.1 Reúso de água Proveniente de ETA's e ETRG

As estações de tratamento de água – ETA's lançam rejeitos, efluentes que devem ser tratados, dessa forma à legislação brasileira ambiental força as concessionárias de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitários a dispor corretamente os rejeitos das lavagens dos filtros através de processos adequados, a fim de conscientizar sobre o lançamento in natura no nos corpos hídricos (MOREIRA, 2019).

O Sistema de Reúso Planejado de Água da Estação de Tratamento de Rejeito Gerado tem potencial para fins agrícolas em Várzea Alegre, configura-se uma necessidade, sendo uma estratégia para redução da quantidade de água retirada do manancial.

Buscar métodos mais eficientes de irrigação e outras alternativas de recursos hídricos, como o emprego de águas residuárias, para atenuar a concorrência por água é tendencioso no mundo inteiro (REBOUÇAS et al., 2010).

A tecnologia no reúso utilizada na ETRG torna a qualidade físico - química e bacteriológica adequada para que possa retornar a produção inicial do tratamento ou ser utilizada com reúso agrícola sem comprometer a colmatção do leito filtrante e o meio ambiente.

As águas originárias da descarga e da lavagem dos filtros, a o entrar na ETRG é adicionada na tubulação do leito drenante produto químico o polímero catiônico que ajuda na coagulação das partículas. A água gerada na lavagem dos filtros é direcionada para tratamento do efluente na Estação de Tratamento de Rejeitos Gerados – ETRG.

O volume que a ETA gera em torno de 126.669,85m³ onde parte desse volume distribuído é 122.855,0m³ para o abastecimento de água no município de Várzea Alegre. Vale ressaltar que o volume de lavagem é aproximadamente 6.814,55 m³ o que equivale a 5,249% do volume produzido pela ETA. Em decorrência do elevado volume gerado há necessita uma destinação adequada sendo o reúso para fins agrícolas uma alternativa adequada como destinação sustentável.

Foram realizadas visitas de campo para compor mais detalhadamente sobre o tratamento, com visitas de campo respectivas com acompanhamento da ETRG combinado com os resultados de análises físico-químicas e microbiológicas dos efluentes da ETA/ETRG, as quais realizadas e disponibilizadas pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

2.3 Coletas e análise de dados

Com base nos dados fornecidos pela CAGECE através das análises de água e efluente, o monitoramento do sistema de tratamento de reúso, promoveu-se discussões ~~ponderando as legislações nacionais e internacionais. Faz parte dessa discussão as produções científicas atuais e aplicáveis ao objeto de estudo.~~

A periodicidade das coletas foi mensal e corresponderam de 01/2018 a 01/2019, contemplou-se uma amostragem dupla no início da ETA e no final da ETRG para cada período de 12 meses, totalizando 84 análises realizadas. Neste trabalho, a caracterização das análises de água foi realizada por meio da metodologia prescritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA,1995).

Todas as amostras (água de lavagem dos filtros na saída da ETA e água bruta início da ETA) foram coletadas, uma vez ao mês, consecutivamente, pela parte da manhã, entre às 9h e 11h, por meio de amostragem composta. Na seguinte sequência: 1) A água bruta será no início da ETA; 2) A água de lavagem de filtro foi colhida na parte central e superior da ETRG, obedecendo a rotina da ETA.

O monitoramento das atividades da ETA com a qualidade da água bruta, água filtrada e água tratada foi realizada diariamente duas vezes ao dia, entre 08:00h e 14:00 h, pelo operador de manutenção da ETA. Os parâmetros são: Cloro residual livre água tratada, Cor aparente - Água Bruta, Cor aparente - Água Tratada, Fluoreto - Água Tratada, Turbidez - Água Bruta, Turbidez - Água Tratada, Turbidez - Água Bruta, pH - Água Tratada, pH - Água Bruta.

As análises do Relatório de Monitoramento da ETA são: Alcalinidade, Alumínio, Amônia, Cálcio, Cloreto, Cloro, Coliformes Totais, Condutividade Elétrica, Cor, Dureza, Escherichia coli, Ferro total e Dissolvido, Fluoreto, Magnésio, manganês, Nitrito, Nitrato, pH, Sólidos Dissolvidos Totais, Sulfatos, Surfactantes e Turbidez.

Já as análises do relatório de monitoramento de rejeito de ETA/ETRG: Alumínio, Cálcio, Cloreto, Condutividade Elétrica, DQO, Nitrato, Nitrito, Potássio, pH, Sódio, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, Temperatura e materiais Flutuantes e Coliformes Totais.

As escolhas das datas foram selecionadas pelo Laboratório Regional em Juazeiro do Norte e realizadas respectivamente: 22/01/2019, 12/02/2019, 15/03/2019, 05/04/2019, 07/05/2019, 06/06/2019, 04/07/2019, 01/08/2019, 05/09/2019, 03/10/2019, 04/11/2019 e 10/12/2019 do Rejeito Gerado na ETA onde foi feita uma média para compor o Quadro 05.

No laboratório da própria ETA as análises de água foram realizadas para o monitoramento da qualidade da água bruta, água filtrada e água tratada que foi apresentada ~~através de gráficos. Onde foram escolhidas 3 meses para compor o monitoramento in loco da~~ ETA Agosto, Setembro e Outubro de 2019.

3.0 Análise da adequação dos Rejeitos Gerados na ETRG em Várzea Alegre ao uso agrícola

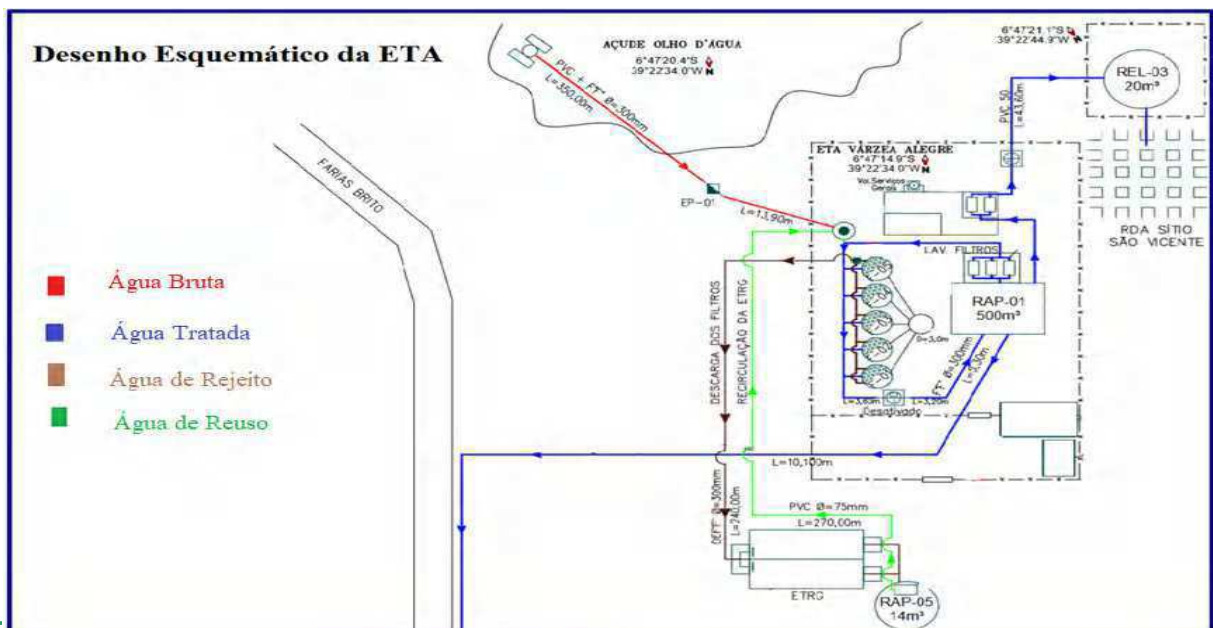
Os parâmetros obtidos nos efluentes da ETRG em Várzea Alegre foram comparados com os Padrões das Resoluções COEMA N°02/2017, CONAMA N° 357/2005 Classe 2 e com as diretrizes para interpretação da qualidade de água para irrigação de Ayers & Westcot (1991) para verificar a adequação desse rejeito ao uso agrícola.

A água bruta representada pela cor Vermelha sendo a água do Manancial o açude Dep. Luiz Otacílio Correia – conhecido popularmente como açude Olho D’Água.

Já a água tratada simbolizada pela cor Azul mostra a água tratada depois da estação de tratamento de água pronta para ser encaminhada para população de Várzea Alegre.

A água dos rejeitos gerados da ETA é representada pela cor Verde a mesma inicia com o processo de tratamento de água e encaminhada para ETRG. A água de descarga e da lavagem dos filtros seguirá para tratamento na Estação de Tratamento de Rejeitos Gerados - ETRG, a seguir a configuração descrita do Desenho esquemático da ETA.

Figura 3 - Fluxograma das Vazões, Água Bruta, Água Tratada e Água do Rejeito (Reúso)



Fonte: Arquivo Pessoal do autor, 2020.

4.0 Processo e Condições de Funcionamento

Á água bruta proveniente do manancial é bombeada para uma Torre de equilíbrio destinada a fornecer a carga hidráulica variável, necessária ao funcionamento dos clarificadores. Desta torre, a montante da qual recebe os reagentes necessários à coagulação, a água é distribuída por conduto forçado aos clarificadores. Esses, por sua vez operam sob carga variável cujo valor é a cada instante auto – regulado pela própria necessidade de sistema é definida pelo nível de água na torre de equilíbrio. Ao penetrar no clarificador a água tem acesso a um conduto principal.

Daí é uniformemente distribuída ao meio fluxo ascendente até atingir a borda das calhas coletoras já isenta de impurezas. Depois água tratada é encaminhada ao reservatório onde recebe a cloração e fluoretação.

Concluído o processo da ETA a água proveniente da descarga e da lavagem dos filtros, recebe a adição de produto químico o polímero catiônico, na tubulação a montante do leito drenante.

A água de descarga e da lavagem dos filtros segue para tratamento na Estação de Tratamento de Rejeitos Gerados - ETRG, a seguir a configuração descrita do Desenho esquemático na Figura 03 observa-se o Fluxograma das Vazões na ETA. A cor vermelha é para simbolizar a água bruta, a cor azul para simbolizar água tratada e a cor verde é para simbolizar água das lavagens dos filtros (Rejeitos Líquidos do ETA).

Vale ressaltar que o efluente tratado pode ser bombeado tanto para o início da ETA ou retornará para o reúso agrícola sem prejuízos para o meio ambiente. Enquanto, o lodo retido na manta geotêxtis será descarregado para uma adequada disposição final.

Figura 4 - Apresenta os cinco Filtros de fibra



Fonte: Arquivo Pessoal da autora

Figura 5 - Ilustra tubulações de entrada de água ETA e saída (Lavagens dos filtros)



Fonte: Arquivo Pessoal da autora

Foram realizadas visitas à companhia de Água e Esgoto do Ceará a fim de coletar todas as informações do sistema operacional da ETA que estão expressas abaixo.

Quadro 1 - Informações Operacionais do Relatório Anual de Dados Operacionais – RADOP

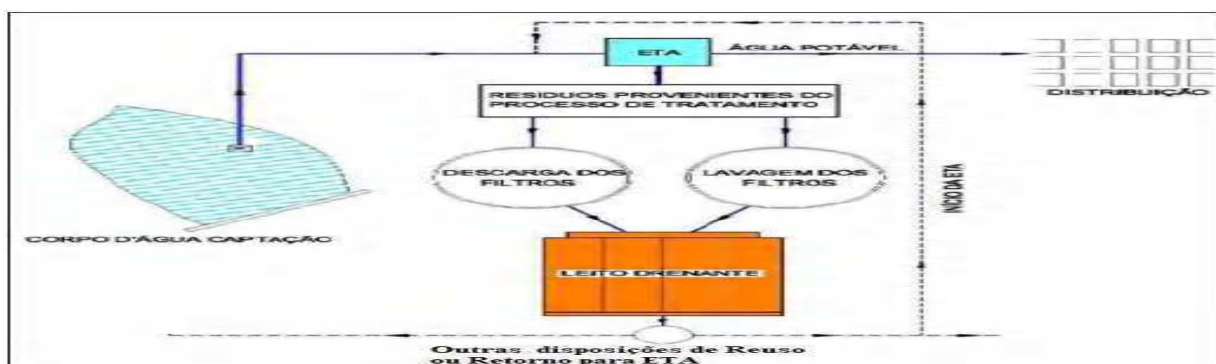
Indicadores do Sistema	Unidade	Ago/19	Set/19	Out/19
Ligações de água Ativas	-	9.743,00	9.743,00	9.743,00
Horas por dia	Horas	13,48	13,8	14,45
Dias de funcionamento	Dias	31	30	31
Vazão captada	m ³ /h	331,03	332,88	324,55
Índice de Perdas Produção de água	%	2,59%	2,51%	2,31%
Volume Bruto	m ³	138.329,14	133.670,50	145.381,50
Volume Produzido	m ³	137.809,14	133.183,00	144.894,00
Volume de consumo autorizado à produção	m ³	3.572,80	3.349,50	3.349,50
Volume Produzido para Comercialização	m ³	134.722,34	130.271,00	141.912,00
Volume Distribuído	m ³	134.722,34	130.271,00	141.912,00

Fonte: RADOP - Relatório Anual de Dados Operacionais (CAGECE, 2019).

Foram realizadas visitas à companhia de Água e Esgoto do Ceará a fim de coletar todas as informações do sistema operacional da ETA que estão expressas no Quadro 01.

A água de descarga e da lavagem dos filtros segue para tratamento na Estação de Tratamento de Rejeitos Gerados - ETRG, a seguir a configuração descrita do Desenho esquemático na Figura 02 observa-se o Fluxograma das Vazões na ETA. A cor vermelha é para simbolizar a água bruta, a cor azul para simbolizar água tratada e a cor verde é para simbolizar água das lavagens dos litros (Rejeitos líquido da ETA).

Figura 6 - Croqui da Estação de Tratamento de Rejeito Gerado



Fonte: Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, 2018.

Na fase de remoção, deve-se ter o cuidado para não danificar o leito. O sistema de tratamento de lodos da ETA será formado por leitos de drenagem, que são utilizados alternadamente. A vazão de dimensionamento do canal e tubulação será igual a vazão necessária para a lavagem de um filtro (MOREIRA, 2019).

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 devido importância. Posteriormente a drenagem da água, acontece a secagem do lodo por evaporação, e as variáveis climáticas, tais como: umidade relativa do ar, ventilação e insolação podem ser decisivas para o desempenho da ETRG.

A Figura 7 e 8 abaixo ilustram as duas câmaras da ETRG mostrando as etapas de tratamento do efluente. A fase 01 quando o efluente bruto entra na ETRG com lâmina em torno de 50 cm onde ocorre adição de produto químico a fim de formar flocos, onde é aplicado pelo processo de coagulação através de aplicação de polímeros e coagulantes esses produtos químicos auxiliam para sedimentar os sólidos suspensos, dissolvidos em solução e desestabilizar as suspensões coloidais de partículas sólidas.

Na fase 02 por processo físico por evaporação e sedimentação acontece a separação dos sólidos e líquidos. Esse processo físico que consiste na passagem lenta e gradual de um estado líquido para um estado de vapor, em função de aumento natural ou artificial de temperatura.

A água escoar para o fundo passando pela manta geotêxtil nesse tecido opera como elemento filtrante em sistemas de drenagem, apartar-se e inibi as misturas dos diferentes materiais.

Figura 7 - Fase 01 Leitos drenantes cheios



Figura 8 - Fase 01 Leitos drenantes cheios



Fonte: Arquivo Pessoal, 2019.

A avaliação do desempenho desse sistema para redução de volume de lodo das ETAs que utilizam produtos químicos: cloro gasoso, PAC-23 (Cloreto de Polialumínio) e Fluorsilicato de sódio e polímero catiônico, faz mediante monitoramento das variáveis operacionais da ETRG.

Figuras 9 e 10 observa-se a fase 2 de tratamento dos leitos drenantes da ETRG, onde observou que com ação do clima e tempo favorece para aumentar a redução em torno de 95% do efluente gerado.

Figura 9 - Fase 02 Leitos semi-secos



Figura 10 - Fase 02 Leitos semi-secos



Fonte: Arquivo Pessoal, 2019.

Já na fase 03 os sólidos estão quase totalmente secos onde são separados com ferramentas apropriadas e dispostas em contêiner encaminhados para UNBSA - Juazeiro do Norte - CE para ser disposta em Bags para sua estabilização final e posterior disposição final

Figura 11 - Fase 03 com Leitos sólidos secos



Figura - 12 Fase 03 Leitos sólidos secos



Fonte: Arquivo Pessoal, 2019.

As variáveis operacionais juntamente com o monitoramento das análises de água forneceram subsídios para montar os resultados. Os Parâmetros usados para caracterização dos resíduos e drenados ETA/ETRG são: Alumínio, DQO, pH, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, Temperatura, turbidez, materiais Flutuantes e Coliformes Totais.

5 RESULTADOS

5.1 Valores do monitoramento da ETA – Várzea Alegre

O Quadro 2 ilustra os valores do monitoramento do minilaboratório da ETA do Relatório de Dados Operacionais - RADOP referente as Análises de água Bruta e Tratada dos meses Agosto/2019, Setembro/2019 e Outubro/2019.

Quadro 2 - Valores dos parâmetros de água bruta e água tratada na ETA de Várzea Alegre - CE dos meses Agosto, Setembro e Outubro de 2019.

Variáveis/Parâmetros	Unidade	Variação	Data das Coletas		
			Ago/19	Set/19	Out/19
Cloro residual livre água tratada	mgL ⁻¹	Mínimo	1,5	1,5	1,5
		Médio	2	2	1,9
		máximo	2	2	2
Cor aparente - Água Bruta	mgL ⁻¹	mínimo	15	15	15
		Médio	15	15	15
		máximo	15	15	15
Cor aparente - Água Tratada	mgL ⁻¹	mínimo	5	5	5
		Médio	5	5	5
		máximo	5	5	5
Fluoreto - Água Tratada	mgL ⁻¹	mínimo	0,6	0,6	0,5
		Médio	0,7	0,7	0,7
		máximo	0,8	0,9	0,9
Turbidez - Água Bruta	mgL ⁻¹	mínimo	1,9	2	2
		Médio	2,3	2,3	2,3
		máximo	2,6	2,7	2,5
Turbidez - Água Filtrada	mgL ⁻¹	mínimo	0,3	0,3	0,3
		Médio	0,5	0,5	0,5
		máximo	0,8	0,8	0,8
Turbidez - Água Tratada	mgL ⁻¹	mínimo	0,3	0,3	0,3
		Médio	0,5	0,5	0,4
		máximo	0,8	0,8	0,8
pH - Água Bruta	mgL ⁻¹	mínimo	8	8	7

		Médio	8,2	8,2	8,2
		máximo	8,5	8,5	8,5
pH - Água Tratada	mgL ⁻¹	mínimo	7	7	7
		Médio	7,2	7,2	7,2
		máximo	7,4	7,5	7,4

Fonte: Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, 2019.

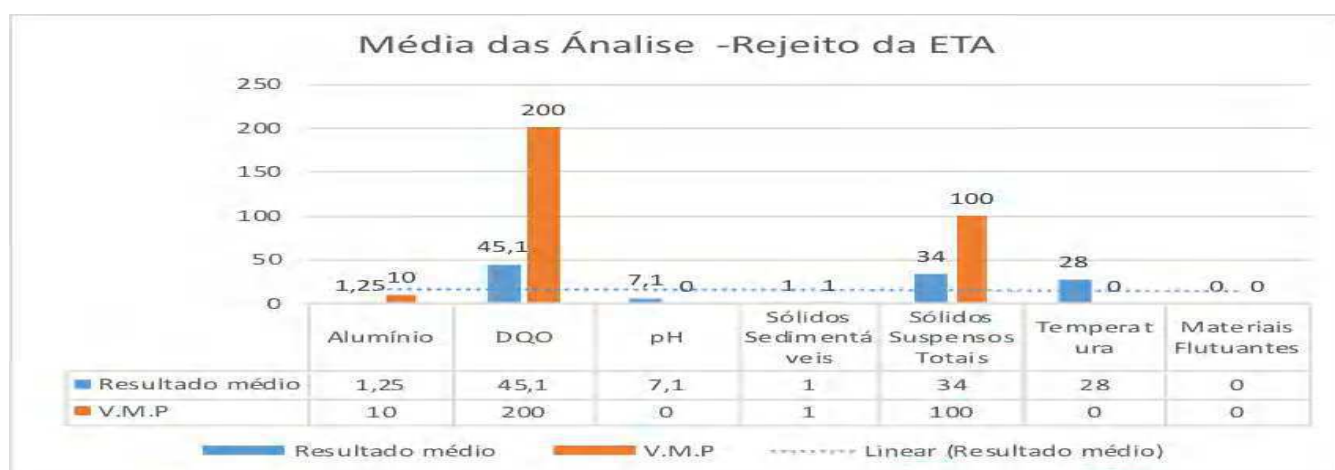
5.2 RESULTADOS ANALÍTICOS DO REJEITO LÍQUIDO DA ETRG VARZEA ALEGRE – CE

5.2.1 Resultados das análises na entrada da ETRG

Os requisitos da qualidade da água devem ser avaliados em função do uso pretendido. Os padrões de qualidade da água necessários para reutilizá-la sem prejuízos ambientais são apresentados na Tabela 2 e seguem a orientação da Resolução COEMA N°02/2017 Art. 14 (CEARÁ, 2017).

Na Figura 13 são apresentados os valores médios e os valores máximos prováveis das variáveis alumínio, DQO, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais, temperatura e materiais flutuantes da água na saída da lavagem dos filtros (Rejeitos Líquidos) da ETA Várzea Alegre – CE. Considerando o período correspondente de 01/2018 a 01/2019.

Figura 13- Valores Médios e valores máximos prováveis (VPM) das Análises de Água na Saída da Lavagem dos Filtros (Rejeitos Líquidos) da ETA Várzea Alegre no período correspondente de 01/2018 a 01/2019.



Fonte - Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, 2019.

O parâmetro Alumínio apresentou valor médio de $1,25 \text{ mgL}^{-1}$ onde o Valor Máximo Permitido pela Resolução COEMA N° 02/2017 no Art. 14, inciso V menciona valor 10 mgL^{-1} (CEARÁ, 2017). Já para a análise de Alumínio não há Valor Máximo Permitido conforme orientações da Resolução CONAMA N° 357/2005 para o elemento Alumínio.

Na análise Demanda Química de Oxigênio – DQO o resultado médio foi $45,1 \text{ mgL}^{-1}$ o que preconiza a Resolução COEMA N°02/2017 no Artigo. 14, inciso VI o Valor PM é 200 mgL^{-1} (CEARÁ, 2017).

Para parâmetro pH nota-se que o valor médio foi de 7,1 já o Valor Máximo Permitido para pH está entre 6,0 e 9,5 conforme Art. 14, inciso I da Resolução COEMA N° 02/2017 (CEARA, 2017).

Os valores de Sólidos Sedimentáveis mostram que o valor de 1 mgL^{-1} é igual ao Valor Máximo Permitido que é 1 mgL^{-1} conforme a Resolução COEMA N° 02/2017 Art. 14, inciso IV (CEARA, 2017).

Os valores de Sólidos em Suspensão Totais mostra o valor de 34 mgL^{-1} onde o Valor Máximo Permitido é 100 mgL^{-1} conforme Resolução COEMA N°02/2017 Art. 14, III (CEARA, 2017).

O valor médio da temperatura foi de 28°C inferior ao VPM que é 40°C conforme Resolução Coema N°02/2017 Art. 14, inciso II (COEMA, 2017). Já para os materiais flutuantes o parâmetro constatou ausente.

De acordo com os dados obtidos através das análises nota-se a partir da Figura 13 as análises (Alumínio, DQO, pH, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, Temperatura e materiais Flutuantes e Coliformes Totais) e a Figura 14 com as análises (Alumínio, Cálcio, Cloreto, Condutividade elétrica, DQO, Nitrato, Nitrito, Potássio, Sódio, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, pH, Temperatura e materiais Flutuantes e Coliformes Totais) nota-se que os valores não ultrapassam os valores permitidos pela resolução COEMA N°02/2017.

5.3 Análises de Água tratada na saída da ETRG em Várzea Alegre - CE para fins de Reúso

A Figura 14 são verificados os valores das análises de águas da saída da ETRG, em relação aos parâmetros Alumínio, Cálcio, Cloreto, Condutividade, DQO, Nitrato, Nitrito, Potássio, sódio, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, pH, Temperatura e materiais Flutuantes e Coliformes Totais. Os resultados foram comparados com os Padrões da Resolução COEMA N°02/2017, Resolução CONAMA N° 357/2005 Classe 2 e classificação de Ayers & Westcot (1991), para verificar a adequação desse efluente ao uso agrícola.

Figura 14 - Dados Médios dos Parâmetros Alumínio, Cálcio, Cloreto, Condutividade, DQO, Nitrato, Nitrito, Potássio, sódio, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, pH, Temperatura e materiais Flutuantes e Coliformes Totais do efluente na saída da ETRG em Várzea Alegre – CE.



Fonte - Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, 2019

5.4 PADRÕES DA RESOLUÇÃO COEMA N°02/2017 ART. 14 E CONAMA N° 357/2005

O Quadro 3 mostra analogia com os Padrões dos respectivos parâmetros: Alumínio, Cálcio, Cloreto, Coliformes, Condutividade, DQO, Nitrato, Nitrito, pH, Potássio, sódio, Sólidos

Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, Temperatura, Turbidez, e materiais Flutuantes das análises da ETRG conforme os Padrões da Resolução N°02/2017 Art. 14 COEMA e CONAMA N° 357/2005 Classe 2.

O Quadro coloca comparação das duas legislações Padrões da Resolução COEMA N°02/2017 no Art. 14 e CONAMA N° 357/2005 Classe 2 além de citar os valores dos resultados médios da ETA e dos resultados da ETRG.

Quadro 3 - Padrões da Resolução COEMA N°02/2017 no Art. 14 e CONAMA N° 357/2005 Classe 2.

Padrões da Resolução N°02/2017 Art. 14 COEMA e CONAMA N° 357/2005 Classe 2					
Parâmetros	Unidade	Resultado média saída ETA	Resultado ETRG	VMP	Legislações Vigentes
Alumínio	mg L ⁻¹	0,05	0,02	10	COEMA N°02/2017
Cálcio	mg L ⁻¹	28,5	24,8	-	-
Cloreto	mg L ⁻¹	30	26,71	-	-
Condutividade	uS/cm	330	317,8	-	-
DBO	mg L ⁻¹	-	-	Remoção > 65%	CONAMA N° 357/2005
DQO	mg L ⁻¹	20,56	20,56	Remoção > 70% e 200	CONAMA N° 357/2005 e COEMA N°02/2017
Nitrato	mg L ⁻¹	0,09	0,09	-	-
Nitrito	mg L ⁻¹	0	0	-	-
pH	-	8,4	7,9	5 - 9 e 6 - 9,5	CONAMA N° 357/2005 e COEMA N°02/2017
Potássio	mg L ⁻¹	12	12	-	-
Sódio	mg L ⁻¹	15	21	-	-
Sol. Sedimentáveis	mg L ⁻¹	0,5	0,1	1	COEMA N°02/2017
Sól. Suspensos Totais	mg L ⁻¹	29	5,6	100	COEMA N°02/2017
Temperatura	°C	28	30	< 40	CONAMA n° 357/2005 e COEMA N°02/2017
Turbidez	mg L ⁻¹	0,6	0,5	< 100	CONAMA N° 357/2005
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	Ausente	Ausente	NMP/100 mL	CONAMA N° 357/2005 e COEMA N°02/2017
Óleos Vegetais e Gorduras	-	Ausente	Ausente	Ausente	CONAMA n° 357/2005
Materiais Flutuantes	-	Virtualmente Ausente	Virtualmente presente	Ausente	COEMA N°02/2017

Fonte: Adaptado (BRASIL, 2005), CONAMA N° 357/2005 e COEMA N°02/2017

Portanto, o reúso para os espaços irrigados pode ser empregada sem provocar em perigos à saúde pública dos necessitados por não ter presença de patógenos (SCHEIERLING et al., 2010; SILVA et al., 2016; JARAMILLO; RESTREPO, 2017).

Deste modo, ao avaliar o potencial de reúso das águas de lavagens dos filtros e descarga de fundo da estação de tratamento de água – ETA estará sugerindo uma alternativa para empregar esse de forma sustentável para fins agrícolas.

6 RECOMENDAÇÕES

Para o reúso, a combinação dos requisitos do processo de tratamento e dos limites da qualidade da água também é recomendada, tanto para reúso potável quanto para reúso não potável.

O monitoramento do desempenho em tempo real dos principais processos de tratamento permite garantias de remoção de patógenos e constituintes físico - químicos que podem trazer informações relevantes ao monitoramento do sistema (INTERAGUAS, 2017).

Recomenda - se que sejam considerados os padrões da (USEPA, 2004) e do (WHO, 1989) conforme apresentado no Anexo A e B .

Recomenda-se que as análises da ETRG considerando com os Padrões da Resolução N°02/2017 Art. 14 COEMA e CONAMA N° 357/2005 Classe 2 esteja dentro dos Valores Máximos Permitidos a fim de garantir qualidade no tratamento do efluente e sucessivo sucesso no reúso do efluente.

Para que tenha um funcionamento adequado na ETRG, o sistema depende da lavagem de filtros, realizadas devidamente quando o filtro estiver colmatado (sujo).

Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 (Portaria de Consolidação nº 5 DE 28/09/2017, Art. 39, § 1º).

Ressalta-se a relevância desse estudo sobre o reúso neste sistema visto que é fundamental importância, para reduzir os lançamentos de resíduos líquidos produzido na ETA na natureza e a reutilização de água. Com a ETRG resolveu o problema do descarte inadequado e reduzir a vazão da água bruta que vem do manancial, através do reaproveitando da água das lavagens dos filtros.

~~Recomenda-se que os valores máximos permitidos da Figura 14 apresente os valores das análises de águas da saída da ETRG e ETA, em relação aos parâmetros Alumínio,~~

Cálcio, Cloreto, Condutividade, DQO, Nitrato, Nitrito, Potássio, sódio, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, pH, Temperatura e materiais Flutuantes e Coliformes Totais abaixo dos VPM dos Padrões da Resolução COEMA N°02/2017, Resolução CONAMA N° 357/2005 Classe 2 e classificação de Ayers & Westcot (1991) enquadrando os padrões de uso desse efluente para fins agrícola.

Portanto, a tecnologia ETRG desenvolvida para a referida ETA é viável ao reúso da água de lavagem de filtro e descarga de fundo contanto que sejam compridas algumas considerações:

O monitoramento constante das dosagens de produtos químicos; Análise de água físico-químico e microbiológica e controle operacional da ETRG.

REFERÊNCIAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, Série. (Estudos FAO. Irrigação e drenagem, 29 revisado 1). 1991. 218 p

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Lei 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 08 de Janeiro de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/civil_03/lei/9433.html. Acesso em: 01 Jan. de 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências**. Lei da Vida – A lei dos Crimes Ambientais. [Brasília, DF]: Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. In: Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 1ª ed. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde. Funasa,, 2004. 146 p.

BRASIL a. Ministério do Meio Ambiente. In: Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução N° 54, de 28 de Novembro de 2005. **Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências**. Brasília. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/reuso-de-agua-recursos-hidricos?tag=>. Acesso 01 Jan. 2020.

BRASIL b. Ministério do Meio Ambiente. In: Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 357, de 17 de Março 2005. Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso 02 Agos. de 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente In: Secretaria de Recursos Hídricos. **Caderno Setorial de Recursos Hídricos**. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006. 4 v. Localizações: Acervo da Biblioteca da ANA AG 5142. 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. In: Conselho Nacional dos Recursos Hídricos. Resolução Nº 121, de 16 de Dezembro de 2010. **Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH no 54, de 28 de novembro de 2005**. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%20121.pdf>. Acesso em: 01 Fev. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. In: Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014. 112 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. In: **Portaria de Consolidação Nº 5 DE 28 de Setembro de 2017. Dispõe sobre Controle e da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e Seu Padrão de Potabilidade**. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-de-consolidacao-5-2017_356387.html Acesso em: 06 Fev. 2020.

BRASIL. Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA, **Acordo de Empréstimo Nº 8074-BR** – Banco Mundial. 2017.

CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará. **Relatório Técnico da Estação de Tratamento de Rejeito Gerado**. 2018.

CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará. COA- **Controle Operacional de Água**. 2019.

CEARÁ. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Lei Estadual Nº 16.033 de 20 de junho de 2016. **Dispõe sobre a Política de Reúso de água não Potável no Âmbito do Estado do Ceará**. Disponível em: <http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2015/12/Lei-Estadual-n%C2%BA16.033-2016-Disp%C3%B5e-sobre-a-Pol%C3%ADtica-de-Re%C3%BAso-de-%C3%81gua-N%C3%A3o-ot%C3%A1vel-no-Estado-do-Cear%C3%A1.pdf>. Acesso em: 03 de Out. 2019.

CEARÁ, Conselho Estadual do Meio Ambiente . COEMA. Resolução Nº 02 de Fevereiro de 2017. **Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras**. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=337973>>Resolução COEMA Nº 02 de 02/02/2017. Acesso em: 02 de Out. 2019. —

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos hídricos (Ceará). **Inventários Ambientais**. Disponível em: <http://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/pdf/inventarios/2008/Inventario%20Ambiental%20Olho%20Dagua-dez2008.pdf>. Acesso em: 02 de Fev. 2020.

HESPANHOL, Ivanildo. et al. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH, V.7, N°4, p.75-95, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da População residente nas cidades e estados, Várzea alegre**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/varzea-alegre.html>. Acesso em: 02 de Fev. de 2020.

INTERAGUAS. **Produto III – Critérios de Qualidade de água. Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil**. Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA Acordo de Empréstimo N° 8074-BR – Banco Mundial. 2017.

MOREIRA, Cicera Cilene Bezerra. CHAVES. C.A; COSTA. P.M. **Tratamento e Avaliação de Reúso das águas de Lavagens de Filtros na Estação de Tratamento de Água – ETA no Município de Várzea Alegre – CE**. Reúso e Reaproveitamento de água. Projetos de intervenção. Volume 8. Triunfal Gráfica e Editora Assis – 2019.

IWAKI, Gheorge Patrick. (2015). **Reúso de água tipos, processos específicos e contaminantes**. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/reuso-de-agua-tipos-processos-especificos-e-contaminantes/>. Acesso em: 19 de Out. 2019.

REBOUÇAS, J. R. L.; DIAS, N. D. S.; GONZAGA, M. D. S.; GHEYI, H. R. & SOUSA NETO, O. D. **Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado**. Revista Caatinga, v23(1), . 97-102, 2010.

REBOUÇAS, J. R. L.; DIAS, N. D. S.; GONZAGA, M. D. S.; GHEYI, H. R. & SOUSA NETO, O. D. **Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado**. Revista Caatinga, v23(1), 97-102, 2010.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. **"Água de reúso"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/biologia/Agua-reuso.html>. Acesso em 11 de jan. 2020.

SCHEIERLING, Susanne. M. Scheierling, Carl Bartone; Duncan D. Mara, Pay Drechsel et al. **Improving Wastewater Use in Agriculture: An Emerging Priority**. Washington, DC: Banco Mundial, 2010. (Policy Research Working Paper 5412). 2010.

SOUZA, Marcel Chacon de. **Avaliação da prática do reúso com esgoto tratado em lagoas de estabilização no semiárido do Rio Grande do Norte – Natal**. 2018. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária. Natal, 2018.

USEPA. **Guidelines for ecological risk assessment:** final report. EPA. Washington. EUA. 1998. Disponível em: <http://www.epa.gov/index.html>. Acesso em 01 de Jan. de 2018.

WHO, World Health Organization. **wastewater in agriculture and aquaculture world health organization.** Genebra. 1989.

WHO - World Health Organization. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and grey water.** Volume 2: Wastewater use in agriculture. Genebra: WHO. 2006. 213p.

WHO - World Health Organization. **Planeamento da segurança do saneamento: manual para o uso e eliminação segura de águas residuais, águas cinzentas e dejetos. Organização Mundial da Saúde.** 2016. Manual para o uso e eliminação segura de águas residuais, águas cinzentas e dejetos Tradução, adaptação e revisão técnica para português Acquawise Consulting, Lisboa, Portugal. Disponível em :<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/171753/9789248549243-por.pdf;jsessionid=16F6CDCED5175124447082C351359064?sequence=5>. Acesso em : 12 de Jan. de 2020.

VON SPERLING, **Marcos.** **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais, DESA/UFMG . Belo Horizonte. 2014.