

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MARIANA MELO FRANCO

**ANÁLISE DO TRATAMENTO E DO DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS GERADOS
NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA:** estudo de caso no Sistema Italuís

São Luís

2017

MARIANA MELO FRANCO

**ANÁLISE DO TRATAMENTO E DO DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS GERADOS
NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA: estudo de caso no Sistema Italuís**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão e Orientador como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Rogerio Frade da Silva
Souza

Coorientador: Prof. Me. Daniel de Lima
Nascimento Sirio

São Luís

2017

Franco, Mariana Melo.

Análise do tratamento e do destino final dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água: estudo de caso no Sistema Italuís / Mariana Melo Franco. - São Luís, 2017.

95 f.: il.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2017.

Orientador: Prof. Me. Rogerio Frade da Silva Souza

1. Resíduos. 2. Lodo. 3. Tratamento. I. Título

CDU 628.16(812.1)

MARIANA MELO FRANCO

**ANÁLISE DO TRATAMENTO E DO DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS
NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA: estudo de caso no Siste**

Monografia apresentada à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade E Maranhão e Orientador como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 6 / 12 / 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Rogério Frade da Silva Souza (Orientador)
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Me. Daniel de Lima Nascimento Sório (Co-Orientador)
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Me. Waldimar Ferreira Azevedo (Examinador)
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Esp. José Ribamar Rodrigues Fernandes (Examinador)
Universidade Estadual do Maranhão

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter permitido que eu chegasse até aqui. Aos meus pais, Antônio José Belfort Franco Filho e Cintia Jeanne Sampaio Melo, à minha avó Conceição Franco, aos meus avós maternos, meus irmãos Thiago Melo e André Franco e a toda minha família, por contribuírem durante toda minha vida para que eu pudesse atingir os meus objetivos.

Ao meu namorado, Lucas Soares Santos, que sempre me apoiou durante a elaboração deste trabalho, durante o curso e na vida. Além de me incentivar todos os dias a alcançar os meus objetivos e ser uma pessoa melhor.

Aos meus amigos que sempre me apoiaram nessa jornada, me incentivando e me apoiando nos momentos de dificuldade.

Ao Professor Rogerio Frade, por ter me orientado de forma atenciosa, prestativa, eficiente, sendo um exímio orientador.

“A força não provém da capacidade física.
Provém de uma vontade indomável”.

Mahatma Gandhi

RESUMO

O trabalho apresenta uma análise do tratamento e do destino final dos resíduos gerados em Sistemas de Abastecimento de Água, tendo como área de estudo o Sistema Italuís, situado nas cidades de São Luís-MA e Rosário-MA. Pode-se ressaltar a relevância do tema por promover a ampliação das pesquisas sobre o assunto e por evidenciar melhorias nos procedimentos adotados na atualidade. Tendo como objetivo geral identificar técnicas operacionais, os aspectos negativos e os positivos dos tratamentos e destinos finais dos resíduos na ETA do Sistema Italuís. Assim, inicialmente, realizou-se revisão bibliográfica sobre o tema, incluindo temas como importância da água e dos sistemas de abastecimento, padrões de potabilidade, processos unitários, tipos de tratamento e adequado destino dos resíduos, enfocando lodo e água de lavagem de ETAs. Além de recolher dados conceituais, fez-se visitas técnicas e pesquisas de campo, para que fosse possível comparar a realidade do Sistema Italuís com a teoria. Com isso, foi percebido que este Sistema está condizente em relação ao tratamento da água, se comparado com estudos bibliográficos. Entretanto, o tratamento dos resíduos inexiste, impactando o meio ambiente. Porém, constatou-se que a concessionária está buscando reverter essa situação, planejando a implantação de uma UTR. O tratamento dos resíduos gerados nas ETAs é essencial, pois contribui para minimizar impactos ambientais, sociais e econômicos. A Engenharia Civil, por ser uma das responsáveis pelo desenvolvimento, pode e deve auxiliar no intuito de colaborar, elaborando propostas para a amenização de impactos na sociedade, decorrentes de um tratamento ineficaz dos resíduos. Assim, o presente trabalho teve como intuito explicar sobre o tema, abordar a situação atual do Sistema Italuís, situado em São Luís-MA e Rosário-MA, além de sugerir soluções para os aspectos negativos encontrados.

Palavras-chave: Resíduos. Lodo. Tratamento.

ABSTRACT

The work presents an analysis of the treatment and final destination of the waste generated in Water Supply Systems, having as study area the Italuís System, located in the cities of São Luís-MA and Rosário-MA. It is possible to emphasize the relevance of the theme for promoting the expansion of research on the subject and for evidencing improvements in the procedures adopted today. With the general objective to identify operational techniques, the negative and positive aspects of the treatments and final destinations of the waste in the ETS of the Italuís System. Thus, initially, a bibliographic review was carried out on the subject, including topics such as importance of water and supply systems, potability standards, unit processes, types of treatment and appropriate waste destination, focusing on sludge and water from ETAs. In addition to collecting conceptual data, technical visits and field surveys were made, so that it was possible to compare the reality of the Italuís System with the theory. With this, it was perceived that this system is compatible with the treatment of water, when compared with bibliographical studies. However, waste treatment does not exist, impacting the environment. However, it was verified that the concessionaire is seeking to reverse this situation, planning the implementation of a UTR. The treatment of waste generated in the ETAs is essential, since it contributes to minimize environmental, social and economic impacts. The Civil Engineering, being one of the responsible for the development, can and should help in order to collaborate, elaborating proposals for the mitigation of impacts in society, resulting from an ineffective waste treatment. Thus, the purpose of this paper was to explain the theme, to address the current situation of the Italuís System, located in São Luís-MA and Rosário-MA, and to suggest solutions for the negative aspects found.

Keywords: Waste. Sludge. Treatment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- O ciclo hidrológico	16
Figura 2	- Água na agricultura	18
Figura 3	- Hidrelétrica	18
Figura 4	- Tipos de aquíferos.....	21
Figura 5	- Comportamento dos furos realizados nos aquíferos livre e confinados	22
Figura 6	- Lixo urbano	23
Figura 7	- Doenças relacionadas ao saneamento básico inadequado	24
Figura 8	- Classificação de águas naturais para abastecimento público	29
Figura 9	- Tabela de padrão microbiológico da água para consumo humano	34
Figura 10	- Sistema de tratamento de água	37
Figura 11	- Desenho esquemático ilustrativo de espessador de lodo por gravidade de formato circular em planta.....	42
Figura 12	- Leito de tratamento de lodo.....	44
Figura 13	- Funcionários da Superintendência de Água e Esgoto (SAE) durante limpeza do decantador de uma ETA	45
Figura 14	- Lavagem de filtros em pleno funcionamento.....	46
Quadro 1	- Comparativo entre alguns procedimentos para a disposição final de lodo	46
Figura 15	- Recolhimento do Lodo produzido em ETA, que pode ser usado na confeção de concreto para recomposição de calçadas.....	49
Figura 16	- Sistema Integrado de abastecimento de água de São Luís	54
Foto 1	- Manancial do Sistema Italuís: Rio Itapecuru.	55
Foto 2	- Conjuntos motores-bombas em funcionamento para a captação da água do Rio Itapecuru	56
Figura 17	- Fluxograma da Estação de Tratamento de Água Italuís	59
Foto 3	- Cloro gasoso em cilindros utilizado no processo de desinfecção da água	60
Foto 4	- Aplicação de sulfato de alumínio.....	60
Foto 5	- Floculadores com câmaras de agitação	61
Foto 6	- Tanque de floculação	62
Foto 7	- Tanque de decantação.....	62

Foto 8	- Amostras: água bruta, água decantada e água tratada	63
Figura 18	- Tanque de sedimentação e tubulações de água de lavagem e de recirculação	65
Figura 19	- Leito de secagem do lodo	66
Figura 20	- Tratamento do lodo por centrifugação.....	67
Figura 21	- Flotador por ar dissolvido	69
Foto 9	- Centrífuga	71
Foto 10	- Fonte de captação: lençóis subterrâneos, através de poços tubulares artesianos.....	74
Foto 11	- Cuidados no isolamento de um poço	74
Foto 12	- Geração de hipoclorito de sódio no próprio sistema	75
Foto 13	- Conjunto motores-bombas em funcionamento na estação elevatória..	76
Foto 14	- Reservatório elevado	76
Foto 15	- Adutora.....	77
Foto 16	- Quadro de Automação e Comando.....	78
Foto 17	- Centro de Controle de Operações da empresa BRK Ambiental, unidade Maranhão	79
Foto 18	- Recipientes de armazenamento do hipoclorito de sódio	80
Foto 19	- Recipientes do cloro em pastilha	80

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CAEMA	Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão
CCO	Centro de Controle de Operações
CODEN	Companhia de Desenvolvimento de Nova Odessa
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CR	Centro de Reservação
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETA	Estação de Tratamento de Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA	Índice de Qualidade da Água
NBR	Norma Brasileira
PH	Potencial Hidrogeniônico
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
QAC	Quadro de Automação e Comando
RMGSL	Região Metropolitana da Grande São Luís
SAE	Superintendência de Água e Esgoto
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
TSALF	Tanque de Sedimentação da Água de Lavagem dos Filtro
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
UTR	Unidade de Tratamento de Resíduos
VMP	Valores Máximos Permitidos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	Ciclo hidrológico	15
3.2	A importância da água	17
3.3	Mananciais superficiais e subterrâneos	20
3.4	Relação entre saúde e saneamento	22
3.5	Legislação sobre recursos hídricos e saneamento básico	25
3.6	Histórico da gestão e uso dos recursos hídricos	29
3.7	Parâmetros de qualidade da água	31
3.8	Padrões de potabilidade da água	33
3.9	Processos unitários em ETAs	36
3.10	Tratamentos de resíduos de ETAs	40
3.11	Disposição final dos resíduos das ETAs	47
4	METODOLOGIA	53
4.1	Área de estudo	53
4.2	Procedimentos metodológicos	53
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1	Sistema Italuís	54
5.1.1	Características gerais do Sistema Italuís	54
5.1.2	Manancial e captação	55
5.1.3	Tratamento da água	58
5.1.4	Resíduos da ETA: lodo e água de lavagem de filtros	64
5.1.4.1	<i>Geração, tratamento e destino final do lodo e água de lavagem de filtros</i> ...	64
5.2	Implantação de UTR no Sistema Italuís	67
5.3	Sistema Maiobão	73
5.3.1	Procedimento da captação à distribuição	73
6	CONCLUSÃO	81
	REFERÊNCIAS	84
	APÊNDICE - QUESTIONÁRIO	93

1 INTRODUÇÃO

A água é uma substância essencial para a existência de vida no planeta, pois é vital para a sobrevivência de diversas espécies, inclusive a humana, sendo indispensável ao equilíbrio dos ecossistemas e constituindo a base do desenvolvimento socioeconômico.

A utilização da água pelo homem depende da realidade social, econômica e cultural, assim como de sua disponibilidade, das formas de captação, distribuição e tratamento. De acordo com Guimarães, Carvalho e Silva (2007a), os principais usos da água são: abastecimento público – subdividido em uso doméstico e público; nas indústrias – utilizada como matéria-prima na produção de alimentos e remédios, para a refrigeração na metalurgia e para a lavagem nas áreas de produção de papel, tecido e abatedouros; comercial; agrícola e pecuário – na irrigação para a produção de alimentos e tratamento de animais; recreacional; saneamento – na diluição e tratamento de efluentes; e geração de energia elétrica.

No tocante ao abastecimento público, pode-se dizer que uma de suas finalidades principais é o tratamento da água, buscando eliminar impurezas e microrganismos que prejudicam a saúde da população; melhorando o aspecto sanitário; e removendo substâncias (orgânicas, químicas ou inorgânicas) e microrganismos (bactérias, vírus, protozoários, helmintos, algas) presentes em concentrações capazes de causar doenças, como medida preventiva da incidência de doenças na população a ser abastecida.

Por outro lado, em relação ao aspecto socioeconômico, a presença do sistema de abastecimento de água propicia aumento dos níveis de qualidade de vida da população e reduz a incidência de doenças na população. Assim, há uma diminuição de perdas de horas de trabalho, contribuindo para o desenvolvimento econômico.

Além disso, o sistema de abastecimento de água permite a implantação e a ampliação do comércio e de diversos tipos de indústria, inclusive a do turismo, propiciando crescimento econômico local, regional, nacional.

Entretanto, a cada dia que passa, a água em boas condições de uso vem se tornando cada vez mais escassa por um uso inconsequente desencadeado pelo aumento da procura desta, bem como pelo desperdício e pela poluição das reservas de água existentes na natureza.

Dentre as atividades de saneamento, se encontra o abastecimento de água, uma vez que poluentes e agentes patogênicos podem estar diluídos ou ser transportados pela água, transmitindo doenças à população.

Em relação ao abastecimento de água potável, este deve ser ligado à rede pública de abastecimento, em quantidade satisfatória, sem falta de água, e quando se tratar de sistema de captação próprio, ter a potabilidade da água atestada por laudos laboratoriais do monitoramento bacteriológico (coliformes totais e fecais), no mínimo (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2007).

Para o homem poder consumir a água, esta deve obedecer aos padrões de potabilidade. Portanto, como a água não é encontrada potável, é necessário passar a mesma por várias etapas de tratamento numa Estação de Tratamento de Água (ETA), tornando-a potável, ou seja, dentro dos padrões de potabilidade constantes na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2012).

Na produção de água potável, são gerados alguns resíduos advindos de impurezas contidas na água, quando em forma bruta e devido aos diversos processos unitários que ocorrem no tratamento. Basicamente, a água de lavagem de filtros e o lodo de decantadores são os resíduos gerados nas ETAs (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013).

O lodo, quando em seu estado natural, é encontrado na forma de gel. Assim, é necessário separar o sólido do líquido, para realizar o seu tratamento. Nele, são encontrados partículas inorgânicas, orgânicas e sais dissolvidos. Primeiramente, para a retirada de lodo das Estações de Tratamento de Água, utilizam-se espessadores por gravidade e por flotação.

Também é necessário fazer a desidratação do lodo, em que o tipo de sistema a ser adotado deve levar em conta a área necessária para a implantação, condições climáticas, custo da área, simplicidade de operação, dentre outros aspectos. O lodo possui diversas formas de disposição, entre as quais está a disposição controlada em alguns tipos de solos, aterros sanitários, lançamento em rede coletora de esgoto, entre outros. Para se fazer a escolha de qual destino é o mais adequado, deve-se atentar para o teor de sólidos nele contido.

Como causa de impactos ambientais nos recursos hídricos, tem-se o destino inadequado dos resíduos gerados nas ETAs. Estes são gerados pela contaminação de corpos d' água e do solo e trazem consequências ao ambiente, em relação à sua fauna, flora e à própria saúde do homem, tendo como consequência a

proliferação de doenças na população e ocasionando um desequilíbrio ambiental. É de fundamental importância o tratamento da água e dos resíduos provenientes desse tratamento, bem como que o destino final desses resíduos seja realizado de forma eficaz, utilizando tecnologias adequadas e de acordo com a legislação para que não prejudique o meio ambiente.

Dado ao exposto, neste trabalho, pretendeu-se analisar a situação atual do tratamento e do destino final dos resíduos gerados na Estação de Tratamento de Água do Sistema Italuís, situada na BR-135, no município de Rosário-MA, cuja água abastece parte da cidade de São Luís-MA, contribuindo para ampliar as pesquisas sobre o assunto e para identificar eventuais melhorias nos procedimentos atualmente adotados.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Identificar as técnicas operacionais, as necessidades, as deficiências e os aspectos positivos dos tratamentos e destinos finais dos resíduos na Estação de Tratamento de Água do Sistema Italuís, situada em Rosário-MA.

2.2 Objetivos específicos

- a) Realizar pesquisa sobre as principais técnicas e soluções recomendadas na literatura para o tratamento e destino final dos resíduos de estações de tratamento de água;
- b) Identificar as técnicas e as soluções adotadas no tratamento e no destino final dos resíduos gerados na ETA do Sistema Italuís;
- c) Comparar as técnicas e soluções recomendadas na literatura com aquelas atualmente adotadas na ETA do Sistema Italuís;
- d) Identificar as necessidades, as deficiências e os pontos positivos do tratamento e destino final dos resíduos na ETA do Sistema Italuís;
- e) Apresentar recomendações para melhorar o tratamento e o destino final dos resíduos na ETA do Sistema Italuís;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico do tema abordado será apresentado nos itens a seguir.

3.1 Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico, também denominado de ciclo da água, é o movimento contínuo da água existente nos oceanos, continentes e na atmosfera. Em que este fluxo é alimentado devido à força da gravidade e energia solar, que é responsável por provocar a evaporação das águas dos oceanos e dos continentes.

Em Santos (2001), afirma-se que a quantidade de água existente na Terra, nas suas três fases possíveis (sólida, líquida e gasosa), tem se mantido constante ao longo dos tempos, pelo menos desde o surgimento do homem. Contudo, tal quantidade de água está em constante circulação entre os três grandes reservatórios pelos quais encontra-se distribuída: os oceanos, os continentes e a atmosfera.

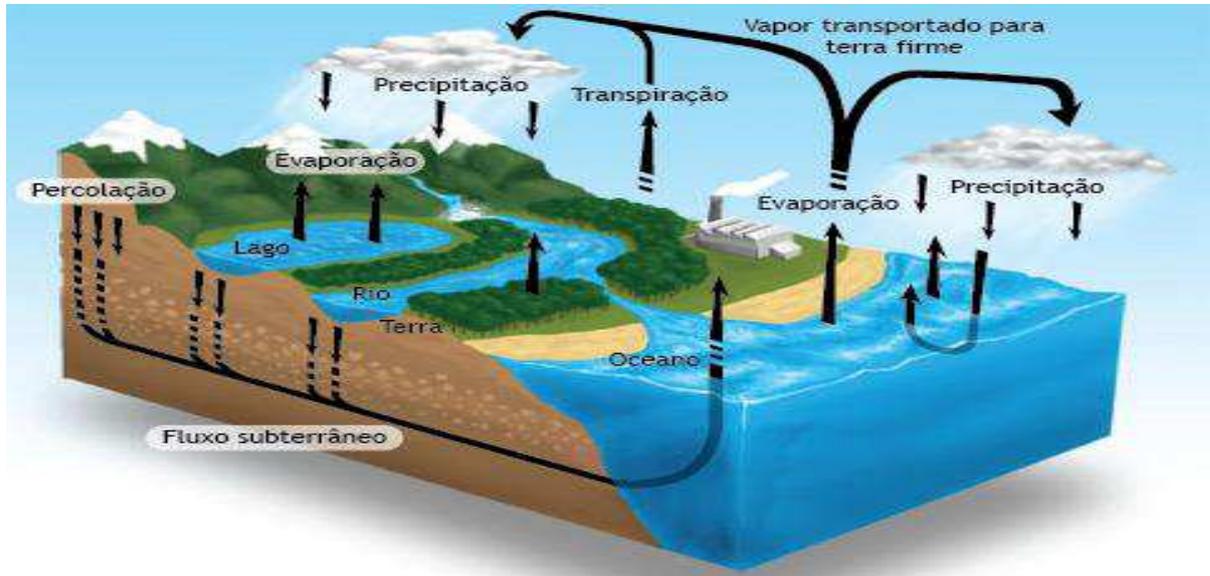
No ciclo hidrológico, a água passa da porção terrestre para atmosfera em forma de vapor de água e retorna como líquido e sólido. O Sol é o fornecedor de energia para que ocorra a evaporação e a gravidade é a responsável pela precipitação.

Complementarmente, Vesilind e Morgan (2010), fazem as seguintes considerações sobre o ciclo hidrológico:

- a) O ciclo hidrológico engloba a precipitação da água das nuvens, a infiltração no solo ou o escoamento, continuados pela evaporação e transpiração da água de volta para a atmosfera;
- b) a precipitação é um termo que expressa formas de umidade na atmosfera, como exemplo, granizo, chuva e neve.;
- c) a transpiração e a evaporação são formas pelas quais a água volta para a atmosfera. A evaporação deriva de fontes de águas superficiais livres, e a transpiração é a perda de água das plantas para a atmosfera.

A Figura 1 ilustra as diferentes passagens da água no ciclo hidrológico.

Figura 1 - O ciclo hidrológico



Fonte: Ferreira (2012)

Embora possa parecer um mecanismo contínuo, a água se move de uma forma permanente e com uma taxa constante, na realidade, o movimento da água, em cada uma das fases do ciclo, é feito de um modo bastante aleatório, variando tanto no espaço como no tempo (CARVALHO; SILVA, 2006).

A água subterrânea é essencial como fonte indireta e direta para o abastecimento de água. A zona de aeração, ou zona vadosa, é a região perto da superfície da Terra, em que contém poros com água e ar. Abaixo desta, está a zona de saturação, na qual os poros estão cheios de água, em que esta é conhecida como água subterrânea. O lençol freático é a superfície da camada saturada. As fontes de águas superficiais não são tão confiáveis quanto às subterrâneas, pois a qualidade destas é facilmente degradável por fontes poluidoras e as quantidades de fontes variam demasiadamente durante o ano ou em períodos menores (VESILIND; MORGAN, 2010).

Também se pode dizer que em determinadas ocasiões, a natureza parece trabalhar em excesso, quando, provoca chuvas torrenciais que ultrapassam a capacidade dos cursos d'água, provocando inundações. Em outras, parece que o mecanismo do ciclo parou completamente e, com ele, a precipitação e o escoamento superficial. E são precisamente tais extremos de enchente e de seca

que mais interessam aos engenheiros, pois muitos dos projetos de Engenharia Hidráulica são realizados com a finalidade de proteção contra estes mesmos extremos (CARVALHO; SILVA, 2006).

A vida no planeta é dependente do ciclo da água, uma vez que, devido a este ciclo, há vida humana e existem animais e plantas, as variações climáticas ocorrem, e os oceanos e rios são abastecidos.

Pode-se ressaltar também que a quantidade de água e a velocidade a que ela circula, nas diferentes etapas do ciclo hidrológico, são influenciadas por diversos fatores, como a cobertura vegetal, a altitude, a topografia, a temperatura, o tipo de solo e a geologia (CARVALHO; MELLO; SILVA, 2007).

3.2 A importância da água

A água é crucial para a vida humana, pois ela é a fonte de vida. Porém, mesmo com tal grau de importância para a sobrevivência e para equilíbrio ambiental, o ser humano continua degradando-a cada vez mais.

A água é, provavelmente, o único recurso natural que se relaciona com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos arraigados na sociedade. É um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais, e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário (GOMES, 2011).

Estatísticas revelam que 70% da superfície da Terra é constituída por água, ressaltando-se que a maior parte é de água salgada (CEARÁ, 2010).

As atividades econômicas dependem, intimamente, dos recursos hídricos. Na produção industrial, para certo volume de produção, a necessidade de água chega a ser muito maior que a quantidade a produzir. Na agricultura, se há escassez de água, a produção pode ser perdida. Entre todos os usos da água, a irrigação representa cerca de 70% do volume total de água utilizado no Planeta (BRASIL, 2005). A água é essencial para a geração de energia.

A Figura 2 mostra a utilização da água na produção agrícola.

Figura 2 - Água na agricultura



Fonte: Estadão Conteúdo (2015)

A Figura 3 apresenta a hidrelétrica de Itaipu. As hidrelétricas utilizam a água para a geração de energia, ressaltando-se, assim, a fundamentalidade desse recurso nesse setor.

Figura 3 - Hidrelétrica



Fonte: Itaipu... (2016)

Embora a água seja uma substância muito abundante em nosso planeta, apenas uma pequena parcela pode ser facilmente explorada, e uma fração ainda menor apresenta os padrões de potabilidade apropriados para o uso/consumo humano. Dessa forma, o desperdício e a contaminação desse bem essencial para manutenção da vida, ocasionados pelo uso irresponsável dos recursos hídricos e pelo crescimento populacional desorganizado, poderão tornar a água um recurso escasso e, conseqüentemente, um problema socioeconômico.

A água apropriada para o consumo humano advém de rios, poços, lagos e reservas subterrâneas, que representam apenas 1% da água existente em nosso planeta. Além dessas fontes, por meio de processos de dessalinização, também se pode recorrer à água salgada dos mares e oceanos, que correspondem a 97% do volume disponível. A dessalinização, contudo, é um processo muito mais caro que o tratamento convencional de água doce. É um processo em geral realizado por osmose reversa, onde a água é empurrada por meio de pressão através de vários filtros, com enorme consumo de energia (cerca de 4 KWh/m³). Em Fernando de Noronha, a unidade de dessalinização da água chega a representar 50% da demanda de energia da ilha (AZEVEDO, 2017).

No que diz respeito à produção capitalista, esta se mostra cada vez mais destrutiva, para atender a um consumo cada vez mais desmoderado. Essa expansão predatória da produção encontra limites físicos concretos e gera a escassez dos recursos, como é o caso da água. Nesse contexto, a água passa a ter valor econômico e a ser entendida como um bem econômico capaz de assegurar posição estratégica para aqueles países que forem detentores de fontes de água (BARROS, 2007).

A falta de água também é a causa da migração de pessoas, pois os lugares de escassez pressionam a população a se mudar.

O Brasil tem o privilégio de ter a maior reserva de água do planeta, concentrando, na Amazônia, a maior bacia fluvial do mundo e sendo o Rio Amazonas o maior rio da Terra, comprovando-se, assim, sua importância mundial em termos hídricos.

Dado ao exposto, percebe-se que a água é fundamental para a vida no planeta, pois esta passa por diversas áreas: sociais a econômicas. A água é

uma substância extremamente abundante, porém apenas uma pequena parte é utilizável.

3.3 Mananciais superficiais e subterrâneos

O homem dispõe como fontes de abastecimentos os mananciais subterrâneos e superficiais. Assim, para a escolha do manancial, precisa-se que este possua condições sanitárias adequadas, além de uma vazão satisfatória para atender a necessidade de consumo. Desta maneira, percebe-se que para escolher o manancial, deve-se levar em consideração o consumo provável, assim como analisar o crescimento da população (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007a).

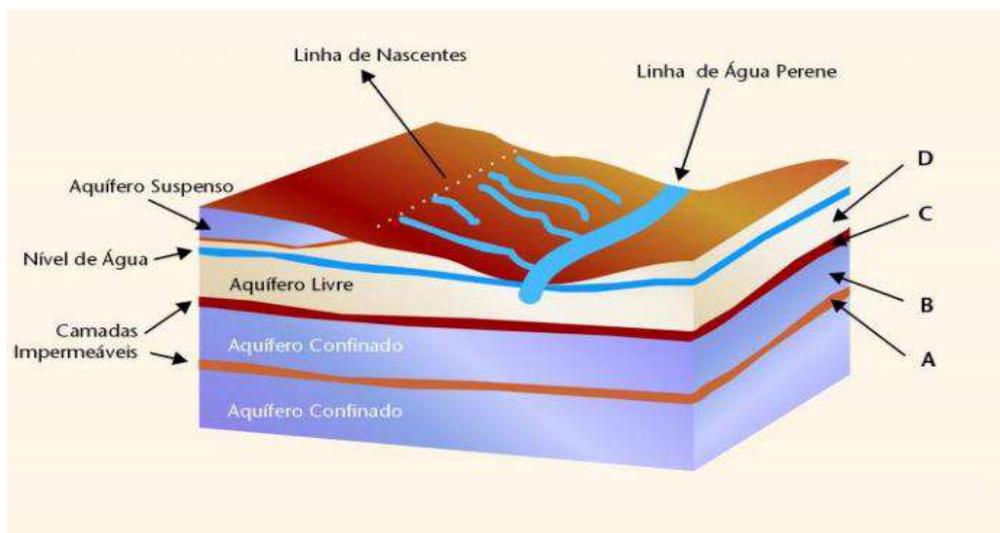
Adicionalmente, Guimarães, Carvalho e Silva (2007b), fazem tais considerações sobre os mananciais superficiais e subterrâneos:

- a) As águas superficiais empregadas em sistemas de abastecimento geralmente são originárias de um curso de água natural. Quando analisar a quantidade de água disponível no possível manancial de abastecimento, averigua-se se a vazão é suficiente na estiagem; se é insuficiente na estiagem, mas suficiente na média; e se existe vazão, mas inferior ao consumo previsto;
- b) em relação à qualidade da água na captação de águas superficiais parte-se do princípio sanitário que é uma água dotada de receio, pois está sujeita a possíveis processos de contaminação. Assim, é necessário, captar águas de melhor qualidade possível. Além destes fatores, analisa-se a garantia de funcionamento, para que não ocorra imprevistos com os sistemas de captação. A economia nas instalações e a localização também são fatores essenciais a se considerar;
- c) em relação às águas subterrâneas, pode-se dizer que os reservatórios destas são os lençóis. Essas águas podem estar acumuladas em lençóis artesianos e freáticos. O lençol freático caracteriza-se por estar assentado sobre uma camada impermeável de subsolo, rocha, por exemplo, e submetido à pressão atmosférica

local. O lençol artesiano caracteriza-se por estar confinado entre duas camadas impermeáveis de crosta terrestre e submetido a uma pressão superior a pressão atmosférica local.

A Figura 4 mostra os tipos de aquífero, os quais são: livre, confinado e suspenso.

Figura 4 - Tipos de aquíferos

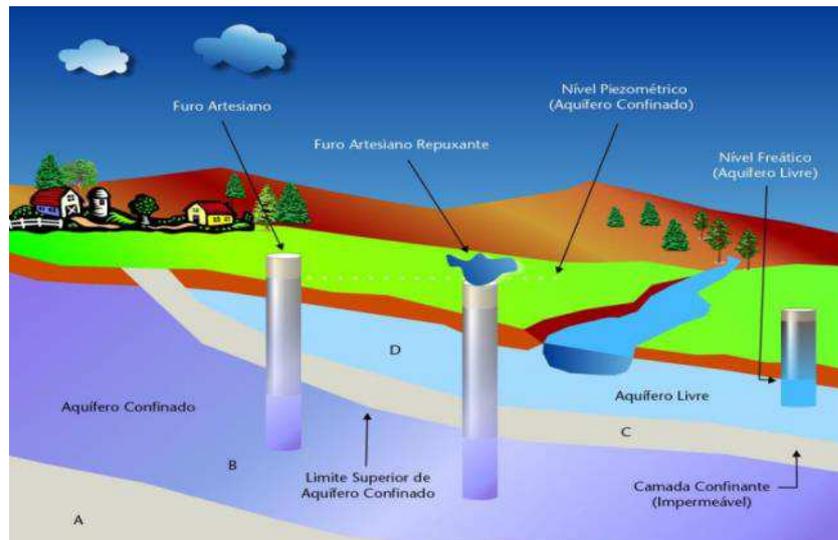


Fonte: Falcão (2001 apud MIDÕES; FERNANDES, 2001)

A captação em lençóis freáticos pode ser executada por galerias filtrantes, drenos, fontes ou poços freáticos. Os poços são os mais habituais porque geralmente o lençol freático tem grande variação de nível entre os períodos de chuvas, quer dizer, durante os períodos de estiagem, necessitando de maiores profundidades de escavações para garantia da permanência da vazão de captação (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007).

A Figura 5 ilustra o comportamento dos furos realizados nos aquíferos livre e confinados.

Figura 5 - Comportamento dos furos realizados nos aquíferos livre e confinados



Fonte: Falcão (2001 apud MIDÕES; FERNANDES, 2001)

Os tipos de poços empregados na captação de água do lençol freático são o raso comum, o amazonas e o tubular. Já a captação lençóis artesianos normalmente é feita através de poços artesianos e, mais raramente, por fontes de encosta (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007).

3.4 Relação entre saúde e saneamento

A saúde é indissociável do saneamento, pois diversas enfermidades e fatores do meio físico, se não adequadamente controlados, influenciam negativamente o bem-estar físico, mental e social do homem. Como exemplo, podemos citar as enfermidades infecciosas e parasitárias que tem, no meio ambiente, o seu ciclo de transmissão. Assim, a implantação de um sistema de saneamento é um modo de interferir no meio, interrompendo o ciclo de transmissão de patologias.

O saneamento básico, portanto, é fundamental na prevenção de doenças. Além disso, a conservação da limpeza dos ambientes, evitando o lançamento de resíduos sólidos em locais inadequados, por exemplo, também evita a proliferação de vetores de doenças como ratos e insetos, seres responsáveis pela disseminação de algumas moléstias (RIBEIRO; ROOKE, 2010).

A Figura 6 apresenta uma situação de descaso com o saneamento em ambiente urbano. Podendo ocorrer a proliferação de doenças, decorrentes do lixo nas cidades.

Figura 6 - Lixo urbano



Fonte: Stéfano (2014 apud R7, 2014)

Como efeitos das ações de saneamento na saúde, têm-se a contribuição para a eliminação de vetores do esgotamento sanitário – causadores de doenças como diarreia, cisticercose, malária – e para a redução de doenças através de melhorias sanitárias domiciliares, tais como a doença de Chagas, tracoma e verminoses. Também se pode afirmar que o acondicionamento, a coleta, o transporte, o tratamento e o destino final adequados dos resíduos sólidos diminuem os casos de dengue, cisticercose, salmonelose, e que o fornecimento de água potável à população é de fundamental importância para a prevenção de tais doenças.

A Figura 7 mostra doenças que podem ocorrer com o saneamento básico inadequado.

Figura 7 - Doenças relacionadas ao saneamento básico inadequado

Categoria	Doenças	CID-10 ⁹⁹
1. Doenças de transmissão feco-oral		A00;
	Diarreias	A02-04;
		A05-A09
	Febres entéricas	A01
	Hepatite A	B15
2. Doenças transmitidas por inseto vetor	Dengue	A90-A91
	Febre amarela	A95
	Leishmanioses	B55
	Filariose linfática	B74
	Malária	B50-B54
	Doença de Chagas	B57
3. Doenças transmitidas pelo contato com a Água	Esquistossomose	B65
	Leptospirose	A27
4. Doenças relacionadas com a higiene	Doença dos olhos:	
	Tracoma	A71
	Conjuntivites	H10
	Doenças de pele:	
	Micoses superficiais	B35-B36
5. Geohelmintos e teníases		B68
	Helminthíases	B69
		B71
		B76-B83
	Teníases	B68-B69

Fonte: Teixeira et al. (2014)

Dentre as principais atividades de saneamento, estão o acondicionamento, a coleta, o transporte, o tratamento e o destino final dos resíduos das atividades humanas, tanto sólidos como líquidos; prevenir a poluição das águas de rios, mares e outros mananciais; garantir a qualidade da água utilizada pelas populações para consumo, bem como o fornecimento de água potável para populações, para satisfação de necessidades; controle de vetores. Incluem-se ainda, no campo de atuação do saneamento, a drenagem das águas das chuvas, prevenção de enchentes e cuidados com as águas subterrâneas (RIBEIRO; ROOKE, 2010).

Assim, pode-se afirmar que as ações de saneamento efetivamente contribuem no campo preventivo para resguardar a saúde humana, pois controlam e previnem a proliferação de doenças, proporcionam aumento dos níveis de qualidade de vida, diminuem as taxas de mortalidade, e aumentam a longevidade das comunidades e populações.

3.5 Legislação sobre recursos hídricos e saneamento básico

Os recursos hídricos brasileiros, ao longo do tempo, com a urbanização, com o crescimento industrial e com o crescimento populacional, foram sendo degradados. Assim, surgiu a necessidade de se instituir uma legislação que disciplinasse a conservação desses recursos.

A Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, veio estabelecer diretrizes nacionais para o saneamento básico. Nesta lei, encontra-se que os serviços públicos de saneamento básico serão prestados de acordo com certos princípios, dentre estes: universalização do acesso; abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente; disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes, adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado; eficiência e sustentabilidade econômica; integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos, dentre outros princípios que visam, diagnosticar, elaborar metas e objetivam melhorar o saneamento básico da população (BRASIL, 2007).

Nesse sentido, no artigo nº 48 da lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que trata da Política Nacional de Saneamento Básico, menciona-se:

Art. 48. A União, no estabelecimento de sua política de saneamento básico, observará as seguintes diretrizes:

- I - prioridade para as ações que promovam a equidade social e territorial no acesso ao saneamento básico;
- II - aplicação dos recursos financeiros por ela administrados de modo a promover o desenvolvimento sustentável, a eficiência e a eficácia;
- III - estímulo ao estabelecimento de adequada regulação dos serviços;
- IV - utilização de indicadores epidemiológicos e de desenvolvimento social no planejamento, implementação e avaliação das suas ações de saneamento básico;
- V - melhoria da qualidade de vida e das condições ambientais e de saúde pública;
- VI - colaboração para o desenvolvimento urbano e regional;
- VII - garantia de meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais peculiares (BRASIL, 2007, não paginado).

Assim, percebe-se a preocupação da União em priorizar o direito de saneamento a todos, em direcionar os recursos financeiros necessários à promoção

do desenvolvimento sustentável, em colaborar com o desenvolvimento urbano e regional, dentre outros fatores que visam à melhoria do saneamento no país.

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre objetivos, princípios, diretrizes e instrumentos relativos ao gerenciamento e gestão integrada de resíduos sólidos. Dentro desta lei, há definições, como área contaminada (local onde há contaminação por substâncias ou resíduos); destinação final ambientalmente adequada (destinação de resíduos que inclui a reciclagem, a reutilização, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama)); disposição final ambientalmente adequada (distribuição ordenada de rejeitos em aterros); reciclagem (processo de transformar os resíduos sólidos, que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com a intenção de transformar em novos produtos ou insumos); reutilização (processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama), dentre outras definições importantes para o trabalho (BRASIL, 2010).

Sobre os princípios e objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, segundo a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, cita-se o Art. 6º:

Art. 6º São princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

- I - a prevenção e a precaução;
- II - o poluidor-pagador e o protetor-recebedor;
- III - a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;
- IV - o desenvolvimento sustentável;
- V - a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta;
- VI - a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade;
- VII - a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010, não paginado).

Estes e outros princípios são essenciais quando se trata da disposição adequada dos resíduos sólidos, buscando um desenvolvimento sustentável juntamente com a cooperação de vários segmentos sociais.

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tendo como fundamentos a água como recurso natural limitado, como bem de domínio público e possuidor de valor econômico, em que a gestão de recursos hídricos deve proporcionar usos múltiplos da mesma. Dessa forma, a água é descentralizada e conta com a participação do poder público. Assim, na situação de escassez, o uso prioritário é para as populações humanas, além de ser a bacia hidrográfica unidade territorial para a implementação dessa política e atuação deste (BRASIL, 1997).

Também se tem, adicionalmente, a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, que contém a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), a qual implementa a Política Nacional de Recursos Hídricos e coordena o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 2000).

Cabe a ANA supervisionar, controlar e avaliar ações e atividades advindas do cumprimento da legislação federal referente aos recursos hídricos, bem como disciplinar, implementar e controlar os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, entre diversas outras atuações.

Os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos são a defesa e a prevenção contra eventos hidrológicos. Tais eventos podem ter como origem o uso inadequado de recursos naturais ou eventos naturais. A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) visa o desenvolvimento sustentável, com a utilização integrada de recursos hídricos para o transporte aquaviário, buscando, também, assegurar a disponibilidade de água a futuras e atuais gerações (BRASIL, 1997).

Os Planos de Recursos Hídricos têm como objetivo orientar a Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos. Esses são planos de longo prazo, tendo como análises o crescimento demográfico, as modificações dos padrões de ocupação do solo, metas de racionalização de uso, melhoria da qualidade de recursos hídricos, entre outros pontos (BRASIL, 1997).

Por sua vez, a Lei nº 10.881, de 9 de junho de 2004, trata dos contratos de gestão entre a ANA e entidades delegatárias das funções de agências de águas referentes à gestão de recursos hídricos de domínio da União (BRASIL, 2004).

A Norma Brasileira (NBR) 12.216, de abril de 1992, tem como objetivo firmar circunstâncias que são obrigatórias para elaborar o projeto das ETAs.

Nesta, consta elementos necessários para tal elaboração, sendo necessário definir etapas de construção, localizar e definir as áreas necessárias para implantação, evidencia a necessidade de levantamentos planimétricos e cadastrais da área de implantação, da definição de mananciais abastecedores, dos sistemas de captação e adução, entre outros pontos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992).

A Norma Brasileira (NBR) 12.216, de abril de 1992, têm-se que para a elaboração do projeto das ETAs, atividades como, definir processos de tratamento, a disposição e dimensionamento dos sistemas de armazenamento, preparo e dosagem de produtos químicos, a necessidade de elaborar projetos de urbanização, arquitetura e paisagismo, elaboração de projetos de instalações elétricas, drenagens, indicação de disposição final e outros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992).

Nesse sentido, na NBR 12.216, de abril de 1992, menciona-se que o levantamento sanitário da bacia deve ser elaborado de acordo com a NBR 12.211 e que para fins desta norma, consideram-se alguns tipos de água para abastecimento público (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992):

- a) Tipo A: águas subterrâneas ou superficiais, provenientes de bacias sanitariamente protegidas, com características básicas definidas na Tabela seguinte, e as demais satisfazendo aos padrões de potabilidade;
- b) Tipo B: águas subterrâneas ou superficiais, provenientes de bacias não-protegidas, com características básicas definidas na Tabela seguinte, e que possam enquadrar-se nos padrões de potabilidade, mediante processo de tratamento que não exija coagulação;
- c) Tipo C: águas superficiais provenientes de bacias não-protegidas, com características básicas definidas na Tabela seguinte, e que exijam coagulação para enquadrar-se nos padrões de potabilidade;
- d) Tipo D: águas superficiais provenientes de bacias não-protegidas, sujeitas a fontes de poluição, com características básicas definidas na Tabela seguinte, e que exijam processos especiais de tratamento para que possam enquadrar-se nos padrões de potabilidade.

A Figura 8, mostra a tabela de classificação de águas naturais para abastecimento público em diferentes níveis.

Figura 8 - Classificação de águas naturais para abastecimento público

Tabela - Classificação de águas naturais para abastecimento público				
Tipos	A	B	C	D
DBO 5 dias (mg/L):				
- média	até 1,5	1,5 - 2,5	2,5 - 4,0	> 4,0
- máxima, em qualquer amostra	1 - 3	3 - 4	4 - 6	> 6
Coliformes (NMP/100 mL)				
- média mensal em qualquer mês	50 - 100	100 - 5000	5000 - 20000	> 20000
- máximo	> 100 cm menos de 5% das amostras	> 5000 cm menos de 20% das amostras	> 20000 cm menos de 5% das amostras	-
pH	5 - 9	5 - 9	5 - 9	3,8 - 10,3
Cloretos	< 50	50 - 250	250 - 600	> 600
Fluoretos	< 1,5	1,5 - 3,0	> 3,0	-

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992)

3.6 Histórico da gestão e uso dos recursos hídricos

Quando os homens viviam como nômades e em grupos, se deslocavam e começavam a utilizar os recursos hídricos de uma determinada região. Então, quando a escassez surgia, buscavam outros lugares mais fartos. Assim, estes andavam pelas margens dos rios. Com o passar tempo, têm-se evidências de que o homem começou a se fixar, deixando de ser nômade e passando a ser sedentário (MAZOYER; ROUDART, 2008).

Dessa forma, surgiram a manufatura, industrialização e urbanização. E juntamente com essas mudanças no modo de vida e de produção, vieram os problemas como descarte de resíduos sólidos nos cursos d'água, provocando poluição dos recursos hídricos superficiais. De igual forma, o descarte de resíduos sólidos no solo, pode provocar a poluição dos recursos hídricos subterrâneos, pela infiltração de chorume e outras substâncias, podendo atingir os lençóis freáticos.

Os primeiros sistemas de gestão de águas teriam surgido na Roma Antiga, quando os romanos deixaram de retirar água diretamente do Rio Tigre e construíram inicialmente um aqueduto. Anos depois, passaram a construir outros aquedutos, o que resultou em uma rede hidráulica para abastecimento daquela

cidade. Segundo Campos (2001 apud MELO; MARACAJ; DANTAS NETO, 2012), nas situações de crise de abastecimento de água, caçadores de águas eram responsáveis por procurar água em quantidade e qualidade para o abastecimento hídrico. E, assim, de acordo com a demanda, os romanos foram desenvolvendo sistemas de organização dos recursos hídricos.

Na Índia, há aproximadamente 4000 anos, surgiu a primeira rede de distribuição de água. Na Grécia, a água era obtida em fontes públicas. Na Inglaterra, surgiram os primeiros regulamentos para proteger a água. Em Londres, em 1829, a primeira Estação de Tratamento de Água foi construída, tendo como atividade coar a água em filtros de areia do Rio Tâmsa (DINIZ; SOUSA; RIBEIRO, 2015).

Pode-se dizer que, atualmente, técnicas semelhantes ao sistema de gestão da água na Roma Antiga ainda são utilizadas. Após a Idade Média, foi criada uma cultura de falta de higiene, provocando, dessa maneira, nesse momento histórico, desenvolvimento fraco de técnicas de gestão de recursos naturais e hídricos. Este momento foi modificado, paulatinamente, com a chegada da Revolução Industrial. Diante disso, com a exploração de recursos e a chegada da indústria, em conjunto com o crescimento populacional, os reservatórios de água foram degradados (RIBEIRO; ROOKE, 2010).

Buscando resolver ou mesmo minimizar o problema, desenvolveu-se um sistema de gestão do abastecimento das cidades a partir de: captação das águas brutas diretamente dos reservatórios e sua adução aos pontos de consumo; tratamento das águas, com o objetivo de melhorar suas características, tornando-as próprias para o consumo; distribuição das águas tratadas; coleta de esgoto através de uma rede de tubulações; tratamento do esgoto para ser recebido em condições adequadas pelo receptor final (CAMPOS, 2001 apud MELO; MARACAJ; DANTAS NETO, 2012).

Com isso, percebeu-se a importância e a necessidade de se preservar os recursos naturais, e da imprescindibilidade de desenvolvê-los. Contudo, de forma sustentável, garantindo a preservação da água.

3.7 Parâmetros de qualidade da água

A água pode ser poluída de diversas formas, dentre elas, por adição de substâncias ou por formas de energia, que tendem a alterar características dos corpos d'água quimicamente, fisicamente e biologicamente. Assim, para saber a qualidade da água, precisa-se de indicadores destas alterações.

O Índice de Qualidade da Água (IQA), aplicado no Brasil, foi criado em 1970 pela “*National Sanitation Foundation*”, e simboliza uma nota à qualidade da água, variando de zero a cem. Esse índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Para se calcular o IQA, utilizam-se parâmetros, que geralmente são indicadores de contaminação. O IQA apresenta limitações, pois não analisa diversos parâmetros que são importantes de ser analisados, como protozoários patogênicos, substâncias tóxicas, entre outros (PORTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS, 2017).

Ainda segundo o Portal da Qualidade das Águas (2017), os parâmetros de qualidade da água do IQA são: resíduo total, fósforo total, turbidez, nitrogênio total, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura da água, potencial hidrogeniônico, coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido.

O resíduo total é o material que permanece depois da evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água. O fósforo total, em excesso, pode levar à eutrofização das águas. A turbidez evidencia o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Já o nitrogênio total, pode ocorrer em corpos d'água em forma de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrato e nitrito (PORTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS, 2017).

A demanda bioquímica de oxigênio representa a quantidade necessária de oxigênio para a oxidação da matéria orgânica contida na água. A temperatura da água influencia na viscosidade e na tensão superficial. Em relação ao potencial hidrogeniônico, Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) estabeleceu que o Potencial Hidrogeniônico (pH) deve ficar entre 6 e 9, para que aconteça a proteção da vida aquática. As bactérias coliformes termotolerantes não geram doenças, porém a presença delas evidencia a possibilidade de existir lançamento de esgotos em um corpo d'água, com presença de microrganismos transmissores de doenças. Se tratando de oxigênio dissolvido,

pode-se afirmar que há baixa concentração deste, quando as águas são poluídas por esgotos (PORTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS, 2017).

Para caracterizar a água, há parâmetros que são obtidos a partir de determinados aspectos, os quais podem ser encontrados ao medir o grau de poluição das águas. Dentre eles, existem os físicos, biológicos e químicos, e, por meio deles, identifica-se a qualidade das águas.

Os parâmetros físicos são turbidez, odor, temperatura, cor e sabor. A turbidez representa materiais em suspensão. Já a cor evidencia existência de substâncias em solução. O odor e sabor podem ser gerados de fontes naturais e artificiais. E a temperatura interfere nas propriedades da água (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007a).

Os químicos são dureza, potencial hidrogeniônico, alcalinidade, cloretos, manganês, nitrogênio, ferro, fósforo, matéria orgânica (Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio), oxigênio dissolvido, componentes inorgânicos e orgânicos (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007a).

O oxigênio dissolvido surge da atividade fotossintética de vegetais aquáticos e do ar. Este é essencial à sobrevivência de organismos aeróbios. A Demanda Química de Oxigênio (DQO) e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) revelam o teor de matéria orgânica existente em um determinado corpo hídrico. Os cloretos podem ser gerados com esgotos industriais e domésticos. O potencial hidrogeniônico mostra se a água é alcalina ou ácida, de acordo com o pH que varia de 7 a 14. Com o pH maior que 7, a água é considerada alcalina. Em torno de 7, são consideradas neutras. Se inferior a 7, ácidas. A presença fora dos parâmetros de fósforo e nitrogênio em corpos d'água leva à eutrofização. Os compostos inorgânicos são os metais pesados, como mercúrio e chumbo. Nos orgânicos, podem-se evidenciar pesticidas e detergentes (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007a).

Os biológicos são analisados sob pontos de vista de organismos indicadores. Estes são os coliformes e algas. Os coliformes – dentre os quais, os totais e os fecais – revelam a presença de microrganismos patogênicos e as algas produzem elevada quantidade de oxigênio dissolvido, provocando eutrofização (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007a).

Os coliformes totais são um grupo de bactérias que contém bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-

negativa, capazes de crescer na presença de sais biliares ou outros compostos ativos de superfície, com propriedades similares de inibição de crescimento, e que fermentam a lactose com produção de ácidos, aldeídos e gás a 35°C em 24-48 horas. Este grupo contém os seguintes gêneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella* (BETTEGA, 2006 apud RATTTI et al., 2011).

Coliformes fecais ou coliformes termotolerantes são bactérias capazes de desenvolver e/ou fermentar a lactose com produção de gás a 44°C em 24 horas. A principal espécie dentro desse grupo é a "*Escherichia coli*". Essa avaliação microbiológica da água tem um papel destacado, em vista da grande variedade de microrganismos patogênicos, em sua maioria de origem fecal, que podem estar presentes na água (BETTEGA, 2006 apud RATTTI et al., 2011).

Existem os contaminantes emergentes, nos quais são os medicamentos, enxaguantes bucais, cosméticos, entre outros. Em que estes, ainda são parâmetros que estão em fase de regulamentação.

Dado ao exposto, percebe-se a importância e a essencialidade dos parâmetros de qualidade da água, pois estes, avaliam rigorosamente os limites de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Assim, a água se considerada dentro destes parâmetros, pode ser utilizada para consumo, demonstrando a necessidade desse controle como fator contribuinte para a saúde populacional.

3.8 Padrões de potabilidade da água

A qualidade da água para consumo humano é de primordial importância para a saúde. Ela contém, naturalmente e/ou em consequência da ação do homem, sais dissolvidos, partículas em suspensão e microrganismos que podem provocar doenças e agravos à saúde, principalmente doenças infecciosas. Tendo isso em vista, há um conjunto de parâmetros microbiológicos, físico-químicos, organolépticos e radioativos cujas concentrações, na água, devem atender ao padrão de potabilidade definido pela legislação (GARCEZ, 2016).

Para a obtenção de água potável, existem parâmetros como: os químicos (os quais são objetivados não possuir substâncias tóxicas, adotando assim, limites de tolerância para o homem); os organolépticos (em que não deve possuir odor e sabor rejeitáveis); os biológicos (em que se devem eliminar germes patogênicos) e

os físicos (possuindo aspecto agradável e não tendo cor ou turbidez fora do padrão de potabilidade).

Usando os sentidos superficiais como olfato, paladar e visão, tem-se a capacidade de reclamar da qualidade da água, mas, mesmo com essas capacidades, é necessário fazer a caracterização da água utilizando equipamentos de laboratório para, assim, melhor conhecer a água que está sendo destinada à população.

Analisar a água, para saber se a ingestão da mesma trará ou não riscos ao consumidor, é verificar a potabilidade da água. Assim, para o consumo humano, a água deve estar dentro dos padrões de qualidade na Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.

Entre outras exigências, a água potável deve estar de acordo com o padrão microbiológico. Deve-se fazer contagem de bactérias em, pelo menos, 20% das amostras para a análise de coliformes na rede de distribuição. É necessário, também, monitorar os vírus nos pontos de captação de água. Há a obrigatoriedade de se manter um mínimo de 2 mg/L de cloro residual combinado ou 0,2 mg/L de cloro residual livre ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro por todo o sistema de distribuição (BRASIL, 2012).

A Figura 9 mostra a tabela de padrão microbiológico da água para consumo humano, evidenciando o tipo de água, com seus respectivos parâmetros e valores máximos permitidos.

Figura 9 - Tabela de padrão microbiológico da água para consumo humano

Tipo de água		Parâmetro		VMP (1)
Água para consumo humano		Escherichia coli ⁽²⁾		Ausência em 100 mL
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais (3)		Ausência em 100 mL
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Escherichia coli		Ausência em 100 mL
		Coliformes totais (4)	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.

Fonte: Brasil (2011)

A regulamentação de substâncias químicas para águas reservadas ao consumo humano é um sistema em construção com certa complexidade. O procedimento de normalização de substâncias químicas na água depende da priorização das substâncias a serem regulamentadas, análise da viabilidade analítica, do cálculo de critérios e tecnologias disponíveis de tratamento para a obtenção de limites apropriados (UMBUZEIRO, 2012).

De acordo com a Portaria n.º 2914, de 12 de dezembro de 2011, a água potável deve estar em conformidade com o padrão organoléptico de potabilidade expresso na Tabela, a seguir (BRASIL, 2011):

Tabela 1 - Padrão organoléptico de potabilidade

PARÂMETRO	CAS	UNIDADE	VMP(1)
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	7664-41-7	mg/L	1,5
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cor Aparente (2)		uH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	mg/L	0,01
1,4 diclorobenzeno	106-46-7	mg/L	0,03
Dureza total		mg/L	500
Etilbenzeno	100-41-4	mg/L	0,2
Ferro	7439-89-6	mg/L	0,3
Gosto e odor (3)		Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg/L	0,12
Sódio	7440-23-5	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais		mg/L	1000
Sulfato	14808-79-8	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	7783-06-4	mg/L	0,1
Surfactantes (como LAS)		mg/L	0,5
Tolueno	108-88-3	mg/L	0,17
Turbidez (4)		uT	5
Zinco	7440-66-6	mg/L	5
Xilenos	1330-20-7	mg/L	0,3

Fonte: Brasil (2011)

A água pode não atender aos padrões de potabilidade por diferentes fatores. Por exemplo, não se trata uma não conformidade de ferro, que é

regulamentado pelas suas características organolépticas, da mesma forma que uma não conformidade para mercúrio, arsênio ou chumbo, que são metais que possuem alta toxicidade. Também é preciso considerar que os padrões de potabilidade foram derivados com base em doses de referência ou valores de risco de câncer. Para o benzeno, por exemplo, o padrão de potabilidade (5ug/L) foi estimado de forma que se espera, no máximo, o acréscimo de 1 caso de câncer em 105 indivíduos, se a população beber água com essa concentração de benzeno por toda a vida. Se a população consumir água com 10 ug/L, o risco esperado seria 2 casos de câncer em 105 indivíduos. Ou seja, se analisarmos 103 indivíduos, não se espera observar um aumento da incidência de câncer nesse grupo de pessoas. Conclui-se, então, que consumir água que não atenda aos critérios de potabilidade não implica, necessariamente, incidência de doença ou agravo à saúde da população abastecida (UMBUZEIRO, 2012).

Assim, percebe-se que, para a água estar dentro dos padrões de potabilidade, existem certos parâmetros, medidas e valores máximos permissíveis. As análises de potabilidade precisam ser permanentes e confiáveis, sendo feitas em sistemas de abastecimento de médio e grande porte em tempo real.

3.9 Processos unitários em ETAs

Os processos de tratamento necessitam ser selecionados de maneira que venham alterar, reduzir ou remover certos componentes ou características da água bruta para assim se obter água potável. Assim, as indispensáveis observações a se fazer, na triagem dos processos unitários, são a qualidade almejada para a água tratada e a natureza da água bruta, baseando-se na existência de equipamentos apropriados, nos custos de operação e construção, na segurança dos processos, entre outros (RICHTER, 2009).

Quando a água é captada, esta passa por um gradeamento que tem como função impedir a entrada de elementos grosseiros contidos na água, como folhas, galhos e troncos na ETA. Assim, a água deve seguir para a desarenação, onde ocorre a remoção de areia por sedimentação, otimizando o processo de pré-tratamento da água. Com isso, a água é bombeada para a estação de tratamento (ABREU, 2017).

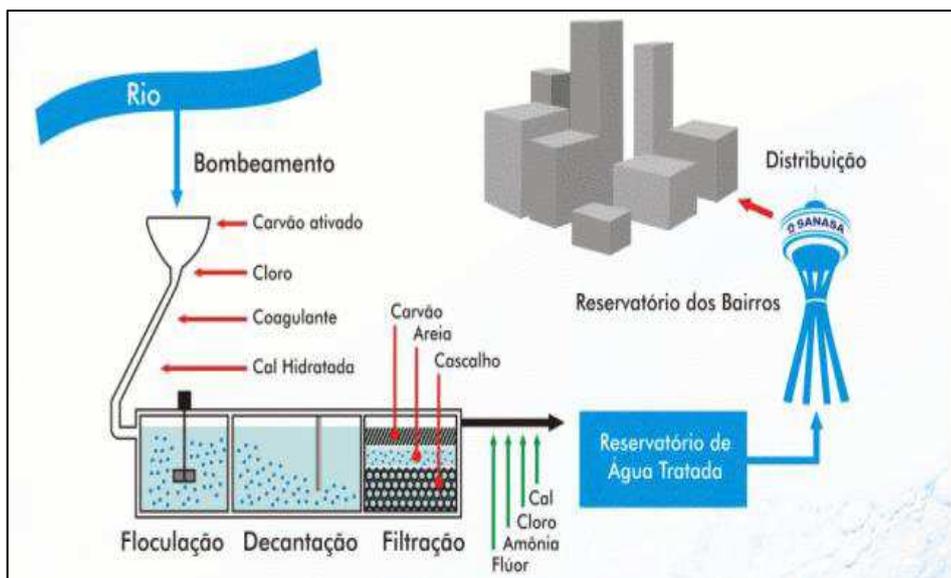
No tratamento convencional, devido à falta de capacidade de se remover impurezas que estão contidas na água pela sedimentação, utilizam-se substâncias coagulantes. Após a coagulação, têm-se as etapas de floculação e decantação.

O processo de clarificação da água traduz-se na manutenção de condições físico-químicas, em que os sólidos suspensos na água são retirados por uma sedimentação, sendo indispensável trabalhar em conjunto com as cargas das partículas para se atingir um resultado da sedimentação adequado. Para clarificar a água, é essencial neutralizar as cargas negativas das partículas em suspensão e promover a aglutinação das partículas para aumentar o tamanho (MACEDO, 2007 apud POHLMANN et al., 2015).

Neste processo, que é compreendido pelas operações unitárias de coagulação, floculação, decantação e filtração, os parâmetros turbidez e cor da água são minimizados através da remoção de partículas em suspensão, coloidais e dissolvidas com a finalidade de atender os padrões de potabilidade exigidos pela Portaria nº 518, de 25 de Março de 2004 - substituída pela Portaria 2.914/2011 (MACEDO, 2007 apud POHLMANN et al., 2015).

A Figura 10, mostra um Sistema de Tratamento de Água.

Figura 10 - Sistema de tratamento de água



Fonte: Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento (2012)

O processo de coagulação consiste nas reações das impurezas existentes na água com os compostos hidrolisados gerados pela adição de agentes

coagulantes. Esta corresponde a uma etapa imprescindível à remoção adequada das partículas (HELLER; PADUA, 2006 apud POHLMANN et al., 2015).

A floculação ocorre imediatamente após a coagulação e consiste no agrupamento das partículas eletricamente desestabilizadas (coágulos), de modo a formar outras partículas maiores denominadas flocos, suscetíveis de serem removidos por decantação (ou flotação) seguido de filtração (SERVIÇO DE ÁGUA E ESGOTO DE NOVO HAMBURGO, 2017).

A decantação é um evento físico natural e equivale a etapa de deposição das impurezas, aglutinadas em flocos no processo nas etapas anteriores do tratamento da água (coagulação e floculação), graças à ação da força gravitacional (MACEDO, 2007 apud POHLMANN et al., 2015).

A filtração traduz-se na remoção de partículas suspensas e coloidais existentes na água que escoam através de um meio poroso. Nas ETAs, a filtração é um processo final de remoção de impurezas (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 2004 apud POHLMANN et al., 2015).

A fluoretação, que não é considerada uma forma de tratamento, corresponde a adição de flúor, em geral, na forma de ácido fluorsilícico, fluoreto de sódio ou fluoreto de cálcio, com o objetivo de prevenir a decomposição dos esmaltes dos dentes (HELLER; PADUA, 2006 apud POHLMANN et al., 2015).

A desinfecção, na água, tem o propósito de proteção e correção. Este mecanismo objetiva eliminar os organismos patogênicos que possam estar presentes nela. Então, é mantido um desinfetante, na água fornecida à população, para a prevenção de algum tipo de contaminação posterior (HELLER; PADUA, 2006 apud POHLMANN et al., 2015).

Para se corrigir o pH, normalmente, é utilizado cal em três etapas: na pré-alcalinização (água bruta), inter-alcalinização (água decantada) e na pós-alcalinização (água filtrada). Na pré-alcalinização, o pH de alcalinização é ajustado; na inter-alcalinização, a cal ajuda no ajuste do pH final, facilitando que haja a remoção de compostos indesejáveis; na pós-alcalinização, o pH final da água é ajustado, evitando, assim corrosão nas tubulações e prejuízos à saúde da população (LIMA, 2008).

Estes processos são adotados conforme as características da água bruta e as necessidades de tratamento para o fim a que se destina a água tratada, que

nem sempre é o consumo, pois pode ser utilizada em um processo industrial, por exemplo.

Adicionalmente, Richter (2009), faz as seguintes considerações sobre os processos e as operações unitárias no tratamento de água:

- a) Na contemporaneidade, existem três espécies de estações de tratamento de água. Entre elas, estão as de filtração direta, de flotação a ar dissolvido e as de tratamento convencionais;
- b) as de filtração direta são bastante utilizadas, porém existe certo preconceito devido ao seu baixo custo. Como exemplos de que esta não é viável, têm-se quando o índice de coliformes ultrapassa 1000 e quando o doseamento de coagulante for superior a 6 mg/L, em cloreto férrico, ou a 10 mg/L em sulfato de alumínio. Nessas estações, são eliminados os tanques de decantação devido aos processos, permanecendo a filtração, que funciona isoladamente para remover os sólidos coagulados, e o pré-tratamento químico para gerar um floco filtrável;
- c) as estações de tratamento de água convencionais exibem o maior número. Estas são apropriadas para águas turvas correntes, com turbidez média a alta, e suportam cargas de até 1000 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT). A cadeia de processos contém: pré-tratamento químico para gerar um floco sedimentável, com coagulação, floculação, decantação e filtração para a remoção de flocos residuais;
- d) no caso das de flotação a ar dissolvido, já há mais de 20 no Brasil. Elas possuem campo de operação parecido com as convencionais. As cargas de turbidez são admitidas em até 600 UNT. Esta é apropriada para águas com turbidez baixa. A cadeia de processo engloba o pré-tratamento para gerar um floco flutuável, com mistura rápida, com floculação reduzida, flotação e filtração para remoção de flocos residuais.

Ante o exposto, percebe-se que os processos unitários são etapas básicas do tratamento de água. E que a escolha de quais processos unitários utilizar depende da qualidade da água bruta captada.

3.10 Tratamentos de resíduos de ETAs

Com o crescimento demográfico e a maior necessidade de oferta de recursos hídricos e do tratamento destes, a preocupação com o destino a ser dado aos resíduos (lodo) gerados no processo também aumenta. Nas ETAs, devido ao tratamento da água, são gerados subprodutos que podem trazer riscos à saúde e ao meio ambiente. Por isso, a destinação adequada é uma etapa crítica e fundamental (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE, 2014).

O tratamento de água constitui uma das indispensáveis etapas do processo de abastecimento público, já que, neste, acontecem os processos que garantem a qualidade da água para a sua utilização. Para realizar esta transformação da água bruta em água potável, a ETA utiliza os processos de coagulação, floculação, decantação e filtração, adicionados de diversos componentes, formando resíduos que serão removidos por sedimentação e filtração, principalmente nos decantadores. Tais resíduos são chamados de lodo de ETA (TSUTIYA, 2001 apud SIQUEIRA JÚNIOR, 2011).

A ETA é fundamental para o abastecimento de água para a população. O sistema convencional é o mais utilizado, devido ao fato de este fornecer o padrão de potabilidade exigido na maior parte dos casos. Nele, há a remoção de partículas que estão na água por meio de coagulantes. Para a formação de flocos, são utilizados sais de alumínio ou de ferro, que acabam sendo removidos em decantadores e nos filtros. Assim, com as operações e processos unitários, resíduos – água de lavagem de filtros e os lodos acumulados em decantadores – são gerados (SERVIÇO DE ÁGUA E ESGOTO DE NOVO HAMBURGO, 2017).

A água de lavagem dos filtros varia de 5 a 40% e o lodo de 60 a 95% em quantidade de sólidos. A quantia total depende, diretamente, da qualidade de água bruta, de acordo com a eficiência de operação das ETAs, do projeto das unidades e do tipo de coagulante, alcalinizante, adsorventes (ABE, 2004).

O lodo, quando em estado natural, é tixotrópico, ou seja, apresenta-se em estado de gel. Porém, devido a esforços cisalhantes, o lodo torna-se fluido, dificultando, assim, a sedimentação (ABE, 2004).

Na sua forma mais comum, o lodo das estações de tratamento de água é basicamente o produto da coagulação da água bruta, e assim, tem uma composição aproximada daquela, acrescido dos produtos resultantes do coagulante utilizado,

principalmente hidróxidos de alumínio de ferro. Outra origem importante de lodo é a precipitação de carbonatos no processo de abrandamento nas estações para remoção de dureza (RICHTER, 2007).

De um modo geral, considera-se como lodo de uma estação de tratamento o resíduo constituído de água e sólidos suspensos originalmente contidos na fonte de água, acrescidos de produtos resultantes dos reagentes aplicados à água nos processos de tratamento (RICHTER, 2007).

Para que ocorra a diminuição do volume do lodo é realizada a retirada de água através da desidratação que possibilita um melhor manejo e transporte, também facilita a deposição em aterros sanitários (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE, 2014).

O espessamento do lodo é a primeira etapa de remoção da água dos resíduos das ETAs, sendo um processo preparatório para posterior condicionamento e desidratação. Para esta primeira etapa de tratamento do lodo poderá ser empregado espessador por gravidade (sedimentação) ou por flotação (MARASCHIN, 2016).

O adensamento por gravidade é normalmente um processo contínuo, porém em menores instalações pode ser vantajosa a alternativa por batelada. (RICHTER, 2007).

O adensamento por flotação trabalha de forma semelhante ao adensamento por decantação, porém de forma reversa. No sistema de flotação a ar dissolvido, as partículas sólidas são removidas da água fazendo-as flutuar reduzindo sua densidade pela adesão de pequeníssimas bolhas de ar (RICHTER, 2007).

Entre os procedimentos mais usados para melhorar as condições dos lodos para disposição final, podem ser citados a desidratação natural em lagoas e leitos de secagem, o adensamento mecânico em centrífugas, concentradores por gravidade de dupla célula, filtros a vácuo, filtros-prensa de placas ou de esteiras e leitos de secagem a vácuo (BIDONE et al., 2001 apud TAKADA et al., 2013).

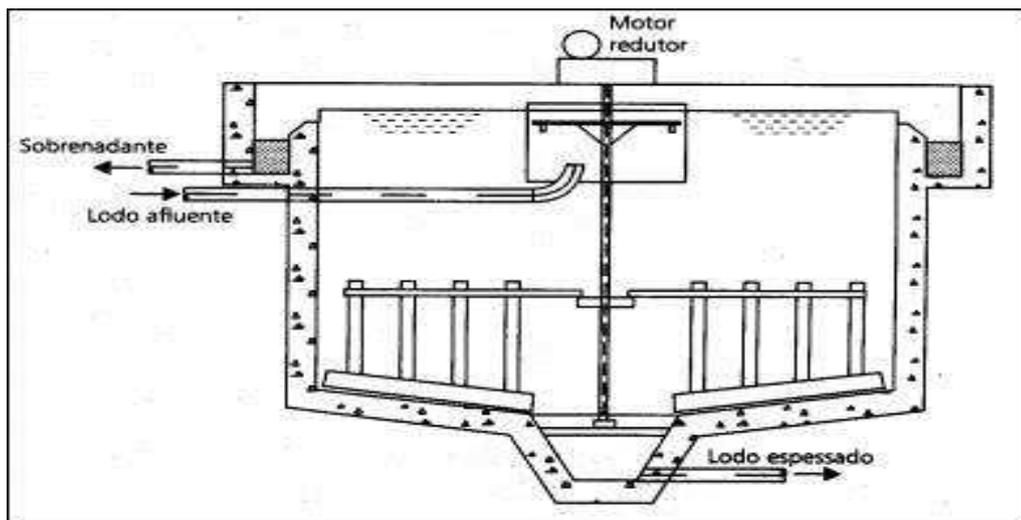
Abe (2004), faz as seguintes ressalvas sobre os o tratamento do lodo:

- a) O tratamento do lodo pode ser feito pelo espessamento do mesmo, em que este é o primeiro passo para a remoção da água de lodo nas ETAs;

- b) os mais comuns são os espessadores por flotação e por gravidade;
- c) por flotação, eles têm maiores concentrações de lodo espessado por flotação, maiores taxas de aplicação de sólidos e de clarificação e versatilidade operacional da instalação. Neste espessador, o lodo fica acumulado na região superior do tanque, enquanto a água clarificada é retirada ao fundo. As microbolhas que estão contidas na entrada do flotador levam o lodo até a superfície. Assim, tais microbolhas são aderidas às partículas de lodo pré-condicionado;
- d) em relação aos adensadores por gravidade, tem-se que as unidades podem ser alimentadas continuamente ou por batelada, fato que depende da ETA. A parcela de água decantada é retirada por meio de vertedores periféricos, onde a água sai pelas canaletas que estão em todo o perímetro da unidade. O lodo adensado é retirado do fundo do tanque. Neles, existem raspadores que encaminham o lodo para a parte central do tanque.

A Figura 11, ilustra um desenho ilustrativo de espessador de lodo por gravidade.

Figura 11 - Desenho esquemático ilustrativo de espessador de lodo por gravidade de formato circular em planta



Fonte: Prosab (1999 apud ABE, 2004).

- e) posteriormente ao espessamento de lodo, faz-se a sua desidratação. Para a definição de qual o tipo de sistema de desidratação que será empregado, toma-se, por referência, fatores como: custo da área, condições climáticas, distância da estação até o destino final, dentre outros. Para a remoção de água, têm-se, como métodos, sistemas mecânicos. Dentre eles, filtros-prensa, centrífugas e prensa desaguadora. Como sistemas naturais, têm-se lagoas de lodo e leitos de secagem;
- f) na desidratação por centrifugação, existem três tipos de centrífugas, sendo estes: centrífuga de discos, centrífuga de tambor não perfurado de eixo vertical e centrífuga decantadora de eixo horizontal;
- g) a centrífuga de discos é utilizada em muitos processos industriais. A centrífuga de tambor não perfurado de eixo vertical é capaz de segregar uma ampla faixa de tamanhos de partículas, mas não possui dispositivo de descarga contínua de sólidos acumulados e, devido a isto, requer interrupção periódica para descarga do lodo acumulado. A centrífuga decantadora é a mais utilizada e constitui-se num tambor cilíndrico horizontal sem perfurações que, quando rotacionado, promove a separação acelerada dos sólidos e sua acumulação na parede interna;
- h) na desidratação por centrifugação, existem certos parâmetros, dentre estes: capacidade de processamento da centrífuga e potência da mesma, grau de clarificação do líquido centrifugado, grau de hidratação da torta produzida e a dosagem requerida de condicionadores químicos;
- i) na desidratação por filtração forçada, são utilizados sistemas mecânicos que necessitam de energia para o seu funcionamento. Esse tipo de sistema utiliza pressões diferentes da pressão atmosférica para a remoção da água livre do lodo. Porém, exige menor área de implantação. Os filtro-prensa consistem na introdução do lodo em câmaras onde mantas filtrantes estão alojadas e, por aplicação de pressões diferenciais, comprime-se o material, fazendo com que a água seja removida pela manta, e reste apenas a mistura com elevado teor de sólidos. Já a prensa desaguadora consiste na introdução do

lodo entre duas correias, sendo uma delas o meio filtrante. Estas se deslocam entre roletes que promovem a compressão de esteira com a outra, provocando a drenagem do líquido. Para bom resultado final, o condicionamento químico é fator fundamental;

- j) a desidratação por leitos de secagem é viável para as regiões onde o clima apresenta-se conveniente. A aplicação deste método pode impulsionar uma redução de impactos ambientais, diminuindo o volume de despejos, permitindo um possível reuso da água livre e minimizando perdas;
- k) os leitos de secagem são formados de tanques rasos com duas ou três camadas de areia de diferentes granulometrias, com cerca de 30 centímetros de espessura. O sistema completo é composto de camada suporte que vai manter a espessura do lodo uniforme e facilitar sua remoção manual, além de evitar formação de buracos devida a movimentação sobre o leito, meio filtrante e sistema drenante.

A Figura 12, exhibe o leito de tratamento do lodo da ETA Companhia de Desenvolvimento de Nova Odessa (Coden).

Figura 12 - Leito de tratamento de lodo



Fonte: Companhia de Desenvolvimento de Nova Odesa (2009)

- l) a desidratação por lagoas de lodo representa um sistema similar com do leito de secagem. Porém, para uso deste sistema, são necessárias

grandes áreas. Devido a isto, o custo de terra é um dos fatores essenciais na definição do método, além de se verificar o clima, características do lodo, permeabilidade do subsolo e profundidade da lagoa. A desidratação ocorre por drenagem e por evaporação. A operação e manutenção das lagoas incluem aplicação do lodo, remoção periódica do sobrenadante, remoção periódica dos sólidos e reparos no talude;

A Figura 13 ilustra funcionários fazendo a limpeza de decantadores.

Figura 13 - Funcionários da Superintendência de Água e Esgoto (SAE) durante limpeza do decantador de uma ETA



Fonte: SAE... (2013)

A Figura 14 mostra a lavagem de filtros quando em seu funcionamento.

Figura 14 - Lavagem de filtros em pleno funcionamento



Fonte: Universidade Federal de Campina Grande (2013)

O Quadro 1 mostra uma comparação feita em relação a alguns procedimentos para a disposição final de lodo, ressaltando as características de cada um.

Quadro 1 - Comparativo entre alguns procedimentos para a disposição final de lodo

ALGUNS PROCEDIMENTOS PARA A DISPOSIÇÃO FINAL DE LODO	CARACTERÍSTICAS
DESIDRATAÇÃO NATURAL EM LEITOS DE SECAGEM	<ul style="list-style-type: none"> • DIMINUI O VOLUME DE DESPEJOS • PERMITE UM POSSÍVEL REÚSO DA ÁGUA LIVRE E MINIMIZA PERDAS
DESIDRATAÇÃO POR LAGOAS DE LODO	<ul style="list-style-type: none"> • SÃO NECESSÁRIAS GRANDES ÁREAS • A DESIDRATAÇÃO OCORRE POR DRENAGEM E POR EVAPORAÇÃO
DESIDRATAÇÃO POR FILTRAÇÃO FORÇADA	<ul style="list-style-type: none"> • UTILIZA-SE DE SISTEMAS MECÂNICOS • UTILIZA PRESSÕES DIFERENTES DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA PARA A REMOÇÃO DA ÁGUA LIVRE DO LODO
DESIDRATAÇÃO POR CENTRIFUGAÇÃO	TRÊS TIPOS : <ul style="list-style-type: none"> • CENTRÍFUGA DE DISCOS • CENTRÍFUGA DE TAMBOR NÃO PERFURADO DE EIXO VERTICAL • CENTRÍFUGA DECANTADORA DE EIXO HORIZONTAL

Fonte: Elaborado por Mariana Melo Franco, em 2017

3.11 Disposição final dos resíduos das ETAs

Os lodos de ETAs têm sido dispostos de forma inadequada, muitas vezes, em cursos de água sem nenhum tratamento prévio. Contudo, as legislações brasileiras estão exigindo uma alteração nesse comportamento.

O aumento da população aumenta, conseqüentemente, a quantidade de resíduos que são gerados por esta. Assim, há a necessidade de se minimizar e evitar impactos causados por resíduos. Como já mencionado, o lodo é o principal resíduo de uma ETA.

O lodo não pode ser lançado, *in natura*, em águas superficiais, mas pode ser disposto de várias maneiras, dentre elas com disposição controlada em alguns tipos de solo, em aterros sanitários, incineração dos resíduos, utilizado em aplicações industriais, lançamento na rede coletora de esgoto, entre outros. Para tal disposição, se faz necessário atentar ao teor de sólidos presentes. Esta disposição, se feita de forma adequada, contribui com o meio ambiente, reduz os custos e pode gerar oportunidades lucrativas.

Três categorias de equipamentos são usualmente usadas para o transporte de lodo: bombas centrífugas, cuja aplicação é restrita a lodos diluídos; bombas de deslocamento positivo, quem podem ser usadas com lodos diluídos, adensados, ou mesmo desidratados; sistemas de transporte de sólidos, tais como correias transportadoras ou transportadores tipo parafuso, para a torta final e outras aplicações (RICHTER, 2007).

Os aterros sanitários são uma forma viável de disposição. A compostagem do lodo também é uma opção, pois elimina o caráter poluidor, podendo, assim, ser utilizado sem prejuízo no meio ambiente, desde que o lodo seja previamente e adequadamente tratado.

Os aterros sanitários devem ser projetados para receber e tratar os resíduos, com base em estudos de engenharia, para reduzir ao máximo os impactos causados ao meio ambiente e evitando danos a saúde pública. O aterro sanitário deve ser concebido respeitando a legislação ambiental vigente no país por pessoas devidamente qualificadas. No Brasil, o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) é requisito para que cidades e municípios recebam apoio técnico e financeiro para projetos de aterro. Sem o PMGIRS, o município arca com todos os custos de implementação. Considerando que a elaboração de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) é muitas vezes menor que o custo de

construção de um aterro sanitário, ter o Plano é uma medida inteligente para gestores resolverem seus problemas com resíduos (MACHADO, 2013).

Dentro do aterro, os resíduos são biodegradados em condições de anaerobiose. Esse processo tem como vantagens a estabilização, ainda que em longo prazo, dos resíduos e uma ligeira diminuição no seu volume. Porém, tal processo gera produtos líquidos (lixiviado, conhecido popularmente como chorume) e gasosos, que escapam da massa de resíduo. É por isso que, mesmo quando bem projetados, construídos e operados, os aterros ainda podem apresentar riscos ao meio ambiente. Ironicamente, os resíduos sólidos se transformam em fontes de efluentes líquidos e gasosos (CUNHA; CALIJURI, 2012).

Entre as alternativas de disposição usualmente utilizadas para a disposição final do lodo são: lançamento em cursos de água, lançamento ao mar, lançamento na rede de esgotos sanitários, lagoas, aplicação ao solo e aterro sanitário (RICHTER, 2007).

A forma mais comum de disposição final da fração sólida do lodo de ETAs, após a desidratação, é feita em aterros sanitários. No entanto, a presença de alguns compostos químicos, tais como íons metálicos, utilizados no processo de tratamento de água, pode constituir um obstáculo para os aterros que não aceitam materiais sólidos, tornando esta operação restrita (HOPPEN, 2004 apud SILVEIRA; KOGA; KURODA, 2013).

Recomenda-se a aplicação de tecnologias específicas de aterro para lodos previamente desidratados em condições de eliminar a água de escoamento livre. Os procedimentos mais utilizados podem ser classificados em: método da vala escavada (consiste na escavação de valas paralelas, separadas por diques de aproximadamente 1 m de altura, onde o material retirado permite conformar diques contraventados) e método do dique de confinamento (consiste em construir diques perimetrais na área de aterro, eventualmente a partir do material retirado em regime de equilíbrio de volumes (RICHTER, 2007).

Hoppen et al. (2005) analisaram a incorporação do lodo de ETA, "*in natura*" – obtido diretamente na centrifuga, em matriz de concreto. Ele percebeu que os traços com até 5% de lodo podem ser aplicados em situações que vão desde à fabricação de artefatos e blocos à construção de pavimentos em concreto de cimento Portland. Já as misturas com teores acima de 5% têm sua utilização restrita às aplicações em que a trabalhabilidade não é um parâmetro primordial, como contra pisos, calçadas e pavimentos residenciais. Sartori e

Nunes (1997 apud TAKADA et al., 2013) dizem que o lodo de água pode ser utilizado na fabricação de tijolos, telhas, manilhas de grés e produtos de louças.

A Figura 15 ilustra o recolhimento do lodo produzido em ETA, que pode ser reutilizado para a confecção de concreto para recomposição de calçadas.

Figura 15 - Recolhimento do Lodo produzido em ETA, que pode ser usado na confecção de concreto para recomposição de calçadas



Fonte: Bernardes (2011)

A recirculação da água de lavagem dos filtros sem qualquer tratamento, com todos os sólidos que pode conter, não prejudica em nada a eficiência da estação de tratamento; pelo contrário, além de reduzir as perdas no processo a praticamente a zero, pode trazer ainda alguns benefícios, como redução no consumo de coagulante. Este procedimento não é aplicável, por motivos óbvios, à filtração direta, porém quando a taxa de recirculação e outros parâmetros forem corretamente escolhidos, a recirculação da água de lavagem dos filtros, cujo afluente foi previamente clarificado por decantação ou flotação, traz não somente sensível melhoria na floculação, como permite, em alguns casos, considerável economia de coagulante (RICHTER, 2007).

A Resolução nº 404, de 11 de novembro de 2008, do Conselho Nacional Do Meio Ambiente (2008, não paginado) vem estabelecer critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de porte pequeno de resíduos sólidos urbanos. Nesta Resolução, percebe-se no Art.3º:

Art. 3º Nos aterros sanitários de pequeno porte abrangidos por esta Resolução é admitida a disposição final de resíduos sólidos domiciliares, de resíduos de serviços de limpeza urbana, de resíduos de serviços de saúde, bem como de resíduos sólidos provenientes de pequenos estabelecimentos comerciais, industriais e de prestação de serviços.

§ 1º O disposto no *caput* somente será aplicado aos resíduos que não sejam perigosos, conforme definido em legislação específica, e que tenham características similares aos gerados em domicílios, bem como aos resíduos de serviços de saúde que não requerem tratamento prévio à disposição final e aqueles que pela sua classificação de risco necessitam de tratamento prévio à disposição final, de acordo com a regulamentação técnica dos órgãos de saúde e de meio ambiente, conforme RDC Anvisa 306/2004 e Resolução Conama no 358/2005.

§ 2º A critério do órgão ambiental competente, poderá ser admitida a disposição de lodos secos não perigosos, oriundos de sistemas de tratamento de água e esgoto sanitário, desde que a viabilidade desta disposição seja comprovada em análise técnica específica, respeitadas as normas ambientais, de segurança e sanitárias pertinentes (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2008, não paginado).

Dado ao exposto nota-se que a Resolução nº 404, de 11 de novembro de 2008, ressalta a importância do cuidado em relação à disposição de lodos produzidos em ETAs e a necessidade de se respeitar as normas ambientais, para que não ocorra agravos no meio ambiente (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2008).

A Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, e vem complementar e alterar a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conama. Nesta Resolução, observa-se no Art. 16º:

Art. 16. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

I - condições de lançamento de efluentes:

a) pH entre 5 a 9;

b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor

não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;

c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone *Inmhoff*. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

e) óleos e graxas:

1. óleos minerais: até 20 mg/L;

2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;

f) ausência de materiais flutuantes; e

g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2011, p. 4).

Assim, percebe-se que a Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, os efluentes devem obedecer a condições e parâmetros, para que fontes poluidoras possam ser lançadas em corpos hídricos.

Na tabela 2 apresentam-se certos padrões de lançamento de efluentes, indicando-se os parâmetros inorgânicos e seus respectivos valores máximos.

Tabela 2 - Padrões de lançamento de efluentes

(continua)

PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES:	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALORES MÁXIMOS
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	1,0 mg/L CN
Cianeto livre (destilável por ácidos fracos)	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo hexavalente	0,1 mg/L Cr+6
Cromo trivalente	1,0 mg/L Cr+3
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercúrio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
Parâmetros Orgânicos	Valores máximos
Benzeno	1,2 mg/L
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroeteno (somatório de 1,1 + 1,2cis + 1,2 trans)	1,0 mg/L
Estireno	0,07 mg/L

Tabela 2 - Padrões de lançamento de efluentes

(conclusão)

PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES:	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALORES MÁXIMOS
Etilbenzeno	0,84 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de carbono	1,0 mg/L
Tricloroeteno	1,0 mg/L
Tolueno	1,2 mg/L
Xileno	1,6 mg/L

Fonte: Conselho Nacional do Meio Ambiente (2011)

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A área de estudo é o Sistema Italuís, localizado no município de Rosário, a qual se encontra na Região Metropolitana da Grande São Luís. A Região Metropolitana da Grande São Luís (RMGSL) compreende os municípios de Alcântara, Axixá, Bacabeira, Cachoeira Grande, Icatu, Morros, Paço do Lumiar, Presidente Juscelino, Raposa, Rosário, Santa Rita, São José de Ribamar e São Luís.

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) trazem análises referentes à Região Metropolitana de São Luís, que é a 19^a mais populosa de todo o país, com um total de 1.619.377 habitantes (SANTOS, 2017).

Informações sobre o Sistema Italuís serão apresentadas no item 5 – “Resultados e discussão”.

4.2 Procedimentos metodológicos

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica em livros, artigos científicos, monografias, dissertações, teses, manuais, legislação, e outros que estejam relacionados com o tema de análise do tratamento e do destino final dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água. A partir dessa revisão, foi elaborada uma fundamentação teórica.

Para obter informações e conhecimentos sobre o tema citado, foram feitas visitas técnicas, pesquisas bibliográficas e pesquisas de campo com aplicação de questionários estruturados (APÊNDICE A).

Com os dados recolhidos, a comparação das técnicas e destinos finais foi feita por meio de discussões embasadas por gráficos, tabelas, análise de dados sobre as técnicas e as soluções.

Com base nas informações geradas nas pesquisas bibliográfica e de campo, e por meio de discussões de cunho teórico-prático, foram apontadas as necessidades, as deficiências e os pontos positivos e recomendações para melhorar o tratamento e destino final dos resíduos da ETA do Sistema Italuís.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão serão apresentados nos itens a seguir.

5.1 Sistema Italuís

Fora realizada visita técnica nas unidades de captação, estação elevatória e ETA do Sistema Italuís, cujos resultados e discussão serão apresentados.

5.1.1 Características gerais do Sistema Italuís

O Sistema Italuís faz parte do Sistema de Abastecimento de Água de São Luís, este capta água do Rio Itapecuru, e posteriormente, a água passa por tratamento para abastecer as áreas: Alemanha; parte do João Paulo; Filipinho; Vinhais; Recanto dos Vinhais; Renascença; São Francisco; Ponta do Farol; Maranhão Novo; Ipase; Cohafuma; Vila Palmeira; Coroadinho; Ivar Saldanha; Vicente Fialho; parte do Anil; Vila Itamar; parte do Calhau; Coheb Sacavém; Área do Itaquí Bacanga; Angelim; Bequimão e Cohama (COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO MARANHÃO, 2009). A Figura 16 ilustra o abastecimento de água de São Luís.

Figura 16 - Sistema Integrado de abastecimento de água de São Luís



Fonte: Salomão Júnior (apud MATOS, 2015)

5.1.2 Manancial e captação

O manancial utilizado pela estação de tratamento de água no Sistema Italuís é o Rio Itapecuru, com vazão máxima de $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$, porém atualmente encontra-se reduzida devido a uma corrosão gráfitica em uma das adutoras, assim a vazão utilizada atualmente é de $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$. O funcionamento do sistema é contínuo (24 horas/dia). Atualmente, a Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (Caema) não adota políticas internas ambientais para melhorar a qualidade da água bruta água captada nos mananciais.

A Foto 1 ilustra o manancial do Sistema Italuís, Rio Itapecuru.

Foto 1 - Manancial do Sistema Italuís: Rio Itapecuru.



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017.

Como características do Rio Itapecuru, têm-se são 1.050 quilômetros desde a nascente, nos contrafortes das serras da Crureira, Itapecuru e Alpercatas, até a desembocadura na baía do Arraial, ao sul da ilha de São Luís. O Rio Itapecuru está inserido no Vale do Itapecuru, que tem superfície de 52,5 mil km^2 , um total de 55 municípios e população de 1.622.875 habitantes, de acordo com o Silva (19--). Os principais afluentes do Rio Itapecuru são os rios Alpercatas, Corrente, Pericumã, Santo Amaro, Itapecuruzinho, Peritoró, Tapuia, Pirapemas, Gameleira e Codozinho (BRASIL, 2014).

Na captação da água, na atualidade, existem três bombas em funcionamento, em que a água do rio entra por uma abertura e fica armazenada em

um tubulão de concreto. Nessa entrada existe uma tela metálica com função de evitar a entrada de sólidos grosseiros, tais como folhas, galhos, peixes e outros.

A Foto 2 ilustra os conjuntos motores-bombas em operação para a captação da água do Rio Itapecuru.

Foto 2 - Conjuntos motores-bombas em funcionamento para a captação da água do Rio Itapecuru



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017.

A captação no Sistema Italuís é feita em um manancial superficial, onde a água passa por uma tela que funciona como um sistema de grades, impedindo a entrada de sólidos grosseiros, em seguida é succionada pela a estação elevatória e depois recalçada para a adutora de água bruta. De onde por bombeamento, seguirá para tratamento.

Existem certos requisitos a serem averiguados em relação às condições de captação. Quando esta é feita em águas superficiais, devem ser analisadas a qualidade e quantidade de água, a garantia de funcionamento, a localização e a economia das instalações. Percebe-se também, a essencialidade em optar por captar a água de melhor qualidade, e a necessidade de se proteger sanitariamente esta (GUIMARÃES; CARVALHO e SILVA, 2007a).

A captação de rios, represas e lagos é feita por bombas. Onde esta água pode deter galhos, folhas, sujeira, entre outros, em que por gradeamento,

esses materiais são retidos. Dos reservatórios, a água é transportada por tubulações, que também são denominadas de adutoras, para as ETAs. Caso haja obstáculos e inclinações, são as estações elevatórias que permitem o bombeamento de água em seu fluxo. Assim, percebe-se certa compatibilidade entre o exposto no item 3.9 – “Processos unitários em ETAs” e a captação do Rio Itapecuru, implantada e operada pela Caema, porém não é feita a utilização de desarenador, o que pode ser ressaltada como uma carência.

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (2007), na composição de uma captação de águas superficiais, têm-se: barragens ou vertedores para manutenção do nível ou para regularização da vazão; órgãos de tomada d’água com dispositivos para impedir a entrada de materiais flutuantes; dispositivos para controlar a entrada de água; canais ou tubulações de interligação e órgãos acessórios; poços de sucção e casa de bombas para alojar os conjuntos elevatórios, quando necessário.

Segundo a Fundação Nacional de Saúde (2007), os dispositivos encontrados na captação de águas superficiais são, barragem de nível, que são obras executadas em um rio ou córrego, ocupando toda a sua largura, com a finalidade de elevar o nível de água do manancial, acima de um mínimo conveniente e pré-determinado; grades que são dispositivos destinados a impedir a passagem de materiais flutuantes e em suspensão, bem como sólidos grosseiros, às partes subsequentes do sistema; caixas de areia que são dispositivos instalados nas captações destinados a remover da água as partículas por ela carregadas com diâmetro acima de um determinado valor.

Adicionalmente, sobre manancial e captação de água, segundo a concessionária, entre as sugestões para a melhoria da qualidade da captação da água estão, a promoção da conscientização ambiental em todos os municípios, a margem do Rio Itapecuru, incluindo pessoas físicas e jurídicas (informação verbal)¹.

Como indicações e sugestões, acredita-se que:

- a) É realmente essencial a conscientização quanto à preservação do Rio Itapecuru;

¹ Informação fornecida pela CAEMA, em São Luís, em 21 de setembro de 2017.

- b) há necessidade de que sejam tomadas medidas necessárias para a recuperação da adutora com corrosão gráfrica;
- c) fazer a utilização de desarenadores, pois a quantidade de areia, se não for retirada adequadamente pode superaquecer o motor, como exposto, de acordo com a Abreu (2017);
- d) pode-se ressaltar uma possível utilização de barragens, que poderiam ser usadas para regularizar a vazão, como exposto, de acordo com a Fundação Nacional de Saúde (2007).

5.1.3 Tratamento da água

São analisados no Sistema Italuís os padrões de potabilidade físicos, químicos e bacteriológicos, cujos valores na saída do tratamento são menores ou iguais aos Valores Máximos Permitidos (VMP) da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Os parâmetros de qualidade da água analisados na própria ETA são o potencial hidrogeniônico, a temperatura da água, a turbidez, a cor, o cloro livre, a análise de íons fluoreto. Outros parâmetros são analisados em laboratório remoto da concessionária, situado no Sistema Sacavém, São Luís-MA. São estes, coliformes totais, condutividade, sólidos dissolvidos totais (SDT), dureza total, cloreto, ferro e cromo. Os valores de cada um dos parâmetros não puderam ser divulgados devido à política interna de informações da concessionária.

Em relação à qualidade da água bruta, de acordo com as análises físico-químicas e bacteriológicas efetuadas nas águas do Rio Itapecuru, a concessionária identificou que a maior incidência de contaminação é por coliformes totais. Durante o tratamento, tais coliformes são eliminados, assim esse parâmetro fica dentro dos VMP.

Atualmente, de acordo com verificações feitas pela concessionária, percebe-se que os metais não têm sido encontrados nas análises da água bruta.

Os processos unitários utilizados na ETA são coagulação, filtração, adição de cloro, correção de ph, floculação, desinfecção, decantação, fluoretação. Em que os agentes químicos que são adicionados à água no decorrer do tratamento são o sulfato ferroso líquido de alumínio (utilizado como

coagulante); o cloro (responsável pela desinfecção no final); a cal (para correção de ph) e o flúor (para a prevenção de cárie). A filtração utilizada é feita em leitos duplos (areia e antracito) e filtração rápida, também dupla.

A Figura 17 mostra o fluxograma da Estação de Tratamento de Água Italuís.

Figura 17 - Fluxograma da Estação de Tratamento de Água Italuís



Fonte: Criada por Mariana Melo Franco, em 2017

A Foto 3 ilustra a sala de cloro, com cloro gasoso em cilindros, os quais são utilizados no processo de desinfecção da água.

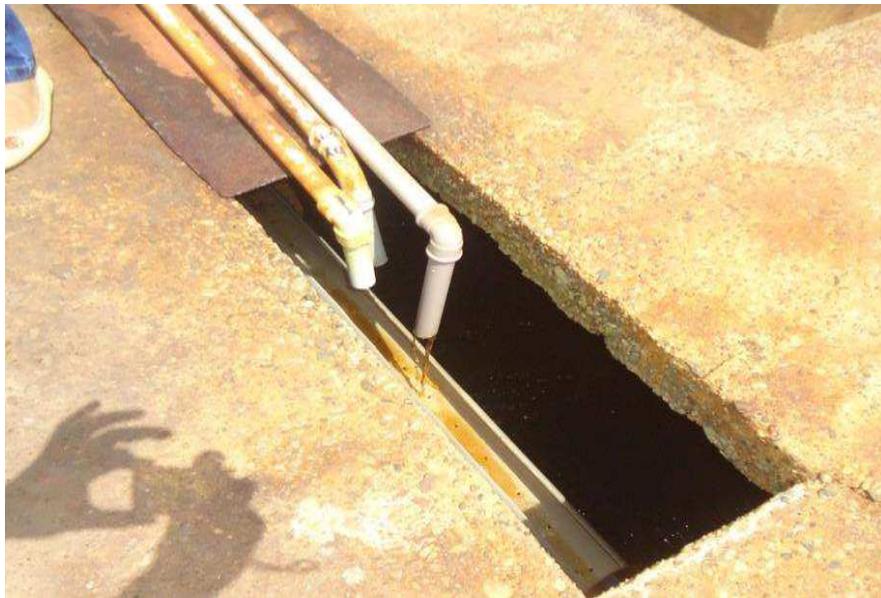
Foto 3 - Cloro gasoso em cilindros utilizado no processo de desinfecção da água



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017.

A Foto 4 exibe a aplicação de sulfato de alumínio, que é aplicado na clarificação da água.

Foto 4 - Aplicação de sulfato de alumínio



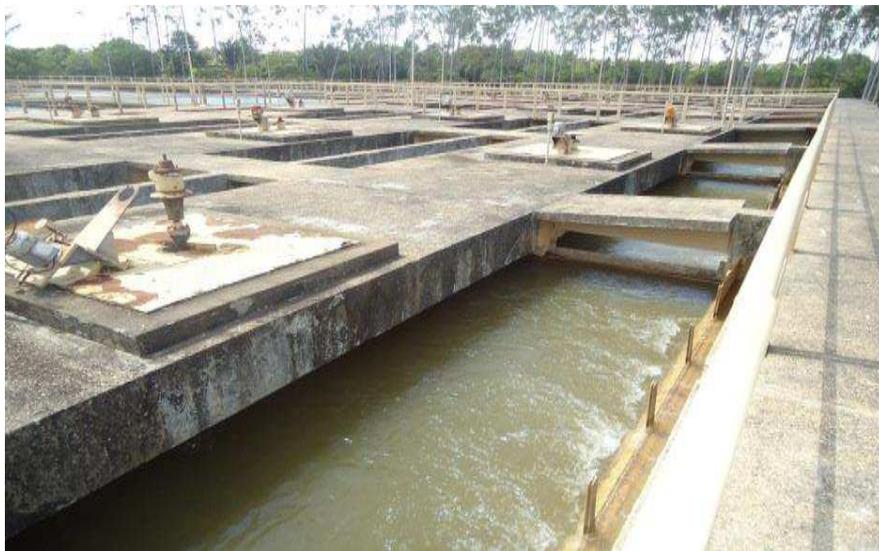
Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017.

A água bruta é transportada da captação à ETA por meio da adutora de água bruta. A primeira etapa do tratamento é a coagulação, onde as impurezas contidas na água agrupam-se com o a ação do coagulante. Na floculação, ocorre a formação efetiva de flocos, em que os flocos vão aumentando cada vez mais de tamanho, para ocorrer o aumento da densidade destes e decantarem. Assim, a

decantação acontece com a separação de flocos devido a ação da gravidade. Onde o produto químico adicionado na coagulação é o sulfato de alumínio.

Na Italuís, cada floculador tem três câmaras de agitação, com agitadores mecânicos de alta, média e baixa agitação. Já na decantação ocorre a separação, por gravidade, dos sólidos presentes em solução líquida, nesta etapa, muitos resíduos são gerados. A divisão do floculador para o decantador é uma placa de madeira, que funciona como uma barreira (Foto 5).

Foto 5 - Floculadores com câmaras de agitação



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017.

Na ETA do Sistema Italuís existem doze floculadores e quatro decantadores. No processo de filtração, os filtros são compostos com camadas de areia, carvão antracito e seixo. Após o processo da filtração, a água segue para a correção de ph, desinfecção com cloro e por último a fluoretação. Os filtros são lavados diariamente, a filtração é descendente, enquanto a lavagem é ascendente.

Diariamente, são feitos monitoramentos em amostras de água bruta, decantada e tratada. O que difere a água decantada da tratada é o resíduo gerado após a filtração.

A Foto 6 mostra tanque de floculação da ETA do Sistema Italuís.

Foto 6 - Tanque de floculação



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017.

A Foto 7 ilustra tanque de decantação do Sistema Italuís.

Foto 7 - Tanque de decantação



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017.

A quantidade máxima de cloro utilizada no tratamento é de $4,63 \text{ g/m}^3$, enquanto a mínima é de $3,97 \text{ g/m}^3$. O volume médio de água tratada mensalmente atualmente é $4.500.000 \text{ m}^3/\text{mês}$, porém o sistema possui capacidade para tratar um volume de $4.900.000 \text{ m}^3/\text{mês}$. A ETA tem previsão de ampliação, porém ainda não existe uma data prevista, mesmo com projetos em elaboração. Estes projetos possuem a pretensão de instalar mecanismo para que ocorra o tratamento dos resíduos gerados pela ETA ao invés destes serem apenas lançados em corpos

d'água, um córrego presente nas proximidades da Italuís. A questão dos resíduos da ETA será abordada no item a seguir.

Segundo a concessionária, os processos de tratamento da água no Sistema Italuís são satisfatórios, assim, sem a necessidade de melhorias (informação verbal)². A política de tratamento utilizada no Sistema Italuís, se comparada com conhecimentos bibliográficos, adquiridos de autores como Lima (2008), Richter (2009), Pohlmann et al. (2015), entre outros, apresenta-se satisfatória, pois apresenta as etapas de tratamento (coagulação, filtração, adição de cloro, correção de ph, floculação, desinfecção, decantação e fluoretação) necessárias para a transformação da água bruta em potável.

A Foto 8 exhibe as amostras recolhidas de água bruta, água decantada e água tratada.

Foto 8 - Amostras: água bruta, água decantada e água tratada



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017.

Na Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, percebe-se a existência de princípios relacionados ao saneamento básico, onde é ressaltada a relevância do abastecimento de água (BRASIL, 2007). Com o estudo de caso feito e estudos que precederam estes, foi percebido coerência quanto ao tratamento da água, onde em relação a este as exigências da lei são cumpridas, entretanto, em relação aos resíduos decorrentes do tratamento da água, esta não dispõe de tratamento adequado.

² Informação fornecida pela CAEMA, em São Luís, em 21 de setembro de 2017.

5.1.4 Resíduos da ETA: lodo e água de lavagem de filtros

Na visita técnica, constatou-se que não há tratamento dos resíduos gerados em Italuís, ou seja, não existem dados sobre o volume gerado de resíduos, e estes não passam por análises qualitativas.

5.1.4.1 Geração, tratamento e destino final do lodo e água de lavagem de filtros

Há geração do resíduo sólido úmido do processo de coagulação-floculação-decantação. Alguns autores como Tsutiya (2001 apud SIQUEIRA JÚNIOR, 2011) e Bidone et al. (2001 apud TAKADA et al., 2013) chamam esse resíduo de lodo de ETA. Esse resíduo sólido úmido não passa por tratamento ou qualquer processo de desidratação no Sistema Italuís, não existindo controle, identificação e quantificação de lodo. Assim, este é lançado em córrego situado nas proximidades do sistema, sem passar por quaisquer processos de desidratação ou tratamento. Os processos utilizados para a remoção dos resíduos gerados no interior da ETA são manuais. A concessionária não possui informações sobre o volume de resíduos gerados.

Com a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, percebe-se a importância de se destinar corretamente os resíduos, e além desta, a relevância de se reutilizar, reciclar, realizar compostagem, dentre outros procedimentos (BRASIL, 2010). Já a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que veio estabelecer diretrizes nacionais para o saneamento básico, observa-se a fundamentalidade dos esforços de serviços públicos em relação ao saneamento básico, dentre eles a necessidade de manejar os resíduos sólidos de maneira adequada (BRASIL, 2007).

Os resíduos gerados no Sistema Italuís durante o tratamento da água são a água de lavagem de filtros e o resíduo sólido úmido recolhido nos tanques decantadores. Estes resíduos não passam por tratamento, porém existem projetos em elaboração. Dado ao exposto, percebe-se certa carência no Sistema Italuís, pois esta disposição não é precedida de um tratamento, em que o mesmo é indispensável para que não ocorra impactos ambientais. Além de que sem tratamento, não há a possibilidade de reaproveitamento desse resíduo. Em que o destino final de ambas é um córrego.

Para a geração do lodo, seria necessário a separação do sólido com o líquido. Assim, pode-se sugerir que para que haja um tratamento, como exposto na seção 3.10 – “Tratamentos de resíduos de ETAs”, segundo Abe (2004), que pode-se fazer a utilização de tecnologias para o tratamento do lodo e para sua disposição final, como a desidratação natural em leitos e lagoas de secagem, concentradores por gravidade de dupla célula, adensamento mecânico em centrífugas, filtros a vácuo, filtros-prensa, leitos de secagem a vácuo, dentre outras tecnologias.

Como indicação de tecnologia para auxiliar na destinação da água de lavagem dos filtros, segundo Lustosa et al. (2017), pode-se construir um Tanque de Sedimentação da Água de Lavagem dos Filtros (TSALF), em que este tem como missão, separar as fases sólida e líquida da água de lavagem.

A Figura 18 ilustra um tanque de sedimentação e tubulações de água de lavagem e de recirculação.

Figura 18 – Tanque de sedimentação e tubulações de água de lavagem e de recirculação



Fonte: Lustosa et al. (2017)

Se utilizada esta tecnologia de TSALF, na parte inferior do tanque fica acumulada a porção sólida (lodo), que será descartada, a em um leito de drenagem; e, na parte superior, a porção líquida, que será recirculada para o sistema de tratamento. Os leitos de drenagem complementam essa estrutura, sendo os responsáveis pela drenagem e desaguamento do lodo. Assim, a água de lavagem dos filtros que, em vez de ser descartada, pode ser reutilizada no próprio tratamento; e, nos leitos de drenagem, onde o lodo do tratamento é drenado e desaguado. Essa solução permite reaproveitar grande parte da água

de lavagem dos filtros e, juntamente com o leito de drenagem, prover uma destinação aos resíduos gerados no tratamento (lodo) (LUSTOSA et al., 2017).

A concessionária, ao falar sobre o tratamento do lodo e da água de lavagem de filtros, afirmou ser necessário a implantação de sistemas para o tratamento de ambas, e que a empresa já está tomando medidas e analisando projetos para a concretização desses planos.

Assim, sugere-se a inserção de procedimentos fundamentais para a geração do lodo e água de lavagem de filtros, tratamento e disposição final, como utilizar espessadores por gravidade e por flotação, fazer a desidratação do lodo seja por centrifugação, por filtração forçada, por leitos de secagem ou por lagoas de lodo, utilizar TSALF, bem como o dispor de maneira adequada.

A Figura 11, presente neste trabalho, consta imagem de um desenho esquemático de um exemplo de um espessador de lodo por gravidade.

A Figura 19 ilustra o leito de secagem do lodo da ETA Coden.

Figura 19 - Leito de secagem do lodo



Fonte: Companhia de Desenvolvimento de Nova Odesa (2012)

A Figura 20 mostra um exemplo de tratamento de lodo por centrifugação, sendo este equipamento de extrema utilidade para o adensamento e remoção de lodo. Segregando os sólidos dos líquidos.

Figura 20 - Tratamento do lodo por centrifugação



Fonte: Luschi (2017)

A empresa já recebeu advertência ou multa pelo destino dos resíduos adotado. Não foram realizados treinamentos ou programas de capacitação dos funcionários quanto ao gerenciamento dos resíduos.

A falta de fiscalização severa contribui para a situação encontrada de ausência de tratamento dos resíduos. Assim, deve-se buscar melhorias na fiscalização; promover a elaboração e implantação de política, programas e ações interna socioambientais na empresa, contemplando a questão dos resíduos; propor parcerias com agentes que se beneficiem dos resíduos após tratamento, como no reaproveitamento para compostagem e parcerias com o comitê de bacia onde está situado o córrego, objetivando investimentos conjuntos para melhoria da qualidade ambiental do mesmo.

5.2 Implantação de UTR no Sistema Italuís

A Unidade de Tratamento de Resíduos, que está em fase de projeto, para ser implantada na ETA Italuís, tem como principal objetivo reduzir os impactos ambientais causados pelo lançamento dos resíduos gerados no tratamento nos cursos d'água próximos à ETA.

Assim, em entrevista, a empresa que presta serviços para a concessionária forneceu as informações constantes nos parágrafos a seguir, estas

foram obtidas com finalidades acadêmicas, para conhecimento dos projetos que propõem avanços na questão de tratamento e disposição de resíduos gerados pelo Sistema Italuís.

Assim, na ETA, o sistema de tratamento de resíduos deverá receber o lodo retido nos decantadores e a água de lavagem dos filtros. Segundo o entrevistado, estes serão conduzidos para Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR) com o objetivo de adensamento e desidratação do lodo, para que dessa maneira, haja a possibilidade de seu armazenamento e transporte futuro à destinação final, em que a disposição se dará em aterro sanitário. O lodo, após tratamento, também poderá ser reutilizado em indústrias cerâmicas da região, ou outra destinação que a Caema acredite adequada, de acordo com uma visão técnica e respeitando interesses econômicos e ambientais (informação verbal)³.

Em primeira instância, o projeto das unidades componentes da UTR aponta para uma vazão afluente à ETA de 2,8 m³/s, onde futuramente a produção prevista para o Sistema Italuís passará para 6,0 m³/s.

O projeto para a UTR prevista foi estabelecido levando em consideração, atributos como: características do lodo; intervenções e adequações indispensáveis na ETA para implantação da UTR; principais características da UTR; tecnologias a serem utilizadas para desidratação de lodo e estimativas de investimento.

O entrevistado ressaltou que em relação as características do lodo, tem-se que estas dependem do processo de tratamento. Na Italuís, este processo é o convencional e é constituído por coagulação, mistura rápida, floculação, decantação e filtração. No geral, o lodo das ETAs é o resultante da coagulação-decantação da água bruta. Outra origem do lodo que pode ser citada é pela precipitação de carbonatos, que ocorre no processo de abrandamento nas ETAs para remoção da dureza. Porém, a técnica de abrandamento não é utilizada na ETA Italuís. Dado ao exposto, o entrevistado ressaltou que as propriedades do lodo diversificam-se com a natureza da água bruta, produtos químicos aplicados e dos processos unitários (informação verbal)⁴.

Depois de removidos de um decantador, os lodos normalmente necessitam ser adensados antes dos tratamentos que seguem. A viabilidade do

³ Informação fornecida por Empresa de Minas Gerais que presta serviço para a CAEMA, em São Luís, em 7 de novembro de 2017.

⁴ Informação fornecida por Empresa de Minas Gerais que presta serviço para a CAEMA, em São Luís, em 7 de novembro de 2017.

adensamento consiste na produção de um lodo concentrado, mais adequado para as etapas seguintes de desidratação ou na possibilidade de ser transportado economicamente para uma disposição adequada. O adensamento é feito para remover o máximo de água possível antes da desidratação final do lodo (RICHTER, 2007).

Dois métodos de adensamento são usualmente empregados: adensamento por gravidade e adensamento por flotação. O princípio do adensamento por gravidade é a sedimentação das partículas sólidas (RICHTER, 2007). Assim, a empresa afirma que processos de adensamento por gravidade, flotadores por ar dissolvido ou até mesmos processos físicos de prensagem e filtragem podem ser adotados.

A Figura 21 ilustra um flotador por ar dissolvido.

Figura 21 - Flotador por ar dissolvido



Fonte: JDF Centrífugas (2017)

Após o adensamento, o lodo é direcionado para o processo de desaguamento ou desidratação. Dessa maneira, o entrevistado alega que a definição da tecnologia a ser adotada para desidratação do lodo gerado nas estações de tratamento de água deve levar em consideração questões como: características do lodo gerado e sua desidratabilidade; área disponível para implantação da UTR e custo de sua aquisição; teor de umidade; distância da ETA até o destino final; custo dos equipamentos e os periféricos necessários ao pleno funcionamento do sistema de desidratação; simplicidade de operação e mão de obra

disponível; necessidade de condicionamento químico do lodo; custos operacionais, entre outros.

Entre os diversos equipamentos de desidratação mecânica atualmente disponíveis no mercado brasileiro, podem ser citados os seguintes, em ordem crescente de custo, e que atendem à exigência de uma torta com um mínimo de 20% de sólidos: prensa desaguadora, centrífuga, filtro prensa e filtro rotativo (RICHTER, 2007).

A desidratação não mecânica, como seu nome indica, é aquela que não utiliza acessórios mecânicos, tais como prensas ou centrífugas, para a desidratação dos lodos, apenas agentes naturais, como a gravidade e a evaporação. Os dispositivos não mecânicos de desidratação mais comuns são as lagoas e os leitos de secagem (RICHTER, 2007).

Segundo o entrevistado, devido aos elevados quantitativos de lodo produzido na ETA Italuís, pode-se estabelecer que algumas alternativas não devem ser adotadas, tendo em vista o porte da ETA e sua área disponível. Desta maneira, constatou-se que as tecnologias que utilizam processos naturais (leitos de secagem e lagoas de lodo), normalmente necessitam de áreas significativas para desidratação do lodo, não se apresentam como alternativa favorável (informação verbal)⁵.

O entrevistado alegou que dentre as alternativas de desidratação que adotam equipamentos mecanizados, todas se apresentam como candidatas a desidratação do lodo gerado na ETA Italuís. Entretanto, foi afirmado que algumas características importantes, tais como: área disponível para implantação, o ciclo de desaguamento, a complexidade operacional, o custo de implantação, o custo de operação e teor de sólidos na torta, foram levadas em consideração para a escolha da tecnologia, para que este, não atendesse apenas a poucos quesitos (informação verbal)⁶. A Foto 9 mostra uma centrífuga.

⁵ Informação fornecida por Empresa de Minas Gerais que presta serviço para a CAEMA, em São Luís, em 7 de novembro de 2017.

⁶ Informação fornecida por Empresa de Minas Gerais que presta serviço para a CAEMA, em São Luís, em 7 de novembro de 2017.

Foto 9 - Centrífuga



Fonte: Cia de Saneamento de Minas Gerais (2012)

Neste sentido, a opção das centrífugas foi considerada como uma solução viável pelo entrevistado. Pois, apresentam custos de implantação inferiores ou compatíveis às demais opções, e é amplamente adotada em sistemas de desidratação de lodo e produzem um lodo com teores de sólidos em consonância com os requisitos legais e de aceitabilidade em aterros sanitários.

Em relação às adequações imprescindíveis na ETA para implantação da UTR, o entrevistado afirma que deverão ser feitas intervenções antes que seja implantada a UTR, juntamente com diversas melhorias que são propostas no projeto apresentado. Em relação à UTR, a principal alteração a ser realizada relaciona-se com a segregação da água de lavagem dos filtros e do lodo removido nos decantadores das outras contribuições pluviais, devido à drenagem atual ser unificada. Em relação aos projetos de melhorias na ETA, foi destacada a implantação de sistema de remoção de lodo contínua, o que proporcionará um lodo com características mais homogêneas, o que é um aspecto fundamental para o tratamento na UTR (informação verbal)⁷.

⁷ Informação fornecida por Empresa de Minas Gerais que presta serviço para a CAEMA, em São Luís, em 7 de novembro de 2017.

Em relação à interligação, o entrevistado informou que a UTR será localizada nas proximidades ao atual ponto de lançamento dos resíduos gerados na ETA. E serão implantadas duas novas linhas para recolhimento da água de lavagem dos filtros e lodo do decantador que irão escoar por gravidade (informação verbal)⁸.

O projeto será implantado com o intuito de a UTR gerar um volume médio de lodo tratado de 4.500 m³/mês, em que serão mecânicos os processos adotados para remoção do lodo do interior da ETA. Existirá processos para a redução do volume e controle sobre identificação e quantificação do lodo gerado.

Em relação à previsão de instalação da UTR no Sistema Italuís, foi afirmado que a CAEMA ainda definirá quando será a instalação. Os tipos de tratamentos que serão feitos no lodo gerado serão espessamento de lodo por gravidade (sedimentadores) e desidratação do lodo por centrifugação, tendo como processos que serão utilizados para esse tratamento o adensador por gravidade e decanter centrífugo.

O percentual de lodo gerado na ETA que em projeto é pretendido ser tratado é de 100%. A água de lavagem de filtros gerada na ETA também passará por tratamento. Nesta, será realizada uma pré-sedimentação onde a água decantada retornará para o início da ETA e o lodo sedimentado será tratado por adensadores e decanter centrífugo. Em que toda a água será tratada, e a água que retorna para início da ETA terá um volume médio mensal de 246.200 m³/mês e o lodo para desaguamento será 9.300 m³/mês. A água de lavagem será reutilizada, pois esta retorna ao tratamento da ETA.

O tratamento do lodo e da água de lavagem da ETA são fundamentais, visando seguir a Legislação (Resoluções Conama; Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007; Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010). Por fim, essas ações certamente permitirão evitar a ocorrência de impactos socioambientais e promover a proteção aos recursos hídricos na área de influência da ETA.

⁸ Informação fornecida por Empresa de Minas Gerais que presta serviço para a CAEMA, em São Luís, em 7 de novembro de 2017.

5.3 Sistema Maiobão

O Sistema Maiobão, construído, mantido e operado pela empresa BRK Ambiental, está fora da área de estudo e não gera resíduos (lodo e água de lavagem) durante a operação do tratamento da água captada por poços tubulares artesianos, conforme constatado em entrevista. Entretanto o mesmo fora incluído neste trabalho como informação complementar, como registro de que o mesmo alimenta uma área extensa área da Ilha de São Luís, capta por meio de poços tubulares e realiza tratamento da água por meio de cloração e fluoretação, utilizando-se avançadas técnicas e tecnologias, as quais, comparativamente, não foram encontradas no Sistema Italuís.

Assim, realizou-se visita técnica no Centro de Reservação 09 e no Centro de Controle Operacional da empresa, com finalidades acadêmicas, adquirindo dados desde a captação até a distribuição, e destino final de resíduos. No CR9, o armazenado é de 3.500.000 litros de água nos reservatórios. A referida visita técnica, realizada em 3 de outubro de 2017, em conjunto com entrevista e informações da BRK Ambiental, em 2017), conjuntamente, serviram de base para a descrição do sistema, constante nos itens a seguir.

5.3.1 Procedimento da captação à distribuição

O tipo de manancial utilizado pela BRK Ambiental para a captação de água são os lençóis subterrâneos através de poços tubulares artesianos. A vazão varia de acordo com cada poço e com o cálculo de demanda, pois nem sempre é necessário trabalhar com a capacidade máxima. Os poços possuem filtros que são sedimentares, que possuem a funcionalidade de tornar a água mais limpa. A empresa afirmou que todo volume de água captado é tratado integralmente.

A Foto 10 apresenta um dos poços da CR9.

Foto 10 - Fonte de captação: lençóis subterrâneos, através de poços tubulares artesanais



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017.

A Foto 11 ilustra que cada poço tem que possuir um isolamento adequado, reforçando a proteção e possuir identificação própria.

Foto 11 - Cuidados no isolamento de um poço



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017.

Posteriormente à captação, a água recebe o tratamento com adição de cloro, onde há produção de cloro na própria CR, com o sistema gerador de cloro, utilizando-se sal e água. Para gerar hipoclorito de sódio, utiliza-se de alimentação de água em um saturador de salmora. Através de corrente contínua, a eletrólise ocorre e essa solução salina gera hipoclorito de sódio a uma concentração de 0,8%.

Como vantagens de se produzir o cloro na CR, têm-se uma maior segurança da armazenagem, a não existência da necessidade de transporte, a solução é equilibrada, os custos são minimizados e a produção se adequa a demanda, o que contribui para a sustentabilidade econômica e ambiental do sistema.

Também é adicionado flúor ao tratamento, para a redução de incidência de cárie nos dentes da população. Tanto o cloro quanto o flúor são dosados automaticamente de acordo com a vazão da água. Assim, pode-se afirmar que os processos unitários que ocorrem nos Centros de Reservação (CRs) são a cloração e a fluoretação.

A Foto 12 ilustra parte do sistema de produção do hipoclorito de sódio, através de sal e água.

Foto 12 - Geração de hipoclorito de sódio no próprio sistema



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017.

Os poços possuem uma bomba submersa, que é instalada no interior do poço e que fica abaixo do nível da água. A água é bombeada para o reservatório elevado por um sistema de vasos comunicantes. Então, a água tratada é recalçada

para reservatório elevado por meio de estação elevatória, na qual existem três conjunto motores-bombas, sendo uma delas reserva. A Foto 13 ilustra os conjunto motores-bombas existentes no sistema visitado.

Foto 13 - Conjunto motores-bombas em funcionamento na estação elevatória



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017.

A Foto 14 apresenta um reservatório elevado da empresa BRK Ambiental.

Foto 14 - Reservatório elevado



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017.

Em seguida, a água já tratada é distribuída por meio de adutoras e redes de distribuição para os bairros abastecidos pelo Sistema Maiobão. São bairros abastecidos pelo CR9: Condomínio Louyse, Residencial Manaus, Vila Bacuritiba,

Loteamento Jardim Paranã, Loteamento Presidente Vargas, Loteamento Santa Clara, Loteamento Santo Antonio, Residencial Sitio Natureza I, Maiobão, Loteamento Alto Paranã, Recanto do Sol, Recanto Maiobão, Residencial Orquídeas, Residencial Asalem St G Maiobão, Residencial Novo Mundo, La Belle Park, Recanto da Sorte, Residencial Sitio Natureza II, Sitio Grande, Tambaú, Tijupá Queimado, Vila Nazaré, Residencial Caiare, Loteamento Dom Manoel, Vila Sarney Filho.

O Centro de Reservação atende aproximadamente 45 mil habitantes e faz parte do Programa Água e Vida, criado pela Odebrecht, e que compreende 22 novos sistemas de abastecimento de água (compostos por poços, novos reservatórios, instalação de redes e adutoras, e tratamento de água) (BOGEA, 2017).

A empresa informou que, caso todos os poços chegassem a parar, esta ainda conseguiria abastecer os municípios durante aproximadamente oito horas (informação verbal)⁹.

A adutora da CR9 possui um diâmetro de 500 mm e recebe a vazão de todos os poços. É utilizado um relógio analógico digital que mede toda a vazão de entrada e saída na adutora, onde a diferença entre estas é a perda.

A Foto 15 demonstra a adutora do Centro de Reservação 09.

Foto 15 - Adutora



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017

⁹ Informação fornecida pela BRK Ambiental, em São Luís, em 3 de outubro de 2017.

A BRK Ambiental adota atualmente políticas internas ambientais para melhorar a qualidade da água bruta obtida nos corpos d'água, onde são adotadas políticas de tratamento em tempo real, devido à utilização de tecnologias avançadas. Em comparativo com o Sistema Italuís, percebe-se que o Sistema Maiobão detém de tecnologias mais atualizadas e avançadas. São feitas análises da água tratada, onde 70% destas são feitas em laboratório e 30% são feitas no próprio CR. Nesse 30%, são analisadas diariamente 240 amostras.

Dentre os parâmetros de qualidade da água que são analisados, têm-se todos os exigidos pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, assim, pode-se citar que são analisados os coliformes tolerantes, potencial hidrogeniônico, temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e outros. Assim, são averiguados padrões de potabilidade físicos, químicos e bacteriológicos da água.

Todas as operações são controladas por equipamentos de ponta, onde através destes pode-se identificar a ocorrência de alguma falha no Sistema, em que tudo pode ser controlado pelo Centro de Controle de Operações no mesmo instante. Atualmente, são 28 CRs existentes, controlados pela empresa, sendo o CR9, o Sistema Maiobão.

A Foto 16 ilustra o Quadro de Automação e Comando (QAC) do CR9, que é um equipamento que otimiza atividades e controla o funcionamento de motores e outros equipamentos do sistema.

Foto 16 - Quadro de Automação e Comando



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017

A Foto 17 mostra o Centro de Controle de Operações da empresa BRK Ambiental. O Centro de Controle de Operações (CCO) de uma empresa é onde se concentra as ações operacionais, é onde se centraliza os dados que são originados de equipamentos instalados no campo.

Foto 17 - Centro de Controle de Operações da empresa BRK Ambiental, unidade Maranhão



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017.

O tratamento da água em si não gera resíduos, pois utiliza-se o cloro para a desinfecção e este permanece na água quando distribuída. Até mesmo os recipientes utilizados para o condicionamento do hipoclorito de sódio são devolvidos à empresa que fornece o produto, tornando-se um ciclo contínuo de reaproveitamento deste recipiente.

A Foto 18 mostra os recipientes utilizados para o armazenamento de hipoclorito de sódio, em que estes são reutilizados.

Foto 18 - Recipientes de armazenamento do hipoclorito de sódio



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017.

A Foto 19 ilustra os recipientes do cloro em pastilha, que são feitas de papelão, podendo assim reciclar este material.

Foto 19 - Recipientes do cloro em pastilha



Fonte: Foto de Mariana Melo Franco, em 2017.

6 CONCLUSÃO

Com base no apresentado nos itens anteriores, concluímos que a água é de fundamental importância para a população, pois é essencial para permitir a vida. Também é necessária para propiciar melhoria na saúde pública e substancial na esfera socioeconômica. Além disso, atua como fator migratório, pois quando há escassez nos lugares, a população é pressionada a se mudar.

Foi percebido também que o Brasil é um país privilegiado, pois há grande disponibilidade deste recurso, além de que a água para consumo humano é feita a partir da captação em rios, lagos, mananciais subterrâneos, entre outros. Porém, mesmo com tal relevância para a sociedade, esta sofre com a falta de conscientização da importância da preservação dos recursos hídricos.

O abastecimento de água é um dos objetivos do Saneamento Básico. Assim, a água se trata e distribuída de maneira adequada para a população, a proliferação de doenças é evitada e a qualidade de vida é melhorada.

Ao longo dos anos, tem sido percebidos avanços na Educação Ambiental. Bem como, a proteção dos recursos hídricos vem sendo norteadas por leis como a Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007; a Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 e a Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que visam tomar medidas protetivas e punitivas referentes à utilização da água e a geração de resíduos. Assim, no decorrer do trabalho, ressaltou-se a relevância de uma fiscalização eficiente que cobre a aplicação da legislação.

Porém, observou-se com a pesquisa, que tais regulamentações ainda são descumpridas por parte das empresas e que muitas das vezes não são advertidas, por não haver um controle tão eficiente pelo poder público.

Foi notada uma evolução histórica e tecnológica quanto aos sistemas de abastecimento de água, em que estes na atualidade tentam distribuir água tratada e de qualidade para grande parte da população através de sua rede.

Para isso, são utilizados parâmetros, que norteiam a qualidade da água, tendo como exemplo destes a OD, temperatura da água, nitrogênio total, coliformes termotolerantes, entre outros.

No estudo de caso feito, percebeu-se grande incidência de coliformes no Rio Itapecuru, utilizado pela ETA do Sistema Italuís. Além dos parâmetros que são características físicas, químicas e biológicas utilizadas para avaliar a qualidade da

água, têm-se os padrões de potabilidade da água, os quais são valores de referência para cada parâmetro, em que estes também são verificados a partir de análises permanentes.

Foi ressaltado também que as ETAs possuem processos unitários, em que a água bruta passa para ser potabilizada. Sendo estes processos a coagulação, filtração, adição de cloro, correção de ph, floculação, desinfecção, decantação e fluoretação.

Neste trabalho, foi possível verificar e analisar os tratamentos dos resíduos gerados pelos Sistemas de Abastecimento de Água, em mananciais superficiais e subterrâneos, percebendo e ressaltando-se a importância de tratar esse tema com seriedade, para evitar a geração de impactos ambientais.

Assim, comparou-se as técnicas adotadas em bibliografias, por Lima (2008), Richter (2009), Hoppen (2004 apud SILVEIRA; KOGA; KURODA, 2013), com as utilizadas pela ETA do Sistema Italuís e no Sistema Maiobão da empresa BRK Ambiental.

No Sistema Italuís foram percebidas semelhanças e aspectos positivos em relação ao tratamento da água, deixando a desejar apenas em detalhes, como uma adutora obstruída, ou pela carência de desarenadores. Porém, constatou-se que o Sistema Italuís não aplica tratamento nos resíduos gerados, tornando a disposição destes também inadequada. Percebeu-se também que já há preocupação em agir, e buscar mecanismos para que o tratamento dos resíduos aconteça. Em relação ao Sistema Maiobão da empresa BRK Ambiental, percebeu-se grande coerência no tratamento da água, na tecnologia utilizada, bem como no gerenciamento adequado de resíduos que surgem devido à utilização de materiais.

No decorrer do trabalho, foram percebidas práticas que se adotadas, minimizam os impactos, em que estas estão embasadas no conceito de desenvolvimento sustentável. Foi percebido que se podem adotar políticas de reciclagem e reutilização, além de que auxiliar na preservação do meio ambiente, ainda se torna uma forma de gerar renda.

Em relação à empresa BRK Ambiental, no Sistema Maiobão, o tratamento da água é feito com a utilização de cloro e não há a geração de resíduos, pois este é utilizado para a desinfecção e permanece na água quando distribuída. Os recipientes que são usados para armazenar hipoclorito de sódio são devolvidos à empresa fornecedora do produto, assim há um ciclo de reaproveitamento dos

recipientes. Os resíduos que são produzidos são de obra. Assim, percebe-se que no tratamento das águas subterrâneas, os resíduos são mínimos, evitando impactos ambientais relacionados ao destino dos resíduos.

Já no Sistema Italuís, os resíduos são a água de lavagem de filtros e o resíduo sólido úmido recolhido nos tanques decantadores. Neste Sistema, os resíduos não passam por tratamento. Assim, percebe-se que impactos ambientais podem ser gerados, pois não é feito um tratamento adequado nos resíduos produzidos. Foi percebido que o destino final destes não tratados é um córrego. Assim, o trabalho ressaltou os procedimentos adequados de tratamento e disposição, além de evidenciar a possibilidade de um possível reaproveitamento do lodo de maneira reciclável, e mostrando que uma medida positiva referente à preocupação ambiental, pode gerar lucro.

O estudo sobre análise do tratamento dos resíduos foi de fundamental importância para se verificar o que deve ser feito, baseado em estudos bibliográficos, e comparar com o que é feito nas localidades do estudo de caso.

Como proposta para novos trabalhos, a elaboração de um projeto para o tratamento e destino final dos resíduos da ETA do Italuís pode ser visto como uma medida eficiente e eficaz. Outra proposta que pode ser feita é fazer análise da bacia do Rio Itapecuru, para analisar e ver a qualidade dos recursos hídricos e verificar a situação da vegetação presente na região. Propondo-se a utilização de conhecimentos da Engenharia Ambiental para a efetivação de melhorias.

REFERÊNCIAS

- ABE, Yulia Tiaki. **Lodo de estação de tratamento de água**. 2004. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~bdta/modulos/saneamento/lodo/lodo.htm>>. Acesso em: 17 ago. 2017.
- ABREU, Natália. **Da captação à distribuição, o caminho que a água faz até nossas casas**. 2017. Disponível em: <<http://www.autossustentavel.com/2017/03/estacao-tratamento-agua-eta.html>>. Acesso em: 12 set. 2017.
- ACHON, Cali Laguna; BARROSO, Marcelo Melo; CORDEIRO, João Sérgio. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 115-122, abr./jun. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v18n2/a03v18n2>>. Acesso em: 2 set. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216**: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABi0AH/nbr-12216-1992-projeto-estacao-tratamento-agua-abastecimento-publico>>. Acesso em: 10 set. 2017.
- AZEVEDO, Tasso. Água 4.0, uma nova revolução. **Época Negócios**, Rio de Janeiro, 20 maio 2017. Disponível em: <<http://epocanegocios.globo.com/colunas/noticia/2017/05/agua-40-uma-nova-revolucao.html>>. Acesso em: 18 ago. 2017.
- BARROS, Fernanda; AMIN, Mário M. **Água**: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. 2007. Disponível em: <<http://www.rbgdr.net/012008/artigo4.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2017.
- BERNARDES, Júlio. **Resíduo de tratamento de água é útil para recompor calçadas**. 2011. Disponível em: <<http://www.usp.br/agen/?p=67452>>. Acesso em: 21 out. 2017.
- BOGEA, Vinicius. Odebrecht Ambiental inaugura Centro de Reservação de Água. **Jornal Pequeno**, São Luís, 14 mar. 2017. Disponível em: <<https://jornalpequeno.com.br/2017/03/14/odebrecht-ambiental-inaugura-centro-de-reservacao-de-agua/>>. Acesso em: 2 set. 2017.
- BRASIL. Lei nº 10.881, de 9 de junho de 2004. Dispõe sobre os contratos de gestão entre a Agência Nacional de Águas e entidades delegatárias das funções de Agências de Águas relativas à gestão de recursos hídricos de domínio da União e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 jun. 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.881.htm>. Acesso em: 2 ago. 2017.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 ago. 2007. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 2 ago. 2017.

_____. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 2 ago. 2017.

_____. 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 2 ago. 2017.

_____. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984.htm>. Acesso em: 15 set. 2017.

_____. Ministério da Integração Nacional. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Ações para bacias do Itapecuru e Mearim são destaques da agenda da Codevasf no Maranhão**. 2017. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/noticias/2017-1/acoes-para-bacias-do-itapecuru-e-mearim-sao-destaques-da-agenda-da-codevasf-no-maranhao>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Perguntas e respostas sobre a Portaria MS Nº 2.914/2011**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2014/julho/24/PERGUNTAS-E-RESPOSTAS-SOBRE-A-PORTARIA-MS-N-2-914.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2017.

_____. Ministério de Estado da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 2 out. 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Ministério da Educação. Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. Água. In: _____. **Consumo sustentável**: manual de educação. Brasília, DF, 2005. p. 25-40. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009025910.pdf>. Acesso em: 2 out. 2017.

CARVALHO, Daniel F. Carvalho; MELLO, Jorge L. P.; SILVA, Leonardo D. B. da. **Introdução à hidrologia**. 2007. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. **Ciclo hidrológico**. 2006. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf>>. Acesso em: 5 ago. 2017.

CEARÁ. Secretaria de Meio Ambiente. **Você sabia?** 2010. Disponível em : <<http://www.semace.ce.gov.br/2010/11/que-o-nosso-planeta-esta-coberto-por-70-de-agua/>>. Acesso em: 2 nov. 2017.

CIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. **Ete Onça**. 2012. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/imprensa/noticias/releases/2012/maio/ete-onca-20090323-ie1389/lut/p/a0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOJ9DLwdPby9Dbz8gzzdDBBy9g_zd_T2dgvx8zfULsh0VAfwq3lw!>. Acesso em: 10 nov. 2017.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE NOVA ODESA. **ETA Bela Vista e sede da Coden**. 2012. Disponível em: < <http://www.coden.com.br/fotos-galeria.php?id=10>>. Acesso em: 20 out. 2017.

_____. **Tratamento de Água (ETA)**: toda a água tratada que abastece Nova Odessa sai da ETA da Coden. 2009. Disponível em: <<http://www.coden.com.br/tratamento-de-agua.php>>. Acesso em: 20 out. 2017.

COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO MARANHÃO. **Apresentação operação**. 2009. Disponível em: <http://www.caema.ma.gov.br/portalcaema/index.php?option=com_content&id=107&Itemid=115>. Acesso em: 4 set. 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 404, de 11 de novembro de 2008. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 nov. 2008. Seção 1, p. 93. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=592>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

_____. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 maio 2001. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

CUNHA, Davi Gasparini Fernandes; CALIJURI, Maria do Carmo. **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Campus, 2012.

DIAS, Cláudio Luiz et al. Restrições de uso e ocupação do solo em áreas de proteção de aquíferos: conceitos, legislação e proposta de aplicação no estado de São Paulo. **Revista Subterrâneas**, 2004. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/23622/15708>>. Acesso em: 2 set. 2017.

DINIZ, Yago Lima; SOUSA, Nilberte Muniz de; RIBEIRO, Iracira José da Costa. A perda de água na estação de tratamento de águas da cidade monteiro-pb proveniente das manifestações patológicas das estruturas. In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2., 2015, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UEP, 2015. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/trabalhos/TRABALHO_EV044_MD4_SA3_ID560_09092015221048.pdf>. Acesso em: 10 set. 2017.

ESTADÃO CONTEÚDO. **Governo do Rio lança plano para combater falta de água na agricultura**. 2015. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2015/01/governo-do-rio-lanca-plano-para-combater-falta-de-agua-na-agricultura.html>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

FERREIRA, Wladimir Jansen. **Aula sobre ciclo hidrológico, chuva e nuvem**. 2012. Disponível em: <<http://profwladimir.blogspot.com.br/2012/02/texto-sobre-agua-ciclo-hidrologico.html>>. Acesso em: 2 nov. 2017.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <<http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/pos-graduacao/funasa-manual-saneamento.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

GARCEZ, Gilner Augusto Salgueiro. Padrão de potabilidade, controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano. **Caderno de Saúde e Desenvolvimento**, v. 8, n. 5, p. 31-49, jan./jun. 2016. Disponível em: <<https://www.uninter.com/cadernosuninter/index.php/saude-e-desenvolvimento/article/view/434>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

GOMES, Marco Antônio Ferreira. **Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã**. 2011. Disponível em: <http://webmail.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2017.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Abastecimento de água**. 2007a. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%204%20parte%201.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2017.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Captação**. 2007b. Disponível em:

<<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%204%20parte%202.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2017.

HOPPEN, C. et al. Co-disposição de lodo centrifugado de Estação de Tratamento de Água (ETA) em matriz de concreto: método alternativo de preservação ambiental. **Cerâmica**, São Paulo, v. 51, n. 318, p. 85-95, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132005000200003>. Acesso em: 18 set. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**: resultados. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>>. Acesso em: 10 set. 2017.

ITAIPU desbanca usina chinesa e bate recorde de geração de energia. **Folha Digital**, 16 dez. 2016. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2016/12/1841992-itaipu-desbanca-chinesa-e-bate-neste-sabado-recorde-de-geracao-de-energia.shtml>>. Acesso em: 5 nov. 2017.

JDF Centrífugas. **Flotador por ar dissolvido**. Disponível em: <<http://www.jdf.com.br/produtos/maquinas-e-equipamentos/flotador-por-ar-dissolvido>>. Acesso em: 2 nov. 2017.

LIMA, Ana Marina Martins de. **Tratamento de água**. 2008. Disponível em: <<https://ambientedomeio.com/gestao-ambiental/estacao-de-tratamento-de-agua/>>. Acesso em: 15 set. 2017.

LUSCHI. **Desaguamento de lodo por centrifugação**. 2017. Disponível em: <<https://www.luschi.com.br/desaguamento-de-lodo-por-centrifugacao>>. Acesso em: 25 out. 2017.

LUSTOSA, Jordanna B. et al. Tratamento e aproveitamento de água de lavagem de filtro em estação de tratamento de água. **Revista DAE**, p. 44-61, maio 2017. Disponível em: <http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_206_n_1671.pdf>. Acesso em: 5 set. 2017.

MACHADO, Gleysson B.. **Aterro sanitário**. 2013. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/aterro-sanitario/>>. Acesso em: 18 ago. 2017.

MARASCHIN, Manoel. **Espessamento do lodo de estação de tratamento de água**: avaliação da sedimentação e flotação. 2016. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2016/TCC_MANOEL%20MARASCHIN.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2017.

MATOS, Heider. **Como funciona o sistema de abastecimento de água de São Luís**. 2015. Disponível em: <<http://imirante.com/sao-luis/noticias/2015/02/28/como->

funciona-o-sistema-de-abastecimento-de-agua-de-sao-luis.shtml>. Acesso em: 22 out. 2017.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. Tradução Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira. São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/pgdr/publicacoes/producaotextual/lovois-de-andrade-miguel-1/mazoyer-m-roudart-l-historia-das-agriculturas-no-mundo-do-neolitico-a-crise-contemporanea-brasilia-nead-mda-sao-paulo-editora-unesp-2010-568-p-il>>. Acesso em: 2 set. 2017.

MELO, Geórgia Karênia Rodrigues Martins Marsicano de; MARACAJ, Kettrin Farias Bem; DANTAS NETO, José. Histórico evolutivo legal dos recursos hídricos no Brasil: uma análise da legislação sobre a gestão dos recursos hídricos a partir da história ambiental. **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, v. 15, n. 100, maio 2012. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=11606&revista_caderno=5>. Acesso em: 10 ago. 2017.

POHLMANN, Paulo Henrique Mazieiro et al. Tratamento de água para abastecimento humano: contribuições da metodologia Seis Sigma. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 485-492, jul./set. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v20n3/1413-4152-esa-20-03-00485.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

PORTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS. **Indicadores de qualidade**: índice de qualidade das águas (IQA). Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 1 ago. 2017.

R7. **No 7º dia de paralisação, Rio tem ruas cobertas de lixo e garis fazem protesto**. 2014. Disponível em: <<https://noticias.r7.com/rio-de-janeiro/fotos/no-7-dia-de-paralisacao-rio-tem-ruas-cobertas-de-lixo-e-garis-fazem-protesto-06032014#!foto/1>>. Acesso em: 2 nov. 2017.

RATTI, Bianca Altrão. Pesquisa de coliformes totais e fecais em amostras de água coletadas no bairro zona sete, na cidade de Maringá-PR. ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 7., 2011, Maringá. **Anais...** Maringá, Universidade Estadual do Norte do Paraná, 2011. Disponível em: <[http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/bianca_altrao_ratti%20\(1\).pdf](http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/bianca_altrao_ratti%20(1).pdf)>. Acesso em: 10 set. 2017.

RIBEIRO, Júlia Werneck; ROOKE, Juliana Maria Scoralick. **Saneamento básico e sua relação como meio ambiente e a saúde pública**. 2010. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-SaneamentoeSa%C3%Bade.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2017.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009.

RICHTER, Carlos A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água**. São Paulo: Edgar Blucher, 2007.

SAE realiza serviços que a população desconhece. 2013. **Diário**, Ourinhos, 28 mar. 2013. Disponível em: <<http://www.diariodeourinhos.com.br/noticia.asp?codnot=10072>>. Acesso em: 20 out. 2017.

SANTOS, Alexandre Rosa dos. **A água na natureza e o ciclo hidrológico**. 2001. Disponível em: <<http://www.mundogeomatica.com.br/CL/ApostilaTeoricaCL/Capitulo14-AguaNaturezaCicloHidrologico.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2017.

SANTOS, Leandro. São Luís é a 15ª cidade mais populosa do Brasil, diz IBGE. **O Estado**, São Luís, 31 ago. 2017. Disponível em: <<http://imirante.com/mobile/oestadoma/noticias/2017/08/31/sao-luis-e-a-15a-cidade-mais-populosa-do-brasil-diz-ibge.shtml>>. Acesso em: 10 out. 2017.

SERVIÇO DE ÁGUA E ESGOTO DE NOVO HAMBURGO. **Tratamento de água**. 2017. Disponível em: <<http://www.comusa.rs.gov.br/index.php/saneamento/tratamentoagua>>. Acesso em: 12 out. 2017.

SILVA, Sinésio Santos da. **Rio Itapecuru: ponte**: Caxias, MA. [S.l.: s.n.], [19--].

SILVEIRA, Cristiane; KOGA, Daniele Satie; KURODA, Emília Kiyomi. Estudo da viabilidade de disposição final dos lodos de Etas em aterros sanitários. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 11, p. 251-265, 2013. Disponível em: <http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/File/675/699>. Acesso em: 3 out. 2017.

SIQUEIRA JÚNIOR, Bartholomeu. **Caracterização de resíduos de estação de tratamento de água e estudo de reaproveitamento na indústria de cerâmica vermelha**. 2011. 73 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011. Disponível em: <http://www.repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/5212/arquivo2225_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 set. 2017.

SOCIEDADE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO. **II processo de produção**. 2014. Disponível em: <http://www.sanasa.com.br/noticias/not_con3.asp?par_nrod=567&flag=TA>. Acesso em: 5 out. 2017.

TAKADA, Camila Rosa da Silva et al. Aproveitamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água no município de Palmas-TO. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 2, p. 157-165, mar./abr. 2013.

Disponível em:

<<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=2545&article=860&mode=pdf>>. Acesso em: 2 set. 2017.

TEIXEIRA, Júlio César et al. Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 87-89, jan./mar. 2014.

UMBUZEIRO, Gisela de Aragão (Coord.). **Guia de potabilidade para substâncias químicas**. São Paulo: Lumiar, 2012. Disponível em: <http://www.abes-sp.org.br/arquivos/ctsp/guia_potabilidade.pdf>. Acesso em: 15 set. 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE. **Noções sobre tratamento de água (08/13)**. 2013. Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Tratam08_rap.htm>. Acesso em: 18 out. 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. Portal do Meio Ambiente. **Secagem do lodo proveniente de ETAS e ETES: economia e sustentabilidade**. 2014. Disponível em: <<http://www.meioambiente.ufrn.br/?p=22463>>. Acesso em: 3 set. 2017.

VESILIND, P. Aarne; MORGAN, Susan M. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. Tradução Norte-Americana. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

VICTORINO, Célia Jurema Aito. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

APÊNDICE

APÊNDICE - QUESTIONÁRIO

QUESTIONÁRIO – SISTEMA ITALUÍS E SISTEMA MAIOBÃO

1 IDENTIFICAÇÃO

1.1 Nome do entrevistador:

1.2 Faculdade / Departamento:

1.3 Nome do entrevistado:

1.4 Empresa:

1.5 Data da Entrevista:

QUESTIONÁRIO – SISTEMA ITALUÍS

1.6 Qual o tipo de manancial utilizando neste Sistema?

- () Rio
 () Riacho
 () Lago
 () Lençol subterrâneo

1.7 Existe barragem para permitir a captação?

- () Sim
 () Não

1.8 Qual o volume médio de água captada mensalmente? (m³)

1.9 Atualmente, a empresa adota políticas internas ambientais para melhorar a qualidade da água bruta obtida nos corpos d'água?

- () Sim
 () Não

Caso sim, qual? _____

1.10 Quais são os parâmetros de qualidade da água que são analisados na ETA?

- () Oxigênio dissolvido
 () Coliformes termotolerantes
 () Potencial hidrogeniônico – pH
 () Demanda Bioquímica de Oxigênio
 () Temperatura da água
 () Nitrogênio total
 () Fósforo total

() Turbidez

() Resíduo total

() Outros. Quais? _____

1.11 Quais os padrões de potabilidade da água analisados na ETA?

- () físicos (cor, turbidez, odor e sabor)
 () químicos (presença de substâncias químicas)
 () bacteriológicos (presença de microrganismos vivos)

1.12 Quais os processos unitários utilizados nesta ETA?

- () Coagulação
 () Floculação
 () Decantação
 () Filtração
 () Desinfecção
 () Fluoretação
 () Adição de cloro
 () Dessalinização
 () Desmineralização
 () Correção de pH

1.13 Quais os agentes químicos adicionados a água no decorrer do tratamento?

- () sulfato de alumínio
 () sulfato férrico
 () cloro
 () cal
 () Outros . Quais? _____

1.14 Quais os tipos de filtro utilizados?

- () Filtros rápidos convencionais de areia
 () Filtração em leitos duplos (areia + antracito)
 () Filtração por carvão ativado + areia
 () Outros . Quais? _____

1.15 Qual a quantidade de cloro utilizada no tratamento? (Kg/m³ de água tratada)

1.16 Qual o volume médio de água tratada mensalmente? (m³/mês)

1.17 Há previsão de ampliação da ETA?

- () Sim
 () Não
 () Não Sei

1.18 Qual o volume médio de lodo gerado mensalmente? (m³/mês)

1.19 O lodo gerado na ETA passa periodicamente por análises qualitativas?

- Sim
 Não

1.20 Quais processos são utilizados para remoção do lodo do interior da ETA?

- Manuais
 Mecânicos
 Manuais e Mecânicos

1.21 Existe algum processo para a redução do volume de lodo gerado?

- Sim
 Não
 Não Sei

1.22 Nos últimos cinco anos, empresa recebeu alguma advertência e/ou multa pelo destino inadequado do lodo gerado?

- Sim
 Não
 Não Sei

1.23 Existe algum controle sobre identificação e quantificação do lodo gerado?

- Sim
 Não
 Não Sei

1.24 Foram realizados treinamentos e/ou programas de capacitação dos funcionários quanto ao gerenciamento do lodo gerado?

- Sim
 Não
 Não Sei

1.25 O lodo gerado na ETA passa por algum tratamento?

- Sim
 Não

1.26 Se sim na questão anterior, qual o tipo de tratamento?

- Espessamento de lodo por gravidade (sedimentadores)
 Espessamento de lodo por flotação (flotação por ar dissolvido)
 Desidratação do lodo por centrifugação
 Desidratação do lodo por filtração forçada
 Outros. Qual?

1.27 Quais os processos utilizados para esse tratamento?

1.28 Existe projeto para ampliação do tratamento do lodo das ETAS?

- Sim
 Não
 Não Sei

1.29 Qual o destino final do lodo?

1.30 Atualmente, o lodo gerado, após tratado é reutilizado?

- Sim
 Não
 Não Sei

1.31 É feita a compostagem ou incineração do lodo?

- Sim
 Não
 Não Sei

1.32 A água de lavagem de filtros gerada na ETA passa por algum tratamento?

- Sim
 Não
 Não Sei

1.33 Qual o volume médio de água de lavagem de filtros tratada obtida mensalmente? (m³)

1.34 Qual o destino final da água de lavagem de filtros?

1.35 Quais as suas sugestões para melhoria dos itens a seguir:

Da qualidade da água captada? Dos processos de tratamento da água? Do tratamento do lodo?

QUESTIONÁRIO – SISTEMA

BRK

1.36 Qual o tipo de manancial utilizando neste Sistema?

- Rio
 Riacho
 Lago
 Lençol subterrâneo

1.37 Qual o volume médio de água captada mensalmente? (m³)

1.38 Atualmente, a empresa adota políticas internas ambientais para melhorar a qualidade da água bruta obtida nos corpos d'água?

- Sim
 Não

Caso _____ sim,
 qual? _____

1.39 Quais são os parâmetros de qualidade da água que são analisados na ETA?

- Oxigênio dissolvido
 Coliformes termotolerantes
 Potencial hidrogeniônico – pH
 Demanda Bioquímica de Oxigênio
 Temperatura da água
 Nitrogênio total
 Fósforo total
 Turbidez
 Resíduo total
 Outros. Quais? _____

1.40 Quais os padrões de potabilidade da água analisados na ETA?

- físicos (cor, turbidez, odor e sabor)
 químicos (presença de substâncias químicas)
 bacteriológicos (presença de microrganismos vivos)

1.41 Quais os processos unitários utilizados nesta ETA?

- Coagulação
 Floculação
 Decantação
 Filtração
 Desinfecção
 Fluoretação
 Adição de cloro
 Dessalinização
 Desmineralização
 Correção de pH

1.42 Quais os agentes químicos adicionados a água no decorrer do tratamento?

- sulfato de alumínio
 sulfato férrico
 cloro
 cal
 Outros . Quais? _____

1.43 Quais os tipos de filtro utilizados?

- Filtros rápidos convencionais de areia
 Filtração em leitos duplos (areia + antracito)
 Filtração por carvão ativado + areia
 Outros . Quais? _____

1.44 Qual a quantidade de cloro utilizada no tratamento? (Kg/m³ de água tratada)

1.45 Qual o volume médio de água tratada mensalmente? (m³/mês)

1.46 Há previsão de ampliação do sistema?

- Sim
 Não
 Não Sei

1.47 Como é feito o gerenciamento dos resíduos gerados pela empresa devido o tratamento da água?

1.48 Quais as suas sugestões para melhoria dos itens a seguir:

Da qualidade da água captada? Dos processos de tratamento da água? Do tratamento do lodo?