

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

LEANDRO DE SOUZA DUARTE

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA LAGOA DO
ARROIO CORRENTE PARA ATENDIMENTO ÀS EXIGÊNCIAS DA PORTARIA
MS 2.914/2011, JAGUARUNA, SC**

Criciúma

2017

LEANDRO DE SOUZA DUARTE

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA LAGOA DO
ARROIO CORRENTE PARA ATENDIMENTO ÀS EXIGÊNCIAS DA PORTARIA
MS 2.914/2011, JAGUARUNA, SC**

Trabalho de conclusão de curso,
apresentado para obtenção do grau de
Engenheiro Ambiental no curso de
Engenharia Ambiental da Universidade do
Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientadora: Prof.^a Msc Nadja Zim Alexandre.

Criciúma

2017

LEANDRO DE SOUZA DUARTE

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA LAGOA DO
ARROIO CORRENTE PARA ATENDIMENTO ÀS EXIGÊNCIAS DA PORTARIA
MS 2.914/2011, JAGUARUNA, SC**

Trabalho de Conclusão de Curso
aprovado pela Banca Examinadora para
obtenção do Grau de Engenheiro
Ambiental, no Curso de Engenharia
Ambiental da Universidade do Extremo
Sul Catarinense, UNESC, com Linha de
Pesquisa em Recursos Hídricos e
Saneamento Ambiental.

Criciúma, 14 de Junho de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Msc. Nadja Zim Alexandre - UNESC - Orientadora

Prof. Esp Éder Costa Cechella - (UNESC)

Prof. Msc Jader Lima Pereira - (UNESC)

Dedico este trabalho aos meus heróicos pais e a todos que ajudaram de alguma forma, em sua realização.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, por me dar força, proteção e guiar meus caminhos e não ter me deixado desistir por maior que fossem os percalços no caminho.

Ao meu pai Inimar e minha mãe Janice, por não terem medido esforços para fazerem com que os seus sonhos, se realizassem no seu filho, proporcionando não só um diploma mais uma vida cheia de alegrias, amor e carinho.

A minha irmã Clarice por estar sempre presente me apoiando e sendo exemplo para que eu pudesse concluir esta caminhada,

A minha namorada Joice por não me deixar desistir e sempre me apoiar para que esta etapa fosse concluída.

Agradeço também a todos os “amigos” do SAMAE que me ajudaram, e me tornaram parte da equipe que trabalha todos os dias, me proporcionando a oportunidade de realizar este trabalho.

A professora Gilca Benedet por ter tornado possível a realização deste trabalho.

E por fim, minha orientadora Nadja Zim Alexandre, por sua dedicação, paciência, confiança e tempo dedicado em minha orientação, meu muito obrigado, assim como a todos os outros professores pelo conhecimento e dedicação como lecionaram durante a minha formação.

RESUMO

O presente trabalho destaca a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, que estabelece padrões, metas e responsabilidades a serem seguidas pelas companhias e órgãos responsáveis pelo sistema de abastecimento. Neste âmbito o trabalho é focado na adequação da Estação de Tratamento de Água da Lagoa do Arroio Corrente, que serve de abastecimento para a população de Jaguaruna, SC, em atendimento às exigências da citada Portaria. A qualidade da água bruta deste manancial se aproxima dos padrões de potabilidade estabelecidos, no entanto para os casos de captação em mananciais de superfície, é recomendado que a água passe pelo processo de filtração, além de passar obrigatoriamente por desinfecção. Por esta razão, o Plano Municipal de Saneamento Básico de Jaguaruna recomendou a instalação de filtros rápidos de areia. Foi dimensionado um filtro rápido de dupla camada a ser instalado após o reservatório de água bruta que serve também como um decantador de partículas mais grosseiras, por exemplo, a areia. Foi adotada uma vazão de projeto de $50\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$, o que resultou na área de filtração com 18 m^2 , dividida em duas células conforme referência consultada.

Palavras-chave: Estação de tratamento de água. Lagoa Arroio Corrente. Filtro rápido de dupla camada.

ABSTRACT

This work highlights the Portaria 2,914 / 2011 of the Ministry of Health, which sets standards, goals and responsibilities to be followed by companies and bodies responsible for the supply system. In this context, the work is focused on the adequacy of the Water Treatment Station of the Arroio Corrente Lagoon, which serves as a supply for the population of Jaguaruna, SC, in compliance with the requirements of said Ordinance. The raw water quality of this source approximates the established portability standards, however for the cases of abstraction in surface water sources, it is recommended that the water goes through the filtration process, besides going through disinfection. For this reason, the Municipal Plan of Basic Sanitation of Jaguaruna recommended the installation of rapid sand filters. A fast double-layer filter was designed to be installed after the raw water tank which also serves as a decanter for coarser particles, eg sand. A project flow of 50L.s-1 was adopted, which resulted in the filtration area with 18 m², divided into two cells according to the reference consulted.

Key words: Water treatment station. Lagoa Arroio. Fast dual layer filter.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Faixa de retenção de contaminantes em função dos processos de filtração.....	19
Figura 2 – Localização do município de Jaguaruna, SC	26
Figura 3 – Localização ETA I - Lagoa do Arroio Corrente.....	28
Figura 4 – Reservatório e casa de tratamento	29
Figura 5 – Fluxograma das etapas adotadas na ETA I	30
Figura 6 – Reservatórios da ETA I, onde a) reservatório natural de água bruta; b) reservatório 1 de água tratada	31
Figura 7 – Fluxograma ETA I Lagoa do Arroio Corrente	33
Figura 8 – Composição da altura da caixa do filtro rápido de dupla camada	40
Figura 9 – Local de instalação dos filtros de dupla camada na área da ETA.....	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais características do leito filtrante.....	22
Quadro 2 – Composição da camada suporte de pedregulhos	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados técnicos da ETA I	34
Tabela 2 – Dimensões recomendadas e usuais para projeto de filtros rápidos de areia	36
Tabela 3 – Comparação da qualidade da água no reservatório, água tratado e padrões estabelecidos para potabilidade segundo Portaria nº 2914/2011.....	37
Tabela 4 – Dimensionamento das camadas que compõe o filtro rápido de dupla camada projetado:.....	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	ÁGUA NO MUNDO.....	13
2.2	PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO.....	14
2.3	ABASTECIMENTO PÚBLICO.....	15
2.4	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE ÁGUA.....	17
2.5	FILTRO DE AREIA	19
2.5.1	Classificação do sistema de filtração	21
2.5.1.1	Classificação quanto a taxa de filtração	21
2.5.1.2	Classificação com relação ao material filtrante.....	21
2.5.1.3	Classificação quanto ao sentido do escoamento.....	22
2.5.1.4	Classificação em relação ao tratamento.....	23
2.5.1.5	Comprometimento do sistema de filtragem	23
2.5.2	Dimensionamento de filtros rápidos de areia	24
3	METODOLOGIA	25
3.1	ÁREA DE ESTUDO	25
3.1.1	Estação de tratamento de água	28
3.1.2	Processo de tratamento	29
3.1.2.1	Dados técnicos da ETA I	34
3.2	DIMENSIONAMENTO DO FILTRO RÁPIDO DE AREIA.....	34
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	37
4.1	DIMENSIONAMENTO DO FILTRO RÁPIDO.....	39
4.1.1	Quantitativos para a distribuição de fundo e camadas suporte e filtrante..	41
4.1.2	Operação e manutenção do filtro rápido	42
4.1.3	Avaliação do Sistema	42
5	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos elementos mais importantes para a sobrevivência dos seres vivos, 96,5% de toda água no planeta está nos oceanos, o que a torna inapta para o consumo humano, o restante 3,5% de água doce está em sua maioria congelada em geleiras e calotas polares, o que torna este mineral imprescindível à sobrevivência humana. (SPERLING, 2005).

O tratamento da água de abastecimento público é fundamental para garantir a saúde dos usuários. Quando não tratada, contaminada ou poluída a água pode ser veículo de transmissão de doenças, por isso a importância de garantir a qualidade da água fornecida.

O Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto do município de Jaguaruna (SAMAÉ) possui captação no manancial da Lagoa do Arroio Corrente, contando hoje com um tratamento simples por desinfecção, com uma vazão de $39L.s^{-1}$, recalçada a três reservatórios.

O SAMAÉ atende aproximadamente 2900 residências, 9 bairros da área central do município de Jaguaruna.

Nesse contexto, em função da necessidade atual de adequação do SAMAÉ, frente às leis ambientais e principalmente a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, foi desenvolvido o trabalho aqui apresentado.

Os tratamentos de água atualmente variam dos mais simples até os mais complexos, adotados em função da qualidade da água bruta e daquela desejada após o tratamento. Dentre os diversos tipos de tratamento, a filtração rápida pode ser empregada com sucesso quando objetiva-se tratar uma água de qualidade consideravelmente boa, possuindo uma turbidez inferior a 10 NTU. (DI BERBARDO; DANTAS, 2005).

A filtração descarta a utilização de coagulantes químicos quando se tem água bruta com características adequadas, e exige um baixo investimento para a sua implantação, sendo assim um sistema de tratamento bastante viável (PATERNIANI; CONCEIÇÃO, 2004).

Portanto, as condições da área de estudo estão aptas à implantação de um sistema de filtração, como sugerido no Plano Municipal de Saneamento de Água, e recomendado pela Portaria nº 2.914/2011 do MS.

Para ratificar o presente trabalho dentro da linha de pesquisa Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, como objetivos específicos foram traçados:

- a) Descrever o processo de tratamento adotado pelo SAMAE;
- b) Comparar a qualidade da água bruta e tratada;
- c) Dimensionar o sistema de filtração para a ETA Lagoa do Arroio Corrente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ÁGUA NO MUNDO

Segundo Tundisi (2003) a água nutre as florestas, mantêm a produção agrícola, assim como, a biodiversidade nos sistemas terrestres e aquáticos. Portanto, os recursos hídricos superficiais são recursos estratégicos para a vida do Planeta Terra.

Aproximadamente 97,5% de toda a água na terra são salgadas, menos de 2,5% são doces e estão distribuídas entre as calotas polares (68,9%), os aquíferos (29,9%), rios e lagos (0,3%) e outros reservatórios (0,9%). Desta forma, apenas 1% da água doce é um recurso aproveitável pela humanidade, o que representa 0,007% de toda a água do planeta. Desse modo, fornecer água potável para todos é o grande desafio da humanidade para os próximos anos. (TEIXEIRA et al., 2000).

Acredita-se que, em cerca de 20 anos haverá no mundo uma crise semelhante à do petróleo, ocorrida em 1973, relacionada à disponibilidade de água de boa qualidade assim como ocorreu no passado com os derivados de petróleo, ela esta se tornando *commodity* em crise. (ROCHA, 2004).

A água é considerada um direito básico do ser humano, porém, tornou-se, nos últimos anos, um dos maiores problemas globais, em função de sua escassez e qualidade. (CANTUSIO NETO; SANTOS; FRANCO, 2008).

Os recursos hídricos são utilizados para múltiplos usos, os consuntivos: abastecimento doméstico, industrial, irrigação e dessedentação de animais e os não consuntivos: recreação e lazer, conservação da flora e fauna, geração de energia elétrica, transporte e navegação e diluição de despejos. (BASSOI; GUAZELLI, 2004).

De acordo com Setti et al. (2001) os usos consuntivos são os que retiram a água de sua fonte natural, diminuindo suas disponibilidades quantitativas, espacial e temporalmente; e os não consuntivos, referem-se aos usos em que praticamente a totalidade da água utilizada, retorna à fonte de suprimento, podendo haver alguma modificação no seu padrão temporal e de disponibilidade quantitativa.

Os dados geológicos disponíveis indicam que a quantidade total de água na terra permaneceu praticamente constante durante os últimos milhões de anos. Porém, os volumes estocados em cada um dos grandes reservatórios de água da

terra – oceanos, calotas polares, geleiras, águas subterrâneas podem ter variado durante esse tempo, em níveis nunca imaginados. (REBOUÇAS, 2004).

Os ambientes de água doce incluem as águas de superfícies, tais como os lagos naturais, os lagos artificiais, os rios, os córregos, e as águas subterrâneas que ocorrem debaixo de camadas de rochas. (BLACK, 2002).

Telles e Domingues (2006) ressaltam que a agricultura e a pecuária, principalmente a irrigação de culturas, são as principais atividades do grupo dos usos consuntivos da água, que juntas utilizam 65% do total.

A participação percentual do setor agrícola vem caindo ao longo do tempo, sendo que a tendência para 2020 é de uma redução de apenas 5%. (TELLES; DOMINGUES, 2006).

É notório que a disponibilidade hídrica vem sofrendo ameaças em qualidade e quantidade em decorrência das atividades humanas que degradam o meio ambiente. Tucci (2006), afirmou que o aumento populacional agrava a poluição doméstica e industrial, criando condições ambientais inadequadas e propicia o desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica.

Sendo o ser humano tão depende da água, devemos ter maior cuidado com as fontes naturais de água, já que as mesmas não devem ser contaminadas para evitar o risco de contaminar nosso organismo com patógenos. Para tanto é fundamental que se identifique e previna perigos que possam contaminar a qualidade da água.

2.2 PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

Com a publicação da Lei n.º 11.445/2007, a Lei de Saneamento Básico, todos os municípios do País têm por obrigação elaborar seu Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) (BRASIL, 2007). Esta Lei define saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais relativos aos processos de abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; manejo de resíduos sólidos; drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, limpeza e fiscalização. O PMSB deve abranger as quatro áreas, relacionadas entre si IPAT/UNESC (2014) sendo que após aprovado, torna-se instrumento estratégico de planejamento e de gestão participativa.

Elaborado pelos técnicos da Prefeitura ou empresas contratadas, com o apoio da sociedade, o PMSB deve ser aprovado em audiência pública. As audiências são o fórum de discussão da proposta da Prefeitura e para apresentação de sugestões e reivindicações.

Após as discussões com a comunidade, o PMSB deve ser apreciado pelos vereadores e aprovado pela Câmara Municipal, ou seja, deve ser transformado em Lei, para que desta forma seja a referência de desenvolvimento de cada município, estabelecendo as diretrizes para o saneamento básico e fixando as metas de cobertura e atendimento com os serviços de água; coleta e tratamento do esgoto doméstico, limpeza urbana, coleta e destinação adequada do lixo urbano e drenagem e destino adequado das águas de chuva. (IPAT/UNESC 2014).

2.3 ABASTECIMENTO PÚBLICO

O Ministério da Saúde em dezembro de 2011 publicou portaria sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. (BRASIL, 2011). Esta portaria se aplica à água destinada ao consumo humano.

Segundo Ribeiro (2012), trata-se da quinta versão da norma brasileira de qualidade da água para consumo que, desde 1977, vem passando por revisões periódicas, graças aos muitos avanços científicos em termos de tratamento, controle e vigilância da qualidade da água e de avaliação de risco e saúde. Nesta última versão o número de substâncias que serve para definir as características da água saltou de 74 na Portaria 518/2004 para 87 na Portaria 2914/2011.

Ainda de acordo com a Portaria 2914/2011 do MS, toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa, deve ser objeto de controle e vigilância de sua qualidade. Em seu artigo 5º, esta portaria traz ainda as seguintes definições:

- I – água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;
- II – água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde;
- III – padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido nesta Portaria;

IV – padrão organoléptico: conjunto de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde;
V – água tratada: água submetida a processos físicos, químicos ou combinação destes, visando atender ao padrão de potabilidade;
VI – sistema de abastecimento de água para consumo humano: instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição. (BRASIL, 2011, p. 2-3).

Sperling (2005) argumenta que um sistema público de abastecimento de água é composto pela captação, adução, tratamento e distribuição.

A captação é quando a água é tomada em seu estado natural (água bruta) junto aos mananciais superficiais ou subterrâneos, sendo garantido mesmo que através de obras projetadas ou em lugares abundantes de água sua captação durante as mais variadas épocas do ano. (SPERLING, 2005).

A etapa de adução é aquela onde ocorre o transporte da água bruta até a ETA (Estação de Tratamento de Água) ou até o reservatório. Esse transporte pode ser feito por bombas centrifugas ou por gravidade. (HELLER; PADUA 2006).

Na etapa de tratamento a água bruta passa por um conjunto de operações e processos físicos e químicos com objetivo de torná-la potável, ou seja, de forma a atender os parâmetros que definem a água como apropriada ao consumo humano. (HELLER; PÁDUA, 2006).

Para Heller e Pádua (2006) as principais finalidades do tratamento de água são higiênicas (remoção de microrganismos, minerais e compostos orgânicos), estéticas (correção da cor, turbidez, odor, sabor) e econômicas (redução da corrosividade, dureza, cor, turbidez, ferro, manganês, odor, sabor).

Em geral as estações de tratamento de água (ETA) convencionais, consistem nas etapas de gradeamento, coagulação/floculação, decantação, filtração, desinfecção (cloração), correção de pH e reservação. (HELLER; PÁDUA, 2006).

No gradeamento a água passa por um sistema de grades que impede que a entrada de elementos grosseiros no sistema (galhos, folhas, animais, entre outros). A seguir a água é conduzida à etapa que Heller e Pádua (2006) definem como clarificação química, composta pelo processo de coagulação, floculação e decantação. A água clarificada é conduzida então à operação de filtração que tem a função de remover partículas residuais que não foram removidas no decantador.

Após estas etapas se faz necessário realizar a desinfecção, o que no Brasil, é comumente realizada com produtos a base de cloro, de forma a garantir que a água já filtrada e limpa, se torne isenta de microrganismos causadores de doenças, os chamados patógenos. Após esta etapa, caso necessário, se realiza a correção de pH.

A água tratada é bombeada até o reservatório para que possa ser armazenada para destinação ao consumo, e deste segue para o sistema de distribuição. (ANDRADE, 2004).

2.4 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE ÁGUA

De acordo com Sperling (2005) a qualidade da água é definida devido a sua habilidade de incorporar diversas impurezas e a suas propriedades de solvente. Sua qualidade pode ser alterada por atuação do homem ou efeitos naturais, logo sua qualidade é dependente da interferência de humanos ou das condições in natura. Os parâmetros químicos, físicos e biológicos são o que caracterizam sua qualidade.

As características físicas, químicas e biológicas das águas naturais decorrem de uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e na bacia hidrográfica, como consequência das capacidades de dissolução de uma ampla gama de substâncias e de transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo. (LIBÂNIO, 2005, p. 78).

De acordo com Sperling (2005) o pH não tem implicações graves à saúde a não ser se encontrado em valores muito elevados ou baixos. Porém, interfere de forma significativa no tratamento da água, se estiver baixo pode corroer tubulações, além de não propiciar a remoção de íons metálicos; enquanto que se pH estiver elevado pode causar incrustações nas tubulações de água de abastecimento. Na natureza padrões que fogem à neutralidade podem afetar a vida aquática.

Ainda de acordo com Sperling (2005) alcalinidade é a capacidade da água em neutralizar os ácidos. Não tem significado sanitário para potabilidade da água, a não ser em quantidade muito elevadas podendo trazer um gosto adstringente a água, tem papel importante no tratamento interferindo nos processos de coagulação, floculação e redução de dureza e prevenção da corrosão de tubulações.

O ferro e o manganês estão presentes nas formas insolúveis (Fe^{3+} Mn^{4+}) numa grande quantidade de tipos de solos. Na ausência de oxigênio dissolvido, como é o caso de água subterrânea ou no fundo de lagos e represas, estes metais se apresentam na forma solúvel reduzida (Fe^{2+} e Mn^{2+}). Nas concentrações geralmente encontradas em mananciais, tem pouco significado sanitário, porém, em certas concentrações podem causar alteração na cor, sabor e odor da água. (SPERLING, 2005).

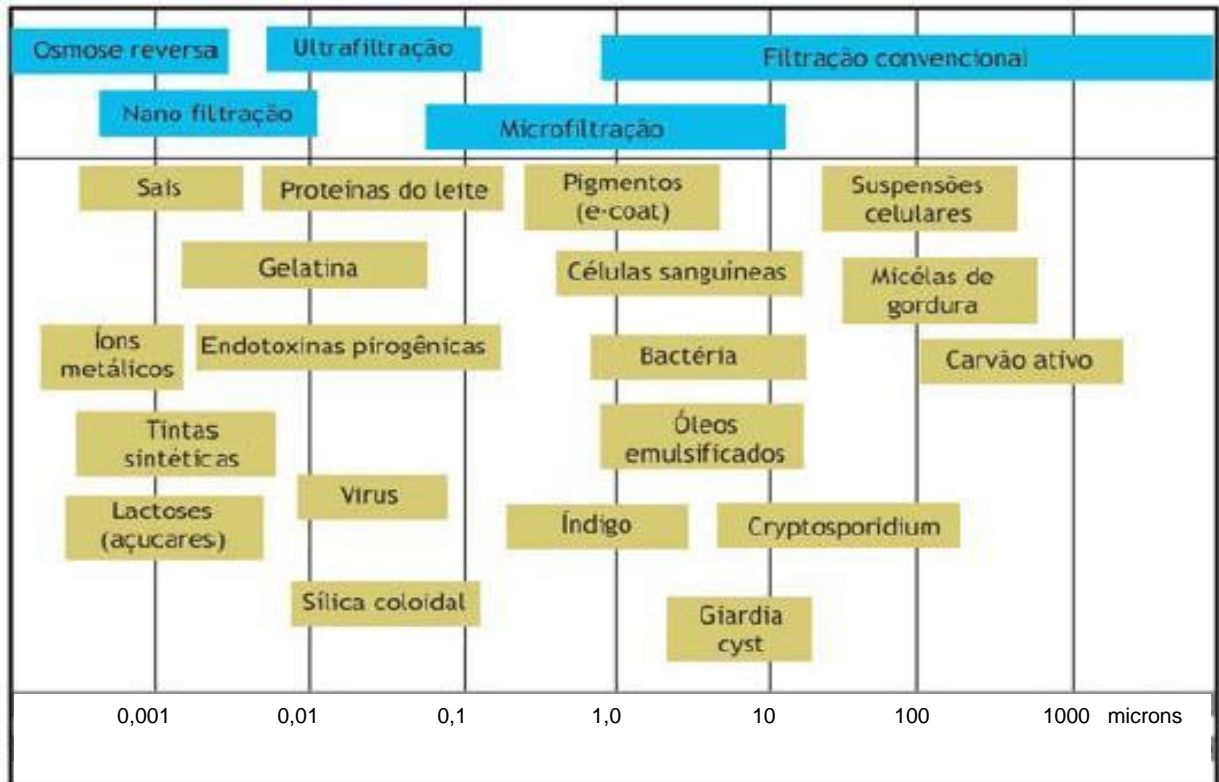
Os cloretos estão presentes frequentemente nas águas naturais, sendo provenientes da dissolução de sais, em concentração acima de 250 mg/L pode imprimir sabor salgado a água.

De acordo com Sperling (2005) a matéria orgânica presente nos corpos d'água e nos esgotos é uma característica de primordial importância, sendo a causadora do principal problema de poluição das águas: o consumo de oxigênio dissolvido pelos microrganismos em seus processos metabólicos.

De acordo com Andrade (2004) o sabor é a interação entre o gosto e o odor tornando a água palatável ou não. Pode não representar risco a saúde, porém é maior causa de reclamação. Pode ser indicativo da presença de substâncias nocivas.

Para Azevedo Netto e Botelho (1995) a presença de sólidos dissolvidos são os principais responsáveis pela coloração da água, podendo esta cor apresentar ou não risco à saúde; podendo, no entanto, por em questionamento sua confiabilidade. Já a turbidez se refere à presença de material em suspensão, que de acordo com Sperling (2005), além de esteticamente desagradável, podem servir de abrigo para microrganismos patógenos. Por esta razão, a Portaria nº 2914/2011 do MS é bastante restritiva com relação a este parâmetro. (BRASIL, 2011). A Figura 1 mostra os tipos de filtração e os contaminantes que podem ser separados em cada uma delas.

Figura 1 – Faixa de retenção de contaminantes em função dos processos de filtração



Fonte: Mancuso e Santos, (2003).

Desta forma, um filtro convencional pode reter boa parte de contaminantes comumente presentes em água bruta conforme sugerido por Mancuso e Santos (2003).

2.5 FILTRO DE AREIA

A primeira referência ao uso ao uso de filtros para o tratamento de águas ocorreu há aproximadamente 3.000 anos atrás na Índia. Vários tipos de filtros foram utilizados em pequena escala para a purificação de água. Há também alguns relatos antigos de clarificação de águas na China. (ABREU, 2009).

Há algumas controvérsias sobre o uso de filtros para a remoção de bactérias no século XIX, mas pode-se dizer que a utilização da filtração para prevenção de doenças foi demonstrada. Em 1892, uma epidemia de cólera abateu a cidade de Hamburgo, Alemanha, mas a cidade vizinha, Altona. Escapou da epidemia pois utilizava sistema de filtração em areia. (ABREU, 2009).

Até a década de sessenta, no Brasil os filtros costumavam ser operados com taxa de filtração constante menor que $120 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$, com meio filtrante composto exclusivamente por areia, a partir de pesquisas feitas especialmente nos EUA, passou-se a usar filtros de dupla camada, composta por areia e antracito, com taxas de filtração chegando a $360 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$. (ABREU, 2009).

Filtração é uma purificação em que a água escoar por um meio poroso, onde há remoção parcial do material suspenso e do material coloidal, redução da concentração de bactérias e mudanças nos seus constituintes químicos, resultando em uma água de melhor qualidade. (HUISMAN, 1974 apud ABREU 2009).

O meio filtrante comumente empregado nos filtros lentos é a areia fina e com espessura de camada variando de 0,8 m até 1,0 m. As mantas sintéticas também são empregadas como meio filtrante sob a espessura de 0,40 m, geralmente postas sobre a camada de areia de mesmas características granulométricas. (TEIXEIRA, 2002).

O ritmo de filtração nos filtros de areia lentos está controlado por gravidade somente, e isto, combinado com os pequenos espaços entre as partículas de areia, faz com que a água passe por estes espaços muito vagarosamente. A velocidade média de filtração está entre 0,1 e $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$, de modo que grandes superfícies de filtros são exigidas. (HELLER; PÁDUA, 2006).

Filtros lentos têm operação cara porque a camada de resíduos que fica retida na superfície de areia impede a drenagem, necessitando de limpeza por raspagem mecânica, após o esvaziamento do filtro. (ISHII, 2013)

Os filtros de areia rápidos contêm quartzo grosso (1 mm de diâmetro) como meio filtrante, são mais profundos (altura predominante entre 0,6 m a 1,0 m) e velozes (velocidades de 50 vezes as que se desenvolvem nos filtros lentos). O espaço vazio entre os grãos é comparativamente grande, permitindo que a água passe rapidamente com velocidade média de filtração de $5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ a $10 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$. Estes filtros são utilizados para águas previamente tratadas na coagulação e sedimentação, e são menos efetivos em reter sólidos muito pequenos. (HELLER; PÁDUA, 2006).

Devido a maior capacidade de carga, os filtros rápidos de areia são pequenos e mais compactos que os filtros lentos. A quantidade de água que passa através do filtro ao longo de sua operação vai diminuindo, devido ao bloqueio dos espaços vazios na areia pelos sólidos retidos. Logo, demanda-se parada para

execução de limpeza do filtro. Dependendo do projeto e das condições de filtração, essa limpeza é realizada com períodos distintos de frequência. A forma de limpeza é baseada em injeção de ar através da camada de areia para revolvê-la e liberar o material dos grãos; ao final, lavam-se os sólidos com água limpa em fluxo inverso. (HELLER; PADUA, 2006).

Diferentemente dos filtros rápidos de areia, os filtros lentos não podem ser limpos com fluxo inverso. A areia que foi eliminada no processo de limpeza de um filtro lento, por exemplo, deve ser repostada para manter a profundidade requerida pelo processo. Isto leva os filtros de areia lentos serem trabalhosos e operacionalmente mais caros que os rápidos.

2.5.1 Classificação do sistema de filtração

Segundo Abreu (2009) os sistemas de filtração podem ser classificados de várias maneiras. Sendo as principais quanto a taxa de filtração, relação ao material filtrante, sentido de escoamento e tipo de tratamento empregado.

2.5.1.1 Classificação quanto a taxa de filtração

Para Abreu (2009) a taxa de filtração depende da velocidade de escoamento da água no meio filtrante, podendo variar de altas taxas (velocidade de escoamento alta) para baixas taxas (velocidade de escoamento baixa). O autor ainda cita algumas variáveis que podem ser manipuladas para garantir uma melhor da água, entre estas a variação entre a taxa de aplicação ou taxa de filtração, que pode variar desde um valor mais elevado como $360 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ até valores na ordem de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$.

2.5.1.2 Classificação com relação ao material filtrante

Os filtros podem ser classificados segundo o material filtrante utilizado, quanto ao número de camadas dos mesmos, podendo ser de uma, duas ou três camadas, dependendo de sua concepção, os filtros de uma camada são compostos de areia ou antracito, enquanto os de dupla camada costumam utilizar esses dois materiais filtrantes em série. Os filtros de três camadas não são tão difundidos

quanto os anteriores e podem usar um terceiro material filtrante além dos já citados. (DI BERNARDO, 1993).

O conhecimento das características granulométricas dos materiais filtrantes é imprescindível para se projetar um sistema de filtração. A areia deve ser constituída de grãos essencialmente de quartzo, resultado da decomposição de rochas que contêm aproximadamente 99% de sílica. (ABREU, 2009).

Para filtros de camada dupla, composto por areia e antracito, Di Bernardo (1993), apresenta as características recomendadas para os materiais granulares.

Quadro 1 – Principais características do leito filtrante

CARACTERISTICA	AREIA	ANTRACITO
Espessura camada (m)	0,20 – 0,30	0,45 – 0,60
Tamanho do grão (mm)	0,42 – 1,41	0,59 – 2,00
Tamanho efetivo (mm)	0,40 – 0,60	0,90 – 1,10

Fonte: Di Bernardi (1993). Adaptado pelo Autor (2017).

2.5.1.3 Classificação quanto ao sentido do escoamento

A filtração descendente é a técnica onde a água, escoa através do meio filtrante em movimento descendente, dessa forma a filtração ocorre por ação da gravidade. A filtração ascendente, ao contrário, a água escoa de baixo para cima, necessitando de força propulsora. (ABREU, 2009).

Matsumoto (1987) fez uma comparação entre a filtração ascendente utilizando filtro de areia alimentado com taxas de filtração entre 120 e 280 m³/m²/dia com água previamente decantada. O autor observou que a qualidade da água filtrada, tanto do ponto de vista físico como bacteriológico, é superior para os filtros com fluxo descendente. No entanto, os filtros de fluxo ascendentes apresentam perda de carga menos acentuada. (MATSUMOTO, 1987 apud ABREU 2009).

2.5.1.4 Classificação em relação ao tratamento

No tratamento de águas para abastecimento costuma-se utilizar três diferentes concepções de projeto: estações convencionais, filtração direta ou filtração em linha. A filtração convencional é a mais difundida e nela ocorrem todas as etapas preliminares ao processo de filtração. Na filtração direta não há etapas de sedimentação, exigindo assim uma água de melhor qualidade. Há também a filtração em linha, onde inexistem as etapas de floculação e sedimentação. (ABREU 2009).

De acordo com Di Bernardo (1993), para produzir água tratada conforme os padrões de potabilidade deve-se incluir a etapa de filtração nas estações de tratamento de água. Segundo o autor, só assim é possível remover, em quase toda a sua totalidade, partículas suspensas e coloidais e microrganismos.

A filtração direta é uma alternativa ao tratamento convencional em ciclo completo, diferindo pelo fato de que todos os sólidos, tanto os que ocorrem na água quanto os que forem adicionados no decorrer das etapas de tratamento, devem ser removidos no interior do filtro. (YAPIJAKS, 1982 apud ABREU 2009).

Abreu (2009) afirmam que por esse motivo a filtração direta tem sido aplicada no intuito de remover turbidez de águas com baixa a moderada turbidez e baixa cor.

2.5.1.5 Comprometimento do sistema de filtragem

Para que se um sistema filtrante não seja comprometido, torna-se necessário que este mantenha sua capacidade filtrante ao longo do tempo, e sob um nível de integridade desejável. Nesse contexto, é importante que na etapa de dimensionamento do filtro haja cuidado especial com a escolha das suas características. (REMÍGIO, 2006).

O sistema pode ter seu desempenho comprometido pela ocorrência de entupimento dos vazios do meio filtrante, também denominado colmatação.

Segundo Ishii (2013), a retrolavagem é simples e prática, pois pode ser realizada apenas com a abertura de uma válvula, a água vai entrar em

contracorrente (por inversão de fluxo), com uma capaz de assegurar uma expansão eficiente.

Segundo Emmendoerfer (2006) retrolavagem é uma forma de limpeza que economiza tempo e conseqüentemente diminui o custo comparada a limpeza manual em que o meio filtrante é raspado, lavado e após várias limpezas retorna ao filtro

2.5.2 Dimensionamento de filtros rápidos de areia

Andrade (2004) apresenta um roteiro para dimensionamento de filtros rápidos de areia. Para o autor, a taxa de filtração a ser aplicada no projeto deve ser mantida entre:

Filtros de uma camada	120 a 360 m ³ /m ² dia
Filtros de dupla camada	240 a 480 m ³ /m ² dia

Com a taxa de filtração é possível se obter a área do filtro, sendo que o número de filtros necessários resulta da fórmula de Wallace e Merrill e descrita em Di Bernardo (1993). O autor sugere que o número mínimo de filtros a ser instalada em uma ETA deve ser 3, excepcionalmente 2 unidades.

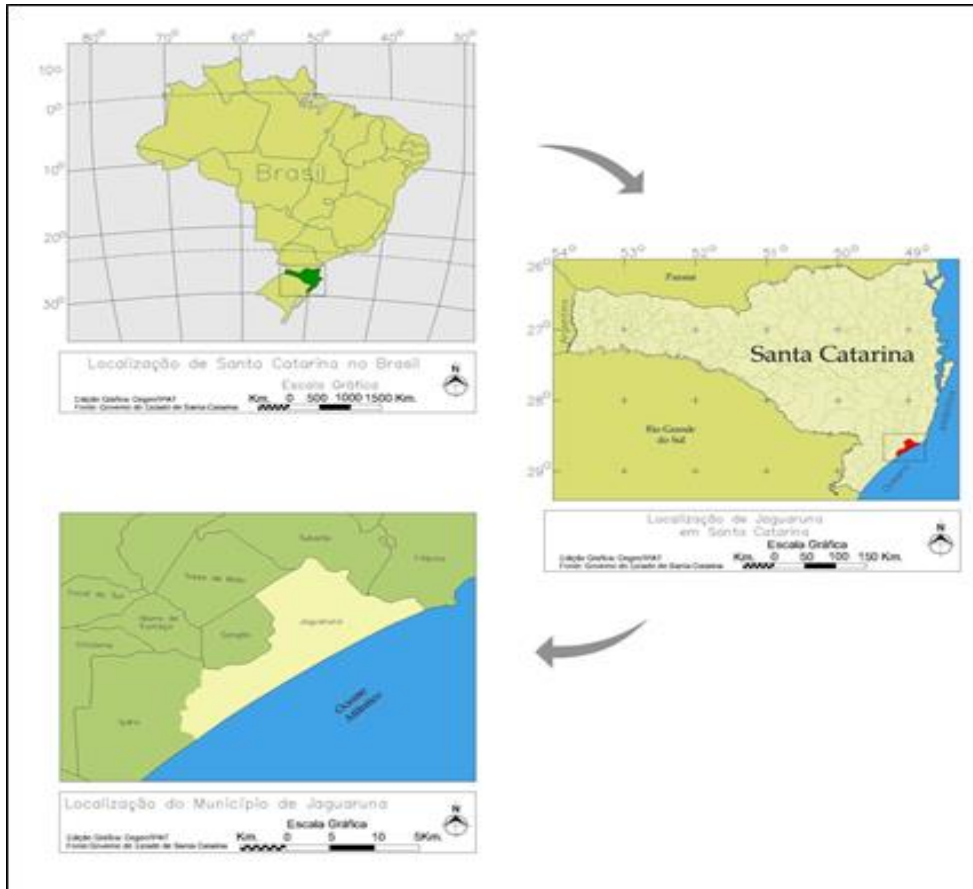
3 METODOLOGIA

A pesquisa terá como objetivo gerar novos conhecimentos para a instituição SAMAE Jaguaruna. O estudo será desenvolvido com uma abordagem quantitativa já que visa demonstrar por meio de dados numéricos a qualidade da água bruta da Lagoa do Arroio Corrente e da água tratada na ETA, além de adequar a Portaria 2.914/2011 e ao Plano Municipal de Saneamento Básico de Jaguaruna quanto ao dimensionamento Filtro Rápido de Dupla Camada, que serão objetos de uma pesquisa explicativa, este tipo de pesquisa explica o porquê das coisas através dos resultados encontrados.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Jaguaruna se localiza no Sul Catarinense, a 157 km da capital do Estado, Florianópolis. A sede do município de Jaguaruna está a 4 km da BR 101, no litoral sul catarinense, em latitude de 28°36'54" sul e longitude 49°01'32" oeste e altitude média de 12 metros. Jaguaruna tem principal acesso pela BR 101 e apresenta limites territoriais ao norte com os municípios de Tubarão e Laguna, ao sul com Içara, ao leste com Oceano Atlântico e ao oeste com Sangão e Treze de Maio. Conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Localização do município de Jaguaruna, SC



Fonte: (IPAT/UNESC 2014).

O município de Jaguaruna é conhecido pela quantidade de balneários em sua extensa costa: Camacho, Dunas do Sul, Garopaba do Sul, Paraíso, Nova Camburiú, Figueirinha, Arroio Corrente, Campo Bom, Esplanada, Copa 70, Janaína e Torneiro, divididos em 37,5 km de orla. Segundo IBGE (2010) o município tem uma população de 17.290 habitantes com uma estimativa em 2016 de 19.254, com uma área territorial de 328,347km² com densidade demográfica 52,49 habitantes por Km², e sua população chega a um pico de 150 mil pessoas na alta temporada de verão.

Pode se dizer que a economia de Jaguaruna é diversificada, com destaque para plantação de mandioca, melancia e arroz. No setor industrial se sobressai a cerâmica. Com PIB *per capita* de R\$ 19.222,19 reais. (IBGE 2014).

O bioma onde Jaguaruna se insere é classificado como Mata Atlântica, que compreende aproximadamente 1.110.182 km² ao longo de toda a Costa do País. É reconhecido como o mais descaracterizado dos biomas brasileiros, uma vez que sua área de abrangência tem a maior densidade populacional e a maior parte

das atividades econômicas do país. A Mata Atlântica abriga uma biodiversidade ímpar, assumindo importância primordial para o país. (IBGE, 2014).

Jaguaruna tem como cobertura vegetal original a Floresta Ombrófila Densa associada a áreas de restingas nas áreas onde o terreno é arenoso e sob influência marinha.

O clima é qualificado como subtropical úmido, sem estação seca, com verão quente, em torno de $>22^{\circ}\text{C}$ e no inverno, $>15^{\circ}\text{C}$ e $<18^{\circ}\text{C}$. A umidade relativa do ar pode variar de 81,7 a 82,4%. (ANDRADE, 2010).

Os meses mais chuvosos são janeiro, fevereiro e março, sendo os menos chuvosos os meses de maio, junho e julho. A precipitação pluviométrica anual na região varia entre 1.220 a 1660 mm, possuindo um total anual de dias de chuva entre 98 e 150, com os menores valores ocorrendo na porção litorânea e os mais altos na Serra Geral. (SÖNEGO, 2002).

Além disso, Jaguaruna dentro da geomorfologia se classifica como Campos de Dunas, e devido ao fato de se encontrar na orla marítima, possui baixa amplitude térmica com ventos de todos os quadrantes, onde predominam ventos nordeste e sul. (FERNANDES, 1998).

A prestação de serviços de abastecimento de água na sede urbana de Jaguaruna é feita através do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, autarquia municipal criada pela Lei nº 240 de 14.06.1979. Na região litorânea desde Balneário Dunas do Sul até Balneário Torneiro, o serviço de abastecimento de água é feito através de cinco concessionárias de SAA: Águas de Jaguaruna, Água Pura Campo Bom Ltda., Distribuidora Água Esplanada, Águas Lago Azul, Sinara Melo ME. A prestação de serviços em Sistemas de Esgotamento Sanitário no município é inexistente. (IPAT/UNESC 2014).

O SAMAE conta com um laboratório para medir pH, turbidez, efetuando os testes complementares anualmente em laboratório terceirizado. Nos anos de 2015 e 2016 foi transferido a terceiros a responsabilidade de tratamento, distribuição, cobrança e corte ligações de água da ETA II – Garopaba do Sul e ETA III Lagoa da Encantada para atendimento das localidades de Garopaba do Sul e Camacho, ficando sobre responsabilidade do SAMAE a ETA I que capta água na Lagoa do Arroio Corrente.

A ETA I é responsável por abastecer aproximadamente 2900 residências em nove bairros do município.

3.1.1 Estação de tratamento de água

A Lagoa do Arroio Corrente fica a 7,5 km da sede do município e a 1,4 km da orla marítima, a ETA I é responsável pelo abastecimento de aproximadamente 60% da população urbana do município.

O reservatório de captação fica a jusante das diversas nascentes do manancial, separada da lagoa por um talude artificial onde a água preenche um reservatório por gravidade através de tubos DN 250mm controlados por comportas manuais. O reservatório está conectado a cisterna de alimentação da ETA por tubos DN 180e 150 mm com desnível de cota aproximada de 1.5 metros e 15 metros de distância. (IPAT/UNESC 2014).

A ETA I está localizada nas coordenadas geográficas UTM 693429 L e 6827010 N, Latitude 28°40'11,56" e Longitude 49°01'14,93", e abrange cerca de 0,6 ha da área de APP Área de Preservação Permanente da lagoa. A Figura 3 mostra a localização da ETA 1 e a Lagoa do Arroio Corrente, enquanto que na Figura 4 é possível observar o reservatório e a Casa de Tratamento.

Figura 3 – Localização ETA I - Lagoa do Arroio Corrente.



Fonte: Google Earth (2017). Adaptado pelo Autor (2017).

Figura 4 – Reservatório e casa de tratamento



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

3.1.2 Processo de tratamento

O processo tratamento utilizado pelo SAMAE de Jaguaruna na ETA é descrito como tratamento simplificado com desinfecção simples com a utilização de Hipoclorito de Sódio – NaClO , ajuste de pH com cal hidratada – Ca(OH)_2 e fluoretação utilizando Fluorsilicato de Sódio.

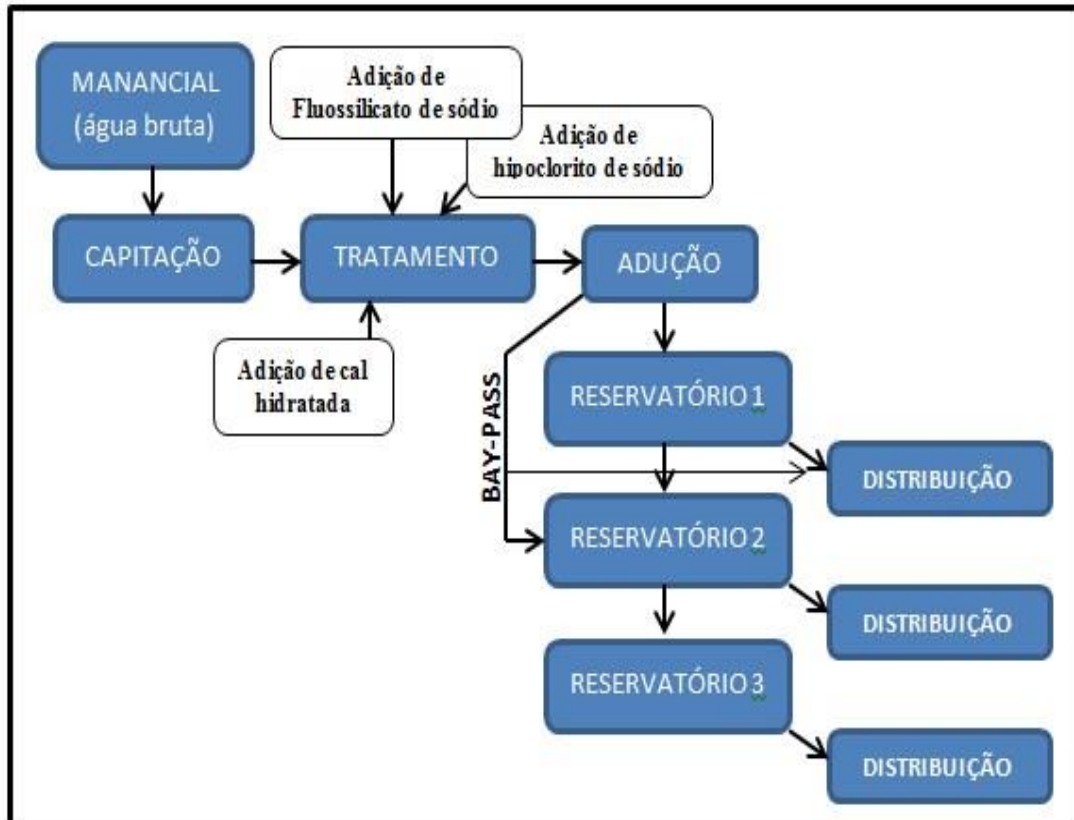
Segundo Heller e Pádua (2006) o hipoclorito de sódio (NaClO), é utilizado na desinfecção da água e também como um oxidante para substâncias orgânicas e inorgânicas eventualmente presentes. Com tudo, os autores reforçam que a principal função da cloração é a eliminação de microrganismos causadores de doenças, garantindo também a qualidade da água nas redes de distribuição e nos reservatórios.

A cal hidratada (Ca(OH)_2) é conhecida pelo seu poder de alcalinidade e é utilizada em quantidade dosada para ajustar o pH de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação para consumo humano, além de prevenir desgaste nas tubulações e peças do sistema. (NUNES, 2013)

A água é fluoretada, essa etapa consiste na aplicação de uma dosagem de um composto de flúor (fluorsilicato de sódio). Esse composto reduz a incidência da cárie dentária, especialmente no período de formação dos dentes, que vai da

gestação até a idade de 15 anos. A Figura 5 apresenta a sequência dos processos realizados na ETA I.

Figura 5 – Fluxograma das etapas adotadas na ETA I



Fonte: Nunes (2013).

A captação da água bruta é realizada em um reservatório natural (Figura 6a), sendo levada até a casa de máquinas onde é homogeneizada através de uma bomba centrífuga de 50 CV (com uma unidade reserva de 30 CV) com capacidade de vazão aproximada de $39 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, havendo recalque da água tratada para reservatório 1 (R1) de 500 m^3 conforme (Figura 6b). Este reservatório fica a aproximadamente 25 metros em relação a lâmina d'água do reservatório natural com distancia aproximada de 1,5 km da captação.

Pelo fato do manancial possuir água de boa qualidade, sem presença de metais e outros compostos com potencial poluidor, a ETA dispensa um tratamento convencional contando com um tratamento simplificado para sua adequação Portaria n ° 2914/2011.

O processo de tratamento consiste em sedimentação natural de sólidos grosseiros e com características arenosas, o que ocorre ainda no reservatório

natural, e adução até uma cisterna onde são dosados os produtos químicos, obedecendo-se a sequência e quantidades a seguir relatadas:

a) Suspensão de cal hidratada para ajuste de pH próximo a 7, sendo preparada a partir de 20 kg de Ca(OH)_2 em tanque de 500 litros, com dosagem por bomba dosadora;

b) Hipoclorito de sódio para desinfecção, ajustando residual de cloro em 1,5 mg/L e sendo preparado a partir de 30 litros de solução do produto químico em tanque de 500 litros, com dosagem por bomba dosadora e;

c) Fluorsilicato de sódio para fluoretação, ajustando residual de flúor em 0,7 mg/L, sendo preparado a partir de 2 kg de produto químico em tanque de 500 litros com dosagem por bomba dosadora.

Figura 6 – Reservatórios da ETA I, onde a) reservatório natural de água bruta; b) reservatório 1 de água tratada



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

A adução de água tratada para a área urbana (Sede do município) pode ser feita por gravidade através do “Reservatório 1” (período de menor demanda) ou diretamente por recalque da bomba (período de maior demanda) em adutora de DN 200 mm, havendo na distribuição uma redução de bitola para DN 180 e DN 110 mm. A vazão média é de 30 L/s para atendimento da demanda diária.

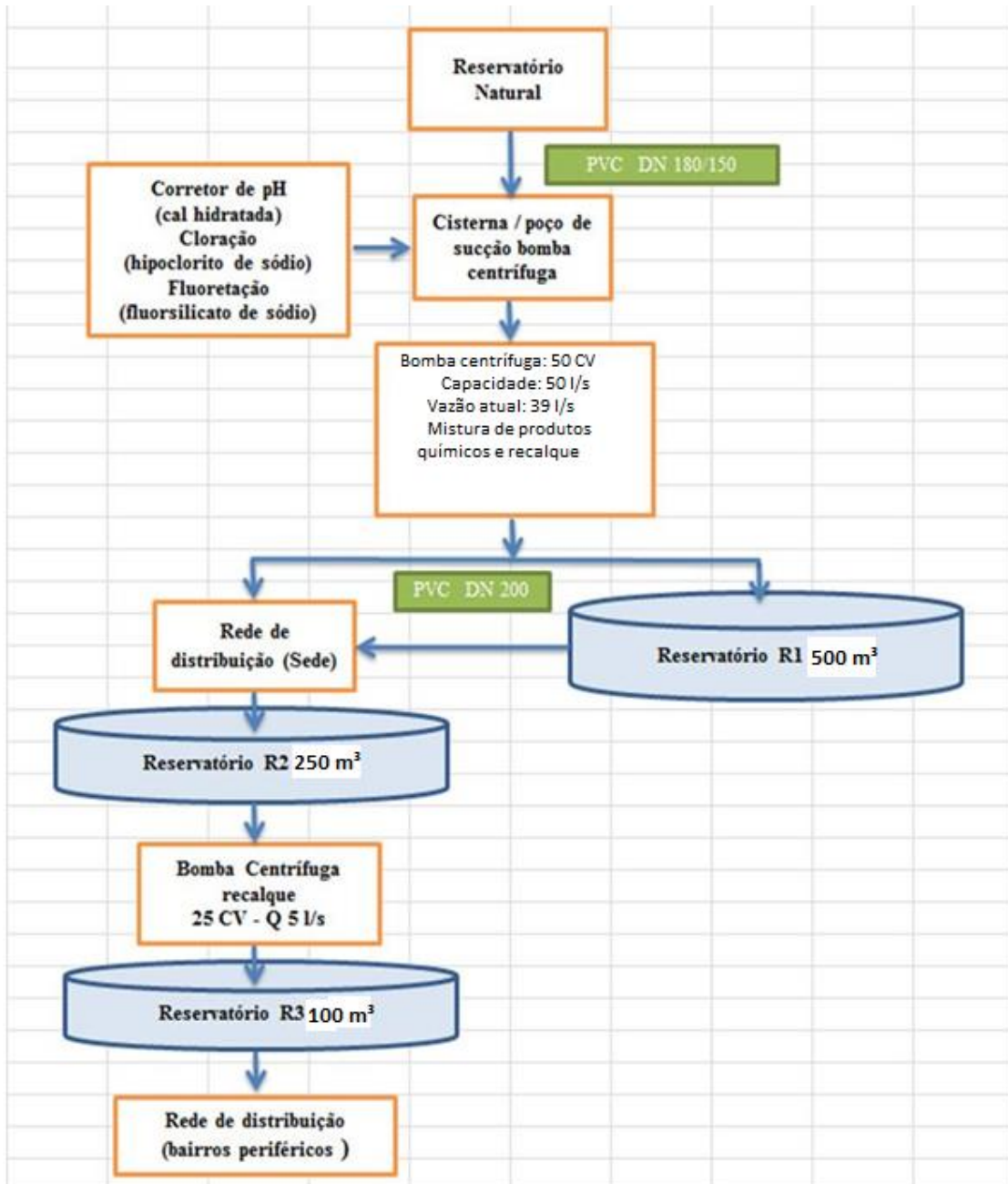
Um sistema de válvulas em by-pass alterna adução por gravidade do “Reservatório I” (menor pressão na rede) ou adução por recalque diretamente da bomba (maior pressão na rede). (JAGUARUNA, 2017).

A rede de distribuição do SAMAE tem aproximadamente 70 km de extensão, atendendo os bairros Arroio Corrente, Riachinho, Centro, Encruzo, Costa

da Lagoa, Boa Vista, Porto Vieira, Morro Azul e Sanga Grande, havendo na distribuição reduções de bitola para DN 180 e DN 110, e também atendendo o Reservatório 2 com vazão de 5 L.s^{-1} no Morro da Cruz que consiste em 10 caixas de 20 m^3 e uma caixa de 50 m^3 coligadas com capacidade total de 250 m^3 com diferença de cota de 27 metros em relação ao Reservatório 1. Bomba de recalque 25 CV e vazão 30 L.s^{-1} do Reservatório 2 através de adutora DN 85 atende Reservatório 3, consistindo em 1 tanque com capacidade de 100 m^3 , com cota de 85 metros de altitude, atendendo bairros mais periféricos através de adutora por gravidade DN 110. Água tratada é encaminhada para três reservatórios R1, R2, R3 com capacidade para 500 m^3 , 250 m^3 e 100 m^3 . (JAGUARUNA, 2017).

O fluxograma apresentado na Figura 7 detalha as etapas de captação, adução de água bruta, tratamento, adução por recalque, distribuição e reservação.

Figura 7 – Fluxograma ETA I Lagoa do Arroio Corrente



Fonte: (IPAT/UNESC 2014). Adaptado pelo Autor (2017).

3.1.2.1 Dados técnicos da ETA I

A Tabela 1 apresenta os equipamentos e dados técnicos da ETA.

Tabela 1 – Dados técnicos da ETA

Descrição	Parâmetro de projeto
Tamanho do pátio:	0,6 ha
Tamanho da casa de máquinas:	30 m ²
Tamanho do reservatório natural:	590 m ²
Temperatura média do manancial:	18 °C
Fonte de energia:	Gravitacional e Elétrica
Potência da Moto Bomba:	50 cv
Fabricante do motor:	WEG
Fabricante da Bomba	REFAGA
Quantidade de Moto Bomba:	02
Tipo de dosadora:	Diafragma
Fabricante da dosadora:	GUARUJA
Quantidade de dosadora:	02
Fabricante/Fornecedor do hipoclorito de sódio:	Química Maragno
Fabricante/Fornecedor do fluorssilicato de sódio:	Química Maragno
Fabricante/Fornecedor da cal hidratada:	Química Maragno

Fonte: Nunes (2013). Adaptado pelo Autor (2017).

3.2 DIMENSIONAMENTO DO FILTRO RÁPIDO DE AREIA

Será dimensionado um filtro rápido de areia com dupla camada, adotando-se como parâmetro de projeto as recomendações utilizadas por e Di Bernardo (1993), Teixeira (2002); Andrade (2004); Heller e Pádua (2006); Cantusio Neto, Santos e Franco, (2008); Abreu (2009).

Desta forma, a taxa de filtração foi mantida entre 240 a 480 m³/m²dia, conforme recomendado por Abreu (2009) e a área de filtração calculada a partir da equação:

$$A = \frac{Q}{TAS} =$$

Onde Q representa a vazão a ser tratada e TAS a taxa de filtração selecionada.

A projeção do número de filtros necessários pode ser feita usando a fórmula de Wallace e Merrill citada por Di Bernardo (1993), segundo a equação:

$$n = 1,5 \cdot \sqrt{c}$$

Onde:

C é a quantidade de água filtrada em milhões de litros

n representa o número de unidades projetadas, sendo que o número mínimo de filtros deve ser 3, excepcionalmente 2.

Recomenda-se a utilização de filtros com seção retangular e suas dimensões finais em planta (largura e comprimento) são estabelecidos tendo em vista a economia de paredes, isto é, as condições de custo mínimo (ABREU, 2009). Quando se têm vários filtros contíguos, o custo mínimo corresponde à seguinte relação;

$$\frac{B}{L} = \frac{n + 1}{2 \cdot n}$$

Onde B e L representam, respectivamente, a largura e o comprimento do filtro; e “n” é o número de unidades projetadas ou número de filtros a ser instalado.

Andrade (2004) traz algumas recomendações referentes à espessura das camadas e altura total ou da caixa do filtro. A profundidade ou altura total do filtro, também denominada “altura da caixa do filtro” resulta da soma dos valores das camadas adotadas.

A Tabela 2 mostra as recomendações do autor, destacando-se as dimensões mais utilizadas.

Tabela 2 – Dimensões recomendadas e usuais para projeto de filtros rápidos de areia

Descrição	Dimensões recomendadas	Dimensões usuais
altura livre adicional (borda)	0,25 a 0,50 m	(0,50m)
altura de água sobre o leito filtrante		
a) filtros de areia	1,40 a 2,40m	(1,60m)
b) filtros de antracito e areia	1,80 a 2,40m	(2,20m)
altura do leito filtrante		
camada única de areia	0,60 a 0,80m	(0,70m)
dupla camada		
antracito (carvão mineral)	0,45 a 0,70m	(0,70m)
areia	0,15 a 0,30m	(0,30m)
camada pedregulho	0,30 a 0,70m	(0,70m)

Fonte: Andrade (2004).

Andrade (2004) recomenda ainda que a altura mínima do fundo falso deverá ser $\geq + 0,25\text{m}$; e o diâmetro da tubulação de água para lavagem (D) deverá ser $\geq 0,50\text{m}$.

Di Bernardo (1993) recomenda a granulometria do material para compor a camada filtrante, sendo adotada para antracito a granulometria média de 0,90mm e para a areia quartzosa a granulometria entre 0,4 e 0,5mm. O autor recomenda ainda a composição da camada suporte de pedregulhos disposta em de cinco subcamadas:

Quadro 2 – Composição da camada suporte de pedregulhos

Tamanhos	Espessuras	Tamanhos	Espessuras
4,8 a 2,4 mm	15,0 cm	12,5 a 4,8 mm	15,0 cm
19,0 a 12,5 mm	20,0 cm	38,0 a 19,0	20,0 cm
63,0 a 38,0 mm	35,0 cm	(espessura total =	70,0 cm)

Fonte: Di Bernardo (1993).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A Tabela 3 descreve a média feita sobre 5 coletas efetuadas entre os meses de novembro e dezembro de 2016 dos parâmetros físicos químicos e bacteriológicos da água do manancial da Lagoa do Arroio Corrente. As amostras foram obtidas no reservatório natural e após a cloração (água tratada). Os dados coletados são comparados aos padrões estabelecidos na Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

Tabela 3 – Comparação da qualidade da água no reservatório, água tratada e padrões estabelecidos para potabilidade segundo Portaria 2914/2011.

Parâmetros ou indicadores de qualidade	Unidade	Reservatório Natural	Água Tratada	Padrões de potabilidade (Port.2914/2011)
pH	-	6,93	6,54	6,0 a 9,5
Sólidos Dissolvidos	mg/L	42,53	57,04	1000
Sulfatos	mg/L	3	2	250
Ferro Total	mg/L	<0,1	0,06	0,30
Manganês Total	mg/L	<0,051	0,100	0,10
Zinco Total	mg/L	<0,045	0,08	5,0
Cobre Total	mg/L	<0,008	<0,008	2,0
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	< 0,002	0,05	0,05
Dureza Total	mg/L	10,47	6,01	500
Cloretos	mg/L	23,37	25,36	250
Fluoreto	mg/L	<0,1	0,09	1,50
Alumínio Total	mg/L	0,082	0,039	0,20
Chumbo	mg/L	<0,01	<0,01	0,01
Sódio	mg/L	12,87	17,97	200
Cádmio Total	mg/L	<0,001	<0,001	0,005
Nitrogênio Nitrato	mg/L	2,3	0,7	10
Coliformes Totais	NMP/100mL	920	0,00	ausente
Escherichia coli	NMP/100mL	93,00	0,00	ausente
Turbidez	NTU	1,29	1,23	5,0
Cloro Residual	mg/L	0,01	0,63	0,20 a 2,00
Cor	Pt-Co	4,3	3,8	15

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Verifica-se com os dados de análise laboratorial, que a qualidade da água bruta ou apenas com a sedimentação natural das partículas mais grosseiras, no caso, partículas de areia, encontra-se de acordo com o que estabelece a Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde com relação aos parâmetros físicos químicos para fins de potabilidade.

Contudo, na água bruta no que se refere à contaminação bacteriológica, os dados demonstram a necessidade de se realizar a desinfecção, uma vez que os organismos do tipo coliformes e termotolerantes se encontram presentes.

Com relação à turbidez, os dados demonstraram que após a sedimentação do material grosseiro, este parâmetro se encontra em conformidade com o valor máximo permitido pela Portaria, porém, aquém do valor considerado ideal que é de 0,5NTU, conforme exposto no artigo 24 da Portaria nº 2914/2011.

A importância dada ao parâmetro turbidez se deve, entre outros, ao fato de que partículas sólidas em suspensão na água podem abrigar colônias de bactérias e outros microrganismos indesejáveis. Esta é uma das razões que leva a Portaria 2914/2011 a exigir dos sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano, que “as águas provenientes de manancial superficial devem ser submetidas a processos de filtração”, conforme descreve o parágrafo único do artigo 24.

Para adequação ao estabelecido, o Plano Municipal de Saneamento Básico elaborado pelo IPAT/UNESC (2014) recomendou a instalação de processos de filtração de forma a complementar o tratamento simplificado adotado pelo SAMAE.

Neste caso, o processo de filtração rápida de dupla camada é o mais adequado (IPAT/UNESC, 2014).

A implantação do filtro de dupla camada com areia e antracito, reduzirá a turbidez de 1,23 NTU para valores menores que 1,0 podendo alcançar 0,5 NTU, conforme já observado em filtro já instalado no município.

4.1 DIMENSIONAMENTO DO FILTRO RÁPIDO

Com base nas recomendações das referências bibliográficas consultadas, optou-se por dimensionar um sistema de filtração com unidades de filtros rápidos de fluxo descendente, de dupla camada e com leito misto de areia e antracito, dotado de fundo falso com difusores.

Taxa de filtração adotada: $240\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$

Vazão atual de água tratada: 39 L.s^{-1}

Vazão de projeto: 50 L.s^{-1} ou $4320\text{ m}^3/\text{dia}$

Área superficial de filtração: 18 m^2

Número de células filtrantes adotadas: 2 células filtrantes em paralelo

Área superficial de cada unidade de filtração: 9 m^2

Serão adotadas unidades filtrantes retangulares, conforme recomendado por Andrade (2004).

Comprimento da unidade de filtração (L): 4,5 m

Largura (B): 2,0 m

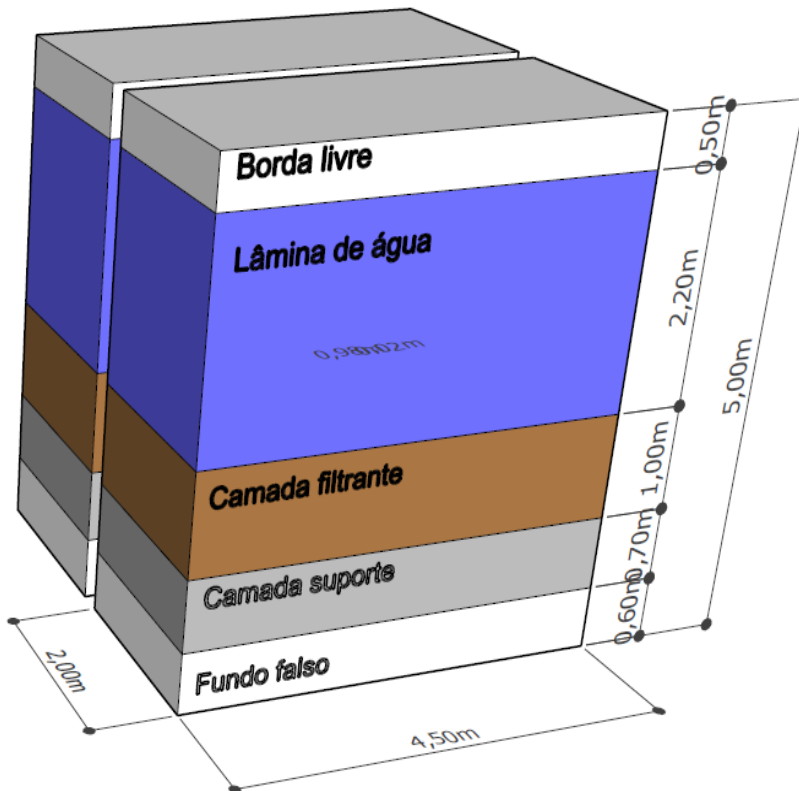
Com base nas recomendações do Andrade (2004), foram estabelecidas as camadas filtrantes e demais seções que determinam a altura da caixa do filtro, conforme tabela 4.

Tabela 4 – Dimensionamento das camadas que compõe o filtro rápido de dupla camada projetado:

Descrição	Altura em metros
Borda livre	0,5
Lâmina de água sobre o leito filtrante	2,2
Espessura da camada de areia	0,3
Espessura da camada de antracito	0,7
Espessura da camada suporte	0,7
Altura do fundo falso	0,6
Altura total ou da caixa do filtro	5,0

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

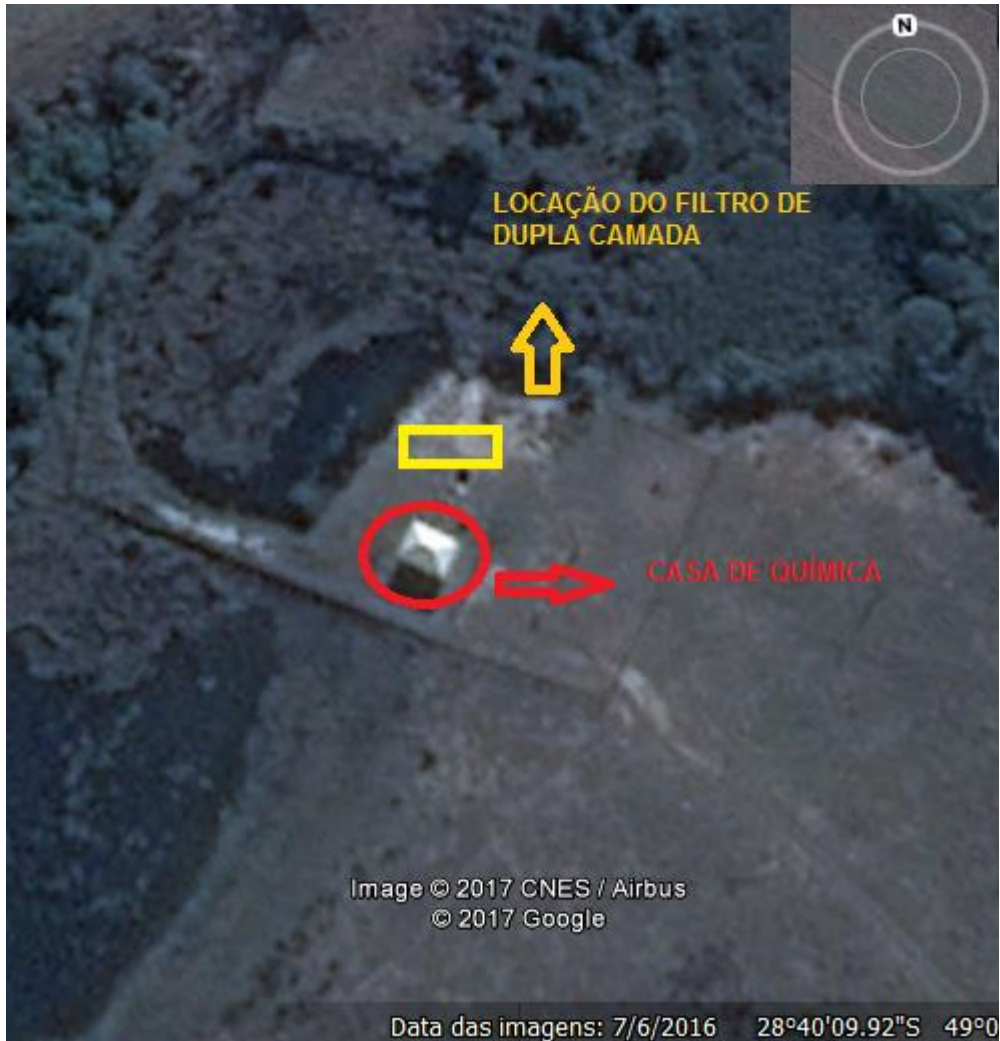
Figura 8 – Composição da altura da caixa do filtro rápido de dupla camada



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

A Figura 9 ilustra o local de instalação dos filtros de dupla camada na área da ETA, estando na saída do reservatório natural antes da entrada da casa de química.

Figura 9 – Local de instalação dos filtros de dupla camada na área da ETA.



Fonte: Google Earth (2017). Adaptado pelo Autor (2017).

4.1.1 Quantitativos para a distribuição de fundo e camadas suporte e filtrante

Ainda se faz necessária a adoção de dispositivos difusores de fluxo a serem instalados no fundo do filtro de forma a propiciar o seu bom funcionamento, bem como facilitar o processo de limpeza.

Densidade de difusores de fundo: 30 peças / m²

Quantidade de difusores para 18 m²: 540 peças

Volume de brita com tamanho variado para a camada suporte: 14,50 m³

Volume de areia quartzosa: 6,20 m³

Volume de antracito: 14,50 m³

Coefficiente de segurança adotado nos volumes: 15%

4.1.2 Operação e manutenção do filtro rápido

Há duas condições para se determinar a necessidade de limpeza ou retrolavagem do filtro, existindo, também, dois critérios para a escolha do filtro a ser lavado:

- a) Quando o nível de água atingir certo limite, lava-se o filtro que estiver operando há mais tempo;
- b) Se houver controle de turbidez na água filtrada, lava-se o filtro que apresentar pior resultado.

Os filtros rápidos são lavados com inversão de fluxo ou retrolavagem, com velocidade ascensional mantida constante em 90 centímetros por minuto. A água em contra fluxo é vertida por uma tubulação que conduz até o fundo falso, e numa vazão controlada de forma a assegurar uma expansão adequada para o meio filtrante.

Considerando a altura da caixa do filtro de 5,0 metros, estima-se o tempo de lavagem de cada unidade de filtração em torno de 4,5 minutos.

As impurezas são conduzidas com o fluxo ascendente e são coletadas nas calhas localizadas na parte superior da caixa do filtro.

4.1.3 Avaliação do Sistema

Há no município de Jaguaruna uma ETA que já utiliza esse processo de filtração rápida com filtro de areia de dupla camada, ela está localizada no bairro de Garopaba e atende Garopaba e Camacho, a mesma se encontra em operação por empresa terceirizada. O filtro entrou em operação há aproximadamente 10 meses.

Os dados de turbidez até então obtidos nesta estação demonstram que a turbidez da água bruta reduziu de 1,2 a 1,7 NTU para 0,2 a 0,4 NTU na água filtrada.

5 CONCLUSÃO

A ETA da Lagoa Corrente é a unidade responsável pelo abastecimento de água da parte central do município de Jaguaruna atendendo aproximadamente 60% da população urbana do município sendo aproximadamente 2.900 casas divididas em 9 bairros.

A água bruta deste manancial é de boa qualidade, necessitando de tratamento simplificado para torná-la potável. O processo de tratamento utilizado pelo SAMAE conta com uma sedimentação de sólidos grosseiros (areia) no reservatório natural e uma desinfecção simples com a utilização de hipoclorito de sódio – NaClO, correção de pH com auxílio de cal hidratada - Ca(OH)₂ e adição de flúor com Fluorsilicato de Sódio. A vazão de água tratada é de 39 L.s-1.

O Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água, que é parte integrante do Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Jaguaruna, sugeriu a instalação do processo de filtração de água em atendimento ao art. 24, parágrafo único da Portaria nº 2914/2011.

O filtro dimensionado é do tipo rápido de dupla camada (areia e antracito), sendo projetado para uma vazão de 50 L.s-1, para atender parte da demanda futura. Será instalado após o reservatório que atua também como um decantador de partículas mais grosseiras. A área filtrante foi dividida em duas células, que funcionarão como filtros independentes ou em paralelo. Cada célula terá 2 m de largura por 4,5m de comprimento. A altura total da caixa do filtro será de 5 metros com capacidade de filtrar 4.320 m³/dia de água da lagoa do Arroio Corrente.

A instalação do mesmo já foi sugerida no Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Jaguaruna, mesmo sendo constatada a boa qualidade da água do manancial. O processo de filtração reduz a turbidez para valores que podem chegar a menos que 0,5 NTU, conforme situação semelhante observada na ETA de Garopaba. Valores de turbidez menores que 1,0 NTU são considerados ideais para se garantir água de boa qualidade a ser servida à população.

Recomenda-se ao SAMAE autarquia do município responsável pelo tratamento e distribuição da água da Lagoa do Arroio Corrente a instalação dos filtros em atendimento às recomendações da Portaria 2.914/2011 e ao Plano de Saneamento do Município.

Por fim, com a conclusão deste trabalho, percebe-se a boa qualidade do manancial do Arroio Corrente, que em princípio tem qualidade e quantidade suficiente para atender parte da população de Jaguaruna, no entanto, cabe algumas recomendações para estudos futuros e políticas a serem adotadas para a preservação deste manancial, entre estas destacam-se a ordenação e restrição do uso da APP da Lagoa do Arroio Corrente e o estudo da capacidade de recarga deste manancial, de forma a garantir que a vazão de captação seja inferior a de recarga o que poderia colocar em risco a manutenção do sistema.

REFERÊNCIAS

- ABREU, B. S. **Comportamento de filtros rápidos de camada profunda no tratamento de águas de abastecimento mediante o emprego de polímeros como auxiliares de filtração**. 2009. 317 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: < www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde.../Tese_Doutorado_Final.pdf >. Acesso em: 18 mar. 2017.
- ANDRADE, A. R. **Articulações entre o clima urbano e o clima regional: uma abordagem a partir da análise de Irati e Guarapuava/PR**. 2010. 268 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2010. Disponível em: <http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/24084/Tese_Aparecido%20Ribeiro%20de%20Andrade.pdf;jsessionid=9CD601D25A4CEB2388FF281112FDA851?sequence=1>. Acesso em: 30 abr.
- ANDRADE, J. B. **Notas de Aula: saneamento básico sistema de abastecimento de água**. Goiás, 2004. Apostila da disciplina Saneamento Básico do curso de Engenharia Civil.
- AZEVEDO NETTO, J. M.; BOTELHO, M. H. C. Manual de saneamento de cidades e edificações. São Paulo: PINI, 1995.
- BASSOI, L. J.; GUAZELLI, M. R. Controle Ambiental da água. In: PHILIPPI Jr, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. Barueri: Manole, 2004. p. 53-99.
- BLACK, J. G. **Microbiologia fundamentos e perspectivas**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.
- 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. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em: 12 mar. 2017.
- _____. **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. 2011. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria_MS_2914-11.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2017.
- CANTUSIO NETO, R.; SANTOS, L. U.; FRANCO, R. M. B. Águas: escassez e qualidade. **Rev. Higi. Alimentar**. São Paulo: v. 22, n. 1, p.3-4, 2008.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2005.

DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 1993.

EMMENDOERFER, M. L. – **Filtração Lenta com retrolavagem para propriedades rurais de uso familiar**. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

ISHII, M. M. – **Filtração Lenta com retrolavagem para tratamento de água de abastecimento**. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

FERNANDES, E. M. **Içara nossa terra nossa gente**. Içara: Ed. Da autora, 1998.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Minas Gerais: UFMG, 2006.

IBGE. **Jaguaruna**: Pip percapta. 2014. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/sc/jaguaruna/panorama>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

JAGUARUNA. Prefeitura Municipal. UNESCO. **Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB e de Gestão integrada de Resíduos Sólidos – PGIRS**: diagnóstico do sistema de abastecimento de água. Criciúma: IPAT; IPARQUE, 2014.

JAGUARUNA. **Serviço autônomo municipal de água e esgoto**: dados técnicos. Jaguaruna: SAMAE, 2017. [mensagem pessoal].

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2005.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reuso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003. 579 p. (Coleção Ambiental).

MATSUMOTO, T. **Comparação entre a filtração ascendente e descendente de água decantada utilizando areia como meio filtrante**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo. São Carlos, 1987.

NUNES, T. P. **Estudo de conformidade ambiental**: estação de tratamento de água, Arroio Corrente, município de Jaguaruna – SC. 2013. 106 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, SC, 2013.

PATERNIANI, J. E. S.; CONCEIÇÃO, C. H. Z. Eficiência da Pré-filtração e filtração lenta no tratamento de água para pequenas comunidades. **Eng. Ambient.**, Espírito Santo do Pinhal, v.1, n.1, p. 17-24, jan./dez., 2004.

ROCHA, J. C. **Introdução a química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

REBOUÇAS, A. C. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras, 2004.

REMÍGIO, A.F.N. **Estudo da colmatção biológica de sistemas filtro drenantes sintéticos de obras de disposição de resíduos domésticos urbanos sob condições anaeróbicas**. 2006.108 f. Tese (Doutorado) - Universidade e Brasília, Brasília, DF, 2006.

RIBEIRO, S. A. M. **Interdisciplinaridade e transdisciplinaridade na mudança do paradigma instrumental do uso da água**. 2012. 179 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/11427/1/2012_SergioAugustodeMendon%C3%A7aRibeiro.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2017.

SETTI, A. A. et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2 ed. Brasília, DF: ANA/ANEEL, 2001.

SÔNEGO, E. **Pioneiro... também!**. Florianópolis: Do autor, 2002.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2005.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de textos, 2000.

TEIXEIRA, C. P. A. B. **Estudo comparativo de tipos diferentes de processos oxidativos avançados**. 2002. 165 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000255921>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

TELLES, D. D.; DOMINGUES, A. F. Água na agricultura e pecuária. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Água doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 325-364.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre. Editora da UFRGS. 2006.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI, enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, 2003.