

**NATHALIA FERRAZ CARNEIRO
NAYARA FERNANDES BRANGIONI ROSSALES**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA SUBSTITUIÇÃO DE
DECANTADORES CONVENCIONAIS POR
DECANTADORES DE ALTA TAXA.**

São Carlos

2019

**NATHALIA FERRAZ CARNEIRO
NAYARA FERNANDES BRANGIONI ROSSALES**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA SUBSTITUIÇÃO DE DECANTADORES
CONVENCIONAIS POR DECANTADORES DE ALTA TAXA.**

**Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Curso de Graduação de
Engenharia Civil do Centro Universitário
Central Paulista, como requisito para a
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil.**

**Orientadora: Profa. Dra. Ivana Ribeiro de
Nardi.**

São Carlos

2019

AGRADECIMENTOS

Á Deus, em primeiro lugar, por nos permitir vivenciar e chegar a esse momento, por nos dar discernimento para passar por todos os obstáculos durante os anos de curso.

Agradecemos nossos pais, marido/namorado, amigos, professores, orientadora e todos aqueles que nos ajudaram direta ou indiretamente a concluir este trabalho, todos que nos deram suporte e tiveram paciência conosco durante esse período.

“A sabedoria é um adorno na prosperidade e um refúgio na adversidade”

- Aristóteles

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE FIGURAS | 6 |
| RESUMO | 7 |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA | 2 |
| 1.2 OBJETIVO..... | 3 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 4 |
| 2.1 A ÁGUA..... | 4 |
| 2.2 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA | 5 |
| 2.3 ETAPAS CONSTITUINTES DE UMA ETA..... | 6 |
| 2.3.1 COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO | 6 |
| 2.3.2 DECANTAÇÃO | 7 |
| 2.3.2.1 DECANTADORES CONVENCIONAIS..... | 8 |
| 2.3.2.2 DECANTADORES DE ALTA TAXA | 9 |
| 2.3.3 FILTRAÇÃO | 12 |
| 2.3.4 CLORAÇÃO, FLUORETAÇÃO E CORREÇÃO DO PH | 13 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS | 14 |
| 3.1 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE SÃO CARLOS | 15 |
| 4. RESULTADOS | 18 |
| 4.1 DIMENSIONAMENTO DE DECANTADOR DE ALTA TAXA..... | 18 |
| 4.1.1 INTUITO DO ESTUDO..... | 18 |
| 4.1.2 REQUISITOS BÁSICOS | 18 |
| 4.1.3 CÁLCULOS | 19 |
| 4.1.3.1 PARÂMETROS DE PROJETO | 19 |
| 4.1.4 BENEFÍCIOS E DESVANTAGENS | 30 |
| 5. CONCLUSÃO | 31 |
| REFERÊNCIAS | 32 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| FIGURA 1. A Água no Planeta | 4 |
| FIGURA 2. Decantador Convencional..... | 9 |
| FIGURA 3. Decantador de Alta Taxa | 10 |
| FIGURA 4. Decantador de Alta Taxa em construção..... | 11 |
| FIGURA 5. Decantador de Alta Taxa em funcionamento | 11 |
| FIGURA 6. Sistema de tratamento de água de São Carlos, SP | 16 |
| FIGURA 7. Estação de Tratamento de Água de São Carlos | 17 |
| FIGURA 8. Disposição das Placas | 19 |
| FIGURA 9. Disposição das Placas Pararelas | 22 |
| FIGURA 10. Dimensões do Poço de Lodo..... | 22 |
| FIGURA 11. Poço de lodo | 23 |
| FIGURA 12. Características do Poço de Lodo | 23 |
| FIGURA 13. Dimensões do Decantador de Alta Taxa | 24 |
| FIGURA 14. Posicionamento das Calhas | 28 |
| FIGURA 15. Detalhes do Decantador de Alta Taxa..... | 28 |
| FIGURA 16. Alturas do Decantador de Alta Taxa | 29 |

RESUMO

ESTUDO DE VIABILIDADE DA SUBSTITUIÇÃO DE DECANTADORES CONVENCIONAIS POR DECANTADORES DE ALTA TAXA.

Para garantir a qualidade da água fornecida para os moradores da cidade de São Carlos-SP e adequá-la aos níveis de potabilidade exigidos por norma, a água passa por um processo de tratamento que se divide em várias etapas, sendo elas: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e correção de PH.

Dentre os processos de tratamento de água em São Carlos, a etapa que mais demanda tempo é a de decantação, que de acordo com o SAAE, leva em torno de 2 a 3 horas para que os flocos formados no processo da floculação sedimentem quase que totalmente.

A partir de dados levantados e informações colhidas, foi efetuado um estudo de viabilidade afim de substituímos os decantadores existentes atualmente na ETA, que são do tipo convencionais, por decantadores de alta taxa, afim de diminuirmos o tempo do tratamento de água caso haja um aumento populacional, tendo em vista que não será possível a construção de mais decantadores convencionais, pois os mesmos ocupam grande área e a ETA estudada é edificada no centro da cidade e não há possibilidade ser ampliada.

Palavras-chave: Tratamento de água, decantação, decantadores.

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos maiores bens existentes em nosso planeta, portanto, deve-se priorizar ao máximo o seu tratamento. Cerca de 71% da superfície terrestre é coberta por água, porém, 97,4% deste total se encontra nos oceanos com muito cloreto de sódio, restando apenas 2,6% de água doce para nosso consumo.

Em 1874 é implementada a primeira Estação de Tratamento de Água (ETA) com o propósito de despoluir o rio Tâmis na Inglaterra, por meio de filtros formados por areia. Em São Paulo a primeira ETA foi implementada em 1929, porém, somente em 1946 foi estabelecido parâmetros mínimos de qualidade para águas potáveis para garantir um produto final seguro para o consumo humano pelo Decreto Estadual nº. 15.642. A fiscalização e classificação dessas águas é responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA).

Atualmente, de acordo com a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) o Estado de São Paulo conta com 240 ETAs, dentre elas, conta-se com a unidade localizada na cidade de São Carlos cuja empresa responsável pelo tratamento é o SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto). Inaugurada em 1959, a ETA de São Carlos localizada na Vila Pureza, capta água do rio Feijão e Monjolinho e trata até 540 L/s.

A ETA é do tipo convencional, com regime de funcionamento contínuo onde o tratamento da água bruta é realizado através das seguintes etapas: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e correção de pH.

Dentre as etapas necessárias, a decantação é o estágio mais demorado, o que influi no tempo gasto para o tratamento de água. Conta-se com 3 tipos principais de decantadores, sendo eles: convencionais, os de alta taxa e os centrífugos.

O SAAE utiliza o decantador convencional que é o tipo mais antigo e comum do qual usufrui de grandes áreas para sua disposição, o escoamento é contínuo e não turbulento, as partículas são discretas e apresentam a mesma velocidade de decantação e não há ressuspensão das partículas depositadas no fundo do tanque. Os decantadores de alta taxa visam o aumento da taxa de escoamento superficial com a colocação de lajes intermediárias nos decantadores convencionais, paralelas

ao escoamento e ao fundo constituindo os decantadores de fundos múltiplos. Enquanto os decantadores centrífugos aceleram o processo por meio do movimento tangencial forçando a decantação do elemento mais denso, esse tipo tem aplicações específicas e é mais utilizado na Europa.

Visando uma melhoria na eficiência do sistema atual do tratamento de água de São Carlos, é conveniente uma substituição do decantador convencional pelo de alta taxa, tendo em vista uma elevação da quantidade de água tratada em um menor período de tempo.

1.1. JUSTIFICATIVA

Com o passar dos anos houve a necessidade do desenvolvimento de infraestrutura para melhorar a qualidade de vida, a saúde pública e o desenvolvimento humano das cidades. Para isso, era necessário se pensar na coleta, tratamento e distribuição de água para toda a população.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), no Brasil, anualmente, há cerca de 340 mil internações por problemas gastrointestinais gerados, principalmente, pelo consumo de água sem tratamento, sendo também uma das principais causas de morte infantil no mundo, o que mostra como é importante o tratamento de água na vida das pessoas.

Mesmo com um sistema funcional, 35 milhões de brasileiros ainda não possuem acesso a este serviço. De acordo com dados fornecidos pelo SNIS 2015 e o Instituto Trata Brasil, para cada 100 litros de água tratada, 37% não são consumidas.

Muitos bairros com baixa infraestrutura sofrem interrupções constantes no abastecimento de água. Devido ao desenvolvimento da ETA de São Carlos ser na área central da cidade, é inviável a sua expansão territorial, o que seria desfavorável caso houvesse um aumento populacional e conseqüentemente atenuação no consumo de água tratada.

Visando atender a futuras demandas populacionais da cidade, este trabalho tem como base o estudo da substituição do decantador convencional para o decantador de alta taxa.

1.2. OBJETIVO

Apresentar o estudo de viabilidade para a substituição dos decantadores convencionais por decantadores de alta taxa para a ETA Vila Pureza na cidade de São Carlos, SP.

2. REVISÃO DE LITERATURA

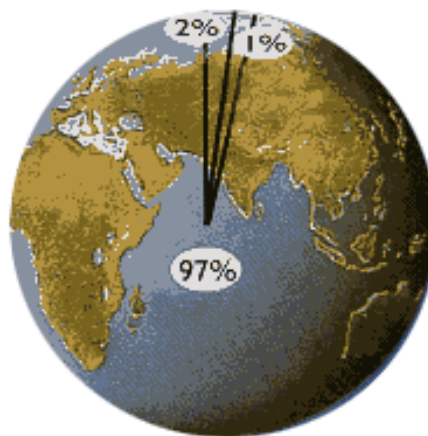
2.1. A ÁGUA

A água sempre foi um fator promordial para a vida na Terra, e seu uso vai desde irrigações agrícolas até o consumo humano.

Toda matéria existente tem uma relação direta ou indireta com a água, o que significa que sem ela tudo deixaria de existir.

Cerca de 71% da superfície do Planeta Terra está coberto por água em estado líquido, desse total, 97% está nos oceanos (água salgada) e 3% estão nos rios, lagos e fontes subterrâneas (água doce) (ver Figura 1).

Figura 1. A Água no Planeta.



Fonte: Só Biologia. Virtuous Tecnologia da Informação, 2009-2019.

Sendo, por enquanto, apenas 2,6% desse volume, próprio para consumo humano, é de extrema importância que se pense em sua conservação e renovação afim de evitar a escassez.

2.2. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Com o passar dos anos e criação das cidades, houve grande necessidade do desenvolvimento da ideia de levar a água até as habitações, já que dessa forma, facilitaria o acesso das pessoas com o bem natural.

Antes de chegar até as casas, a água passa por diversos processos, projetados para garantir a segurança e conforto do usuário, a fim de evitar muitas perdas, ligações clandestinas e falta de água.

O Sistema de Abastecimento é composto por:

a) Manancial: é o corpo de água superficial ou subterrâneo de onde se tira a água. Para sua escolha deve ser levada em conta quantidade e qualidade de água que ele dispõe.

b) Captação: é o conjunto de estruturas e equipamentos para retirar a água para o sistema de abastecimento.

c) Estação Elevatória: é o conjunto de equipamentos destinados a recalcar água para uma unidade em cota mais elevada.

d) Adutora: é a tubulação que conduz a água entre as unidades que precedem a rede de distribuição.

e) Estação de tratamento de água: é uma unidade de tratamento que visa adequar a água aos padrões de potabilidade para consumo.

f) Reservatório: é a unidade empregada para o acúmulo da água, regularizando a vazão em função da variação de consumo e mantendo a pressão na rede.

g) Rede de distribuição: é a rede de tubulações destinadas a levar água aos pontos de consumo.

2.3. ETAPAS CONSTITUINTES DE UMA ETA

2.3.1. Coagulação e Floculação

Uma das etapas do processo de tratamento de água nas ETAs e ETEs envolve a coagulação e a floculação. A floculação é o processo onde colóides saem de suspensão na forma de agregados, formando partículas maiores, chamadas “flocos” ou “flóculos”. Antes da floculação, há o processo de precipitação, em que colóides são meramente suspensos em um líquido e não dissolvidos em uma solução. No sistema floculado não há o adensamento de material no fundo do recipiente, já que todos os flocos estão em suspensão. Na água que será tratada existem partículas coloidais, isto é, partículas sólidas que possuem diâmetro médio entre 1 e 1000nm. Por serem pequenas, elas não são depositadas no fundo do recipiente pela ação da gravidade.

Partículas maiores do que essas, como as de areia e de outras substâncias, depositam-se no fundo do tanque – processo chamado de sedimentação – e podem ser separadas mais facilmente da água por decantação.

Mas isso não ocorre com as partículas de dimensões coloidais, ou seja, elas não se sedimentam por ação da gravidade com o passar do tempo, e ficam dispersas por toda a extensão da água, o que dificulta a sua remoção.

Para remover essas partículas que não afundam, a água captada é levada para uma unidade denominada floculador. Neste processo, são adicionadas à água substâncias químicas chamadas de coagulantes.

O coagulante mais utilizado é o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), que é obtido por meio da reação química entre o óxido de alumínio (Al_2O_3) e o ácido sulfúrico (H_2SO_4). O sulfato de alumínio é adicionado à água juntamente com o óxido de cálcio (CaO), conhecido como cal virgem. Quando essas duas substâncias se misturam na água, ocorre uma transformação química que forma uma substância gelatinosa, o hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$).

Há outros agentes químicos que podem ser utilizados com essa mesma função, tais como: Aluminato de Sódio, Policloreto de Alumínio (PAC), Cloreto Férrico, coagulantes orgânicos a base de Tâmino e ainda polímeros orgânicos. Esses coagulantes são insolúveis na água e geram íons positivos (cátions) que atraem as impurezas carregadas negativamente nas águas.

Como resultado, as partículas de sujeira sofrem uma aglutinação e “grudam” no hidróxido de alumínio, formando flóculos, esse é o processo de floculação. Para uma distribuição eficaz do coagulante e garantia de eficiência do tratamento, a água é agitada fortemente por cerca de 30 segundos por um agitador mecânico ou ar comprimido, com a finalidade de aumentar a dispersão do coagulante. Em seguida, o sistema é agitado lentamente, permitindo o contato entre as partículas.

Armazenado em um tanque aberto, o processo de floculação ocorre quando uma série de pás motorizadas impulsionam lentamente o giro da água, fazendo com que as partículas se aglutinem e formem os flocos de impurezas.

2.3.2. Decantação

A decantação é um fenômeno físico que ocorre devido a ação da gravidade, onde as partículas suspensas afundam. É um processo de separação de misturas heterogêneas entre dois ou mais líquidos de diferentes densidades ou entre sólidos e líquidos, que se respalda na separação por diferença de densidade entre os compostos que formam a mistura. A decantação é um processo pelo qual se verifica a deposição de matérias que estavam em suspensão devido a ação de gravidade. As águas em geral contêm partículas granulares e matéria floculenta, em suspensão. Nos processos de tratamento da água a floculação é feita ou provocada.

Neste caso, é necessário distinguir as partículas granulares das suspensões floculantes. As partículas granulares (areia, silt, etc.), são sedimentadas independentemente umas das outras, com velocidade constante, por isso são denominadas como partículas discretas. As partes floculantes (flocos, substâncias gelatinosas, etc.) podem se agregar ao sedimentar, elevando a velocidade de deposição.

Os decantadores têm suas dimensões especificadas em função das taxas de escoamento superficial, conforme o tipo e as características do efluente. As taxas que são empregadas para efluentes industriais são bem menores que as empregadas em tratamento de água para abastecimento público. Geralmente essas taxas situam-se entre 25 e 30m³/m² para decantadores secundários, que são os que recebem efluentes floculados ou de tanques de aeração. No caso de sistema de lodos ativados, as taxas de escoamento superficial aplicadas são menores ou iguais a 24 m³/m² d.

Existem vários tipos de decantadores, de diferentes dimensões e vazões, dependendo de qual será sua funcionalidade. O decantador leva em conta a qualidade da água, a quantidade de decantáveis, a densidade dos produtos e a necessidade de estocagem dos sedimentos.

Os decantadores mecanizados são os que o lodo é removido mecanicamente com raspadores de fundo comumente usado em médias e grandes estações. Os decantadores não mecanizados usam a remoção hidrostática, que não deverão ser inferiores a 1,50m.

Em relação ao escoamento, existem os decantadores de escoamento horizontal, esses são geralmente com profundidade relativamente pequena e com comprimento muito grande em relação a largura. Já nos de escoamento vertical, a aplicação é feita por baixo, cujo o líquido efetua o movimento ascendente. Nos decantadores compactos, o processo de floculação e decantação são feitos ao mesmo tempo.

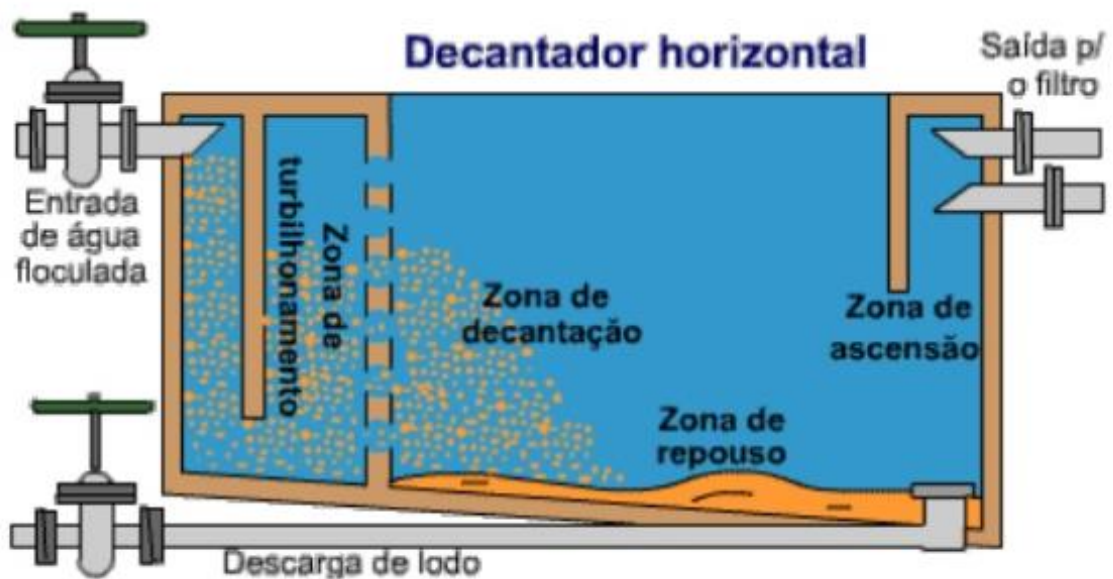
2.3.2.1. Decantadores Convencionais

Os decantadores convencionais ideais são tanques que demandam grandes dimensões para que aconteça a decantação de maneira eficiente, ocupando assim áreas significativas em uma estação de tratamento de água.

A decantação, nesse modelo, acontece sem qualquer mediação externa, sendo ela contínua e não turbulenta, onde as partículas são discretas e apresentam a mesma velocidade de decantação (ver figura 2).

Nos decantadores convencionais não há ressuspensão das partículas que já haviam se depositado no fundo do tanque e a ação do vento não interfere na ocorrência do fenômeno.

Figura 2. Decantador Convencional.



Fonte: Aquastore.

2.3.2.2. Decantadores de alta taxa

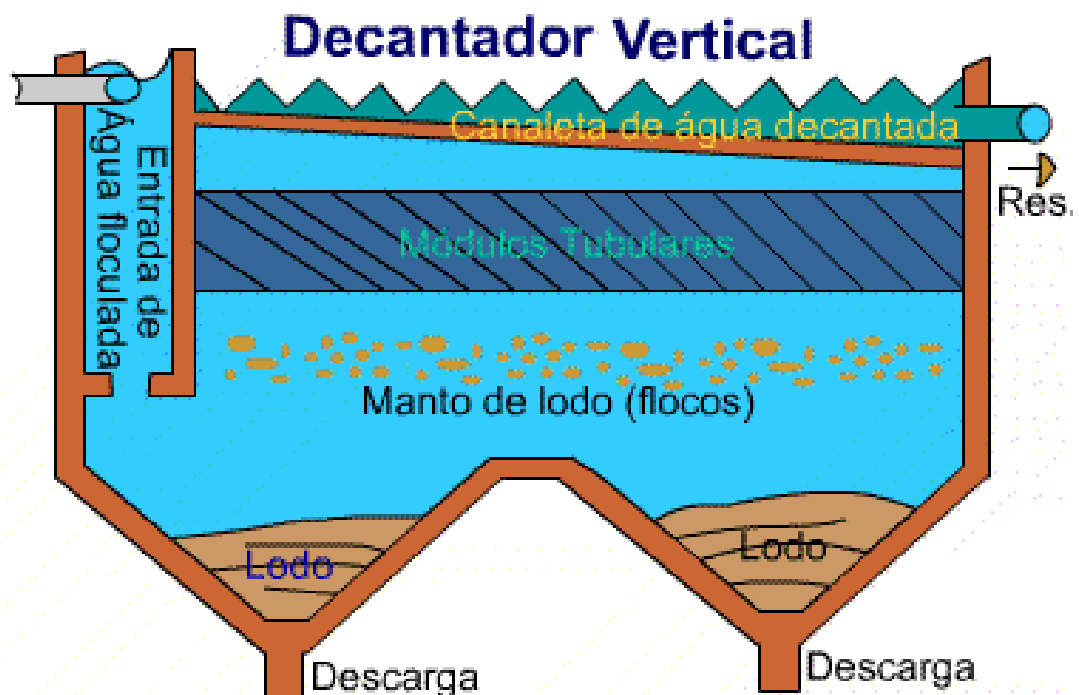
Os decantadores de alta taxa (ver Figura 3,4 e 5) facilitam a remoção dos flocos em função da diminuição do percurso da decantação, aumentando sua eficiência consideravelmente.

Pode-se dizer que os decantadores de alta taxa vieram para substituir os antigos tanques convencionais de decantação, ocupando apenas um décimo de suas áreas, diminuindo muito o espaço ocupado pelas Estações de Tratamento de Água (ETAs). Hoje o equipamento tornou-se muito mais viável economicamente a implantação de sistemas de tratamento, sem perder a eficiência do processo global.

Nesta situação, os decantadores são unidades de tratamento secundário, utilizados em processos de tratamento de efluentes. Sua principal função é a retirada de sólidos formados durante a remoção dos poluentes presentes nos efluentes. Os decantadores são tanques cilíndricos ou prismáticos (ver Figura 3) e, em seu interior, são instaladas placas ou tubos paralelos, que têm como principal função o aumento da superfície de decantação, possibilitando, assim, a aplicação de maiores taxas de escoamento superficial.

No equipamento, o fluxo do fluido, em sua maioria, é ascendente e à medida que o fluido passa pelas lamelas, as partículas de maior densidade escorregam pelas lamelas em sentido oposto ao do fluido e acabam se depositando no fundo do decantador. Essas lamelas têm a forma de colméias e o fluido contendo os flocos de lodo passam pelos canais do decantador sedimentando o lodo em cada canal. Estes são empregados em todos os processos onde haja geração de lodo e sua necessidade de remoção.

Figura 3. Decantador de Alta Taxa.



Fonte: Aquastore.

Figura 4. Decantador de Alta Taxa em construção.



Fonte: CODEN.

Figura 5. Decantador de Alta Taxa em funcionamento.



Fonte: CODEN.

2.3.3. Filtração

Cinquenta a sessenta por cento das impurezas ficam retidas no decantador. A água com o restante das impurezas, flocos mais leves e partículas não floculadas, sai dos decantadores e segue para o processo de filtração, para retirada desse restante das impurezas. Nesta fase os filtros rápidos tornam-se unidades essenciais em uma estação convencional, e por isso exigem cuidadosa operação. Eles constituem uma "barreira sanitária" importante, podendo reter microrganismos patogênicos que resistem a outros processos de tratamento.

O número de filtros em uma estação depende da magnitude da instalação, do número de etapas de construção, do arranjo geral e tamanho das tubulações e de fatores econômicos. Tradicionalmente sugere-se um mínimo de três unidades para vazões de até 50 litros/s, 4 para 250, 6 para 500, 8 para 1000 e 10 para 1500. Por medida prática geralmente se adota um número par de filtros (além de três).

O tamanho dos filtros varia desde alguns metros quadrados até áreas de 40 m². Além disso, em estações grandes geralmente adotam-se filtros duplos por razões econômicas. Atualmente reconhece-se as grandes vantagens dos filtros de dupla camada: carvão antracito e areia. Estes são mais seguros e mais eficientes.

À medida que o filtro vai funcionando acumula impurezas entre os interstícios do leito filtrante, aumentando progressivamente a perda de carga e redução na sua capacidade de filtração. Quando essa perda atinge um valor preestabelecido ou a turbidez do efluente atinge além do máximo de operação, deve ser feita a lavagem. O tempo em que o filtro passa trabalhando entre uma lavagem e outra consecutivas é chamado de carreira de filtração. Ao final desse período, deve ser lavado para a retirada da sujeira que ficou retida no leito de filtração. Uma carreira de filtração fica em torno de 20 a 30 horas, podendo em situações esporádicas, principalmente no início do período chuvoso, ocorrer mais de uma lavagem por dia.

Os filtros rápidos são lavados contracorrente com velocidade e vazão suficientes para criar turbulência suficiente para causar o desprendimento das impurezas retidas e naturalmente grudadas nos grãos do leito filtrante. Neste processo ocorre a expansão do leito filtrante e o transporte da sujeira antes retida pela água de lavagem. Essa água suja efluente deve ter um destino adequado e, dependendo da escassez de água, recuperada para novo tratamento. Para filtros de fluxo operacional descendente, durante a lavagem a água deve atingir taxas da ordem de 800 a 1300

m³ /m²xdia, durante 6 a 10 minutos, conforme a necessidade de limpeza e a quantidade de sujeira.

Emprega-se água completamente tratada, de preferência com o mesmo pH da encaminhada aos filtros para filtração, proveniente de um reservatório em cota mais alta, ou ser impulsionada por bombas, em situações menos comuns.

2.3.4. Cloração, Fluoretação e Correção do pH

Após todo o tratamento já citado, a água ainda passa por mais três etapas antes de chegar ao consumidor final: cloração, fluoretação e correção do pH. Essa parte do processo de tratamento é muito importante pois elimina do fluído tudo o que não foi removido nas etapas anteriores de modo a atender os parâmetros de potabilidade exigidos por norma.

A Cloração é o processo de adição de Cloro (Cl₂) à água, que anula a atividade de microrganismos patogênicos, algas e bactérias, tornando-a assim, apta ao consumo humano como água potável biologicamente. A finalidade básica, a do tratamento da água destinada ao consumo humano é eliminar totalmente as bactérias, microrganismos e impurezas que são prejudiciais à saúde. O Cloro quando dissolvido à água se converte em uma mistura equilibrada formando: ácido hipocloroso + o íon hipoclorito. Sendo que, o ácido hipocloroso é muito mais eficiente que o íon hipoclorito no seu poder bactericida. A filtração e a cloração da água diminuem significativamente a carga de microrganismos, ou seja, é um processo para elimina-los ou impossibilitá-los de se multiplicarem.

A fluoretação da água de abastecimento público representa uma das principais e mais importantes medidas de saúde pública no controle da cárie dentária. Um dos meios mais efetivos para manter constante a presença de flúor na cavidade bucal, fundamental para controle da cárie dentária, a fluoretação da água é reconhecida como um importante fator para o declínio da prevalência da cárie dentária. Portanto, além de ser mantida, deve ser monitorada, a fim de que o teor de flúor seja mantido dentro dos padrões adequados para o controle da cárie e prevenção da fluorose dentária.

Ao final do processo, é realizada a correção do pH da água, normalmente com cal hidratada, afim de reduzir a corrosividade da água para que tubulações de distribuição não sejam danificadas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE SÃO CARLOS

A Estação de Tratamento de Água- ETA Vila Pureza em São Carlos foi inaugurada em 1959 e recebe águas das captações do Ribeirão do Feijão e Corrêgo Monjolinho (captação superficial) e através de 32 poços profundos é retirada a água do aquífero Guarani (captação subterrânea).

O regime que a ETA Vila Pureza opera é contínuo (24 horas por dia) e trata uma média de 540 L/s, para atender a uma população de 249.415 habitantes, apontando como consumo per capita da cidade de São Carlos um volume de 0,04619 (L/hab) /dia. Antes do tratamento a água é denominada como “água bruta” e após o tratamento é nominada como “água tratada”.

Para garantir a qualidade da água fornecida para os moradores da cidade de São Carlos-SP e adequá-la aos níveis de potabilidade exigidos por norma, a água passa por um processo de tratamento que se divide em várias etapas, sendo elas: sedimentação, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e correção de PH (ver Figura 6).

Na ETA de São Carlos, em cada uma das etapas aplica-se produtos químicos específicos. A coagulação é realizada com sulfato de alumínio ferroso, a fluoretação faz a dosagem de flúor a partir do fluorsilicato de sódio e a desinfecção usa a mais avançada tecnologia de cloração. Essa tecnologia consiste na geração de cloro a partir da eletrólise do Cloreto de Sódio – NaCl, o conhecido sal de cozinha, sem riscos, e com alta viabilidade econômica, já que é produzido na própria Estação; e para correção do pH, utiliza-se o hidróxido de cálcio.

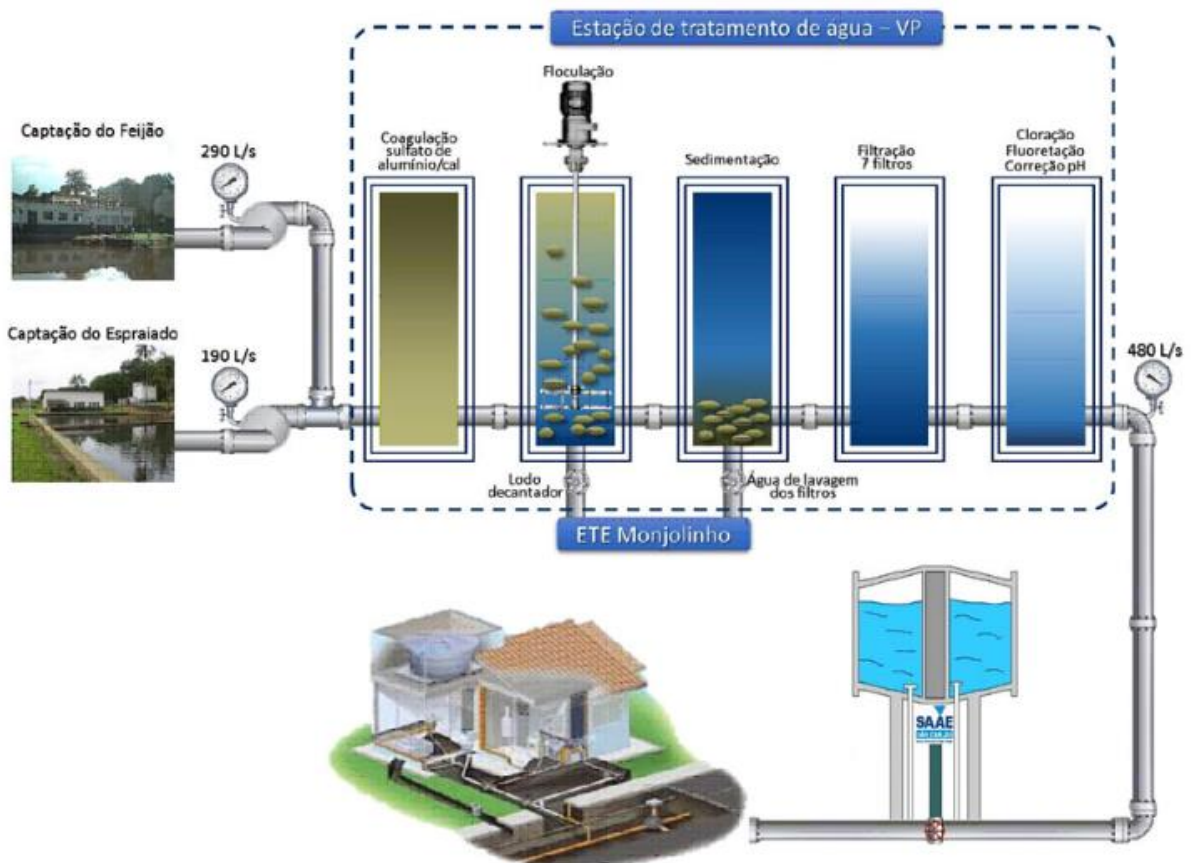
Todos os produtos químicos utilizados para o tratamento de água atendem a ABNT NBR 15.784, que estabelece os requisitos para o controle de qualidade dos produtos químicos utilizados em sistemas de tratamento de água para consumo humano de forma a não causar prejuízo à saúde humana.

A Estação de Tratamento de Água de São Carlos possui equipamentos de processo que fazem leitura contínua da qualidade da água. Além disso, coletas e

ensaios são realizados pelos laboratórios físico-químico e bacteriológico de hora em hora. Após o tratamento a água é totalmente isenta de microrganismos patogênicos e de bactérias e atende a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

Depois deste longo caminho e de sua análise em laboratório para que se atestem os parâmetros que a classificam como potável, a água é distribuída pela rede. É válido ressaltar que quanto pior a qualidade da água bruta recolhida na fonte, maior será o esforço para o tratamento da água.

Figura 6. Sistema de tratamento de água de São Carlos, SP.



Fonte: ETA – Estação de Tratamento de Água.

A Estação de Tratamento de Água de São Carlos faz uso do decantador tipo convencional (ver Figura 7).

Figura 7. Estação de Tratamento de Água de São Carlos.



Fonte: ETA – Estação de Tratamento de Água.

4. RESULTADOS

4.1 DIMENSIONAMENTO DECANTADOR DE ALTA TAXA

4.1.1 INTUITO DO ESTUDO

A partir de dados levantados e informações colhidas, foi efetuado um estudo de viabilidade afim de substituímos os decantadores existentes atualmente na Estação de Tratamento de Água da cidade de São Carlos/SP que são do tipo convencionais, por decantadores de alta taxa, afim de aumentarmos a vazão de água tratada caso haja um aumento populacional, tendo em vista que não será possível a construção de decantadores convencionais, pois os mesmos ocupam grande área e a ETA estudada é edificada no centro da cidade portanto não há possibilidade ser ampliada.

4.1.2 REQUISITOS BÁSICOS

Para que um decantador de alta taxa funcione satisfatoriamente, além de se levar em conta a qualidade do efluente, a quantidade de decantáveis, a densidade dos produtos e a necessidade de estocagem dos sedimentos, devemos considerar três requisitos básicos que devem ser cumpridos, desde que não ocorra destruição de flocos na entrada:

- Distribuição uniforme de água floculada sobre os dutos ou placas;
- Extração apropriada de material depositado;
- Coleta uniforme de água decantada.

A distribuição de água floculada sob os dutos pode ser feita por meio de canais ou tubos providos de orifícios e a coleta pode realizar-se com calhas ou tubos perfurados.

A extração de materiais depositados pode ser realizada com dispositivos mecânicos, hidráulico ou por sifão flutuante. Os tubos extratores de lodo deverão descarregar livremente no canal inferior, o que poderá ser conseguido por meio de

ventilação da parte superior. Para isso, utilizam-se tubos e válvulas com dimensões tais que a perda de carga (para a vazão total de lodo coletada) não cause o afogamento dos tubos extratores. Se ocorrer o afogamento do canal de descarga o lodo poderá não ser extraído. Esse fenômeno pode acontecer pela excessiva perda de carga na válvula de saída ou pelo afogamento da tubulação de descarga. Após a descarga, o ar existente no canal sai pelo tubo ventilador, impedindo o levantamento de flocos após o reinício de funcionamento do decantador. Como os tubos extratores estarão submetidos à mesma carga hidráulica, a vazão de descarga no canal inferior será igual ao número de tubos extratores vezes a vazão individual.

4.1.3 CÁLCULOS

4.1.3.1 PARÂMETROS DE PROJETO

Vazão da ETA: 540,00 l/s

Velocidade de sedimentação dos flocos adotada: 40 m/dia

Ângulo das placas com a horizontal: 60°

Comprimento da placa adotado: 1,20 m

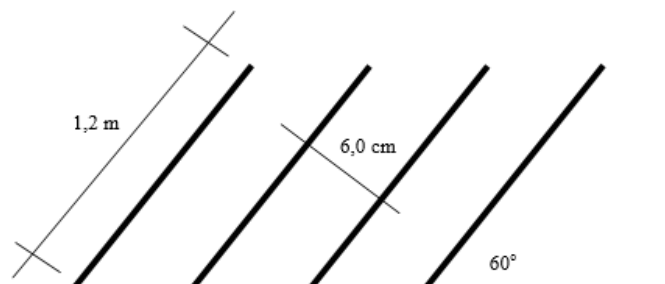
Espessura entre as placas adotada: 6,0 cm

Espessura das placas adotada: 0,5 cm

Número de unidades de sedimentação: 02

Utilizado decantados laminar composto por placas paralelas

Figura 8. Disposição das Placas.



Fonte: Autoras (2019).

- CÁLCULO DA RELAÇÃO LW

$$L = \frac{l}{w} = \frac{120}{6}$$

$$L = 20$$

- CÁLCULO DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO ENTRE AS PLACAS

Para placas planas: $Sc = 1$

Para tubos circulares: $Sc = 4/3$

Para tubos quadrados: $Sc = 11/8$

$$Vs = \frac{Vo \cdot Sc}{(L \cdot \cos\theta + \sin\theta)}$$

Como estamos considerando o uso de placas planas, iremos considerar $Sc = 1$.

$$Vo = Vs \cdot L \cdot \cos\theta + \sin\theta$$

$$Vo = 40 \cdot (20 \cdot \cos 60^\circ + \sin 60^\circ)$$

$$Vo = 434,64 \text{ m/dia}$$

- CÁLCULO DA ÁREA ÚTIL ENTRE AS PLACAS

$$Q = Vo \cdot A_{\text{útil}}$$

$$A_{\text{útil}} = \frac{Q}{Vo}$$

$$A_{\text{útil}} = \frac{0,270 \text{ m}^3 \cdot \text{dia} \cdot 86400 \text{ s}}{434,64 \text{ s} \cdot \text{m} \cdot \text{dia}}$$

$$A_{\text{útil}} = 53,7 \text{ m}^2$$

- CÁLCULO DA ÁREA SUPERFICIAL ÚTIL ENTRE AS PLACAS

$$Asu = \frac{A_{\text{útil}}}{\sin 60^\circ}$$

$$Asu = \frac{53,7}{\sin 60^\circ}$$

$$Asu = 62,0 \text{ m}^2$$

Admitindo uma relação entre o comprimento do decantador e sua largura igual a 2, tem-se que:

$$L = 2b$$

$$Asu = B \cdot L$$

$$Asu = 2 \cdot B \cdot B$$

$$Asu = 2 \cdot B^2$$

$$B^2 = \frac{Asu}{2}$$

$$B^2 = \frac{62}{2}$$

$$B = \sqrt{31}$$

$$B = 5,6 \text{ m}$$

- CÁLCULO DO NÚMERO DE ESPAÇAMENTO ENTRE AS PLACAS

$$Lútil = \frac{Aútil}{w}$$

$$Lútil = \frac{53,7}{5,6}$$

$$Lútil = 9,59 \text{ m}$$

$$Ne = \frac{9,59}{6 \cdot 10^{-2}}$$

$$Ne = 160 \text{ espaçamento}$$

- CÁLCULO DO NÚMERO DE PLACAS

$$Npl = Ne + 1$$

$$Npl = 160 + 1$$

$$Npl = 161 \text{ placas}$$

- CÁLCULO DO COMPRIMENTO DO DECANTADOR PERPENDICLAR AS PLACAS

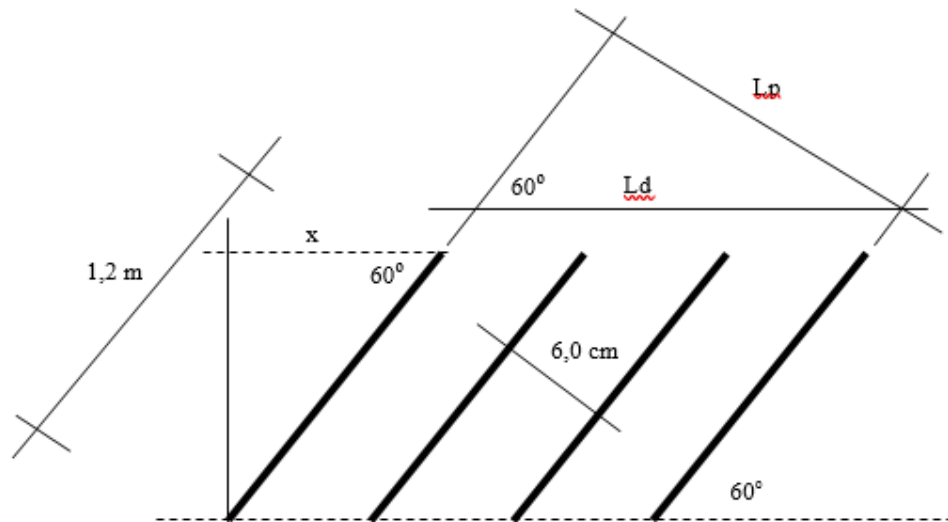
$$Lp = Ne \cdot w + Nplac. \cdot Esp$$

$$Lp = 160 \cdot 6 + 161 \cdot 0,5$$

$$Lp = 1040,5 \text{ cm} = 10,4 \text{ m}$$

- CÁLCULO DO COMPRIMENTO DO DECANTADOR RELATIVO AO PLANO HORIZONTAL

Figura 9. Disposição das Placas Paralelas.



Fonte: Autoras (2019).

$$L = x + Ld$$

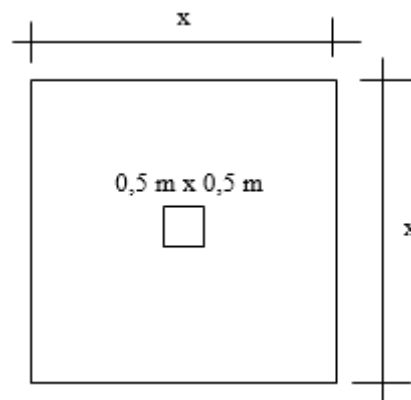
$$L = l \cdot \cos 60^\circ + \frac{Lp}{\sin 60^\circ}$$

$$L = 1,2 \cdot \cos 60^\circ + \frac{10,4}{\sin 60^\circ}$$

$$L = 12,61 \text{ m}$$

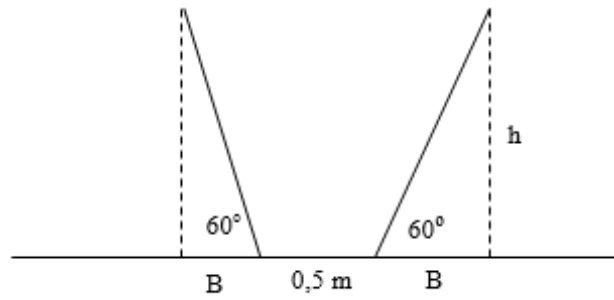
- ARRANJO DOS POÇOS DE LODOS E DEFINIÇÃO DAS DIMENSÕES FINAIS DO DECANTADOR LAMINAR

Figura 10. Dimensões do Poço de Lodo.



Fonte: Autoras (2019).

Figura 11. Poço de lodo.



Fonte: Autoras (2019)

$$2 \cdot B + 0,5 = X$$

Em função de alguns valores de B, tem-se que:

Figura 12. Características do Poço de Lodo.

| B (m) | X (m) | H (m) |
|-------|-------|-------|
| 0,5 | 1,5 | 0,866 |
| 1,0 | 2,5 | 1,732 |
| 1,5 | 3,5 | 2,598 |
| 2,0 | 4,5 | 3,464 |

Fonte: Autoras (2019).

Admitindo que cada poço de lodo tenha uma largura de 2,5 metros, tem-se que:

$$A_{\text{poço}} = 2,5 \cdot 2,5$$

$$A_{\text{poço}} = 6,25 \text{ m}^2$$

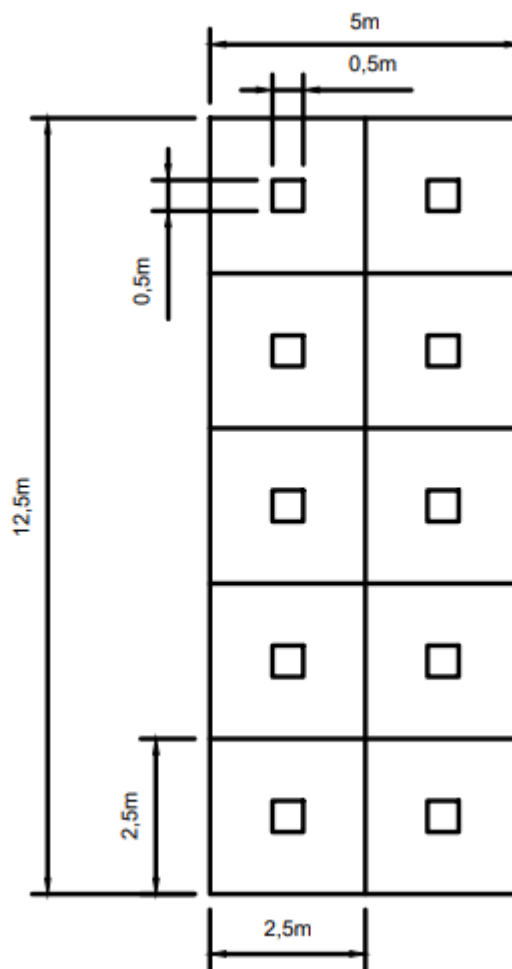
Portanto, o número de poços pode ser calculado em função da área total do decantador.

$$N_{poços} = \frac{5,6.12,61}{6,25}$$

$$N_{poços} = 11,3$$

Portanto, vamos adotar 10 poços, tendo os mesmos a seguinte configuração:

Figura 13. Dimensões do Decantador de Alta Taxa.



Fonte: Autoras (2019).

- VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

$$L = x + Ld$$

$$Ld = L - x$$

$$Ld = 12,5 - 1,2 \cdot \cos 60^\circ$$

$$Ld = 11,9 \text{ m}$$

$$\text{sen } 60^\circ = \frac{Lp}{Ld}$$

$$Lp = Ld \cdot \text{sen } 60$$

$$Lp = 11,9 \cdot \text{sen } 60^\circ$$

$$Lp = 10,31 \text{ m}$$

- CÁLCULO DO NÚMERO DE ESPAÇAMENTOS

$$Lp = (Nesp \cdot w) + (Nesp - 1) \cdot Esp$$

$$1031 = (Nesp \cdot 6) + (Nesp - 1) \cdot 0,5$$

$$1031 = 6Nesp + 0,5Nesp - 0,5$$

$$Nesp = \frac{1031,5}{6,5}$$

$$Nesp = 158,7 \text{ espaçamentos}$$

Portanto, vamos adotar:

$$Nesp = 159 \text{ espaçamentos}$$

$$Nplacas = Nesp + 1$$

$$Nplacas = 159 + 1$$

$$Nplacas = 160$$

- CÁLCULO DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO ENTRE AS PLACAS

$$Vo = \frac{Q}{Aútil}$$

$$Vo = \frac{Q}{Nesp \cdot B \cdot w}$$

$$Vo = \frac{0,270}{159 \cdot 5 \cdot 0,06}$$

$$Vo = 0,00566 \text{ m/s} = 0,057 \text{ cm/s}$$

- CÁLCULO DA VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO

$$Vs = \frac{Vo.Sc}{(L.\cos\phi + \text{sen}\phi)}$$

$$Vs = \frac{0,57.1}{(20.\cos 60^\circ + \text{sen } 60^\circ)}$$

$$Vs = 0,052\text{cm/s} = 45,32\text{m/dia}$$

- CÁLCULO DA TAXA DE ESCOAMENTO VIRTUAL

$$qv = \frac{Q}{Ad}$$

$$qv = \frac{23328}{12,5.5}$$

$$qv = 373\text{m}^3/\text{m}^2\text{dia}$$

- CÁLCULO DO NÚMERO DE REYNOLDS

$$Rh = \frac{B.h}{2.(B+h)}$$

$$Rh = \frac{5.0,06}{2.(5+0,06)}$$

$$Rh = 0,03$$

$$Re = \frac{Vh.Rh}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,57.0,03}{1.10^{-6}.100}$$

$$Re = 169$$

Re < 2000 – escoamento laminar

2000 < Re < 2400 – escoamento transição

Re > 2400 – escoamento turbulento

Considerando o valor encontrado, temos um escoamento laminar.

- CÁLCULO DO COMPRIMENTO TOTAL DO VERTEDOR

$$ql = \frac{Q}{Lv}$$

$$Lv = \frac{270}{1,5}$$

$$Lv = 180 \text{ m}$$

Uma vez que o comprimento da calha de coleta de água de lavagem é necessariamente igual ao comprimento do decantador laminar, tem-se que:

$$Lcalha = 12,5 \text{ m}$$

- CÁLCULO DO NÚMERO DE CALHAS

$$Ncalhas = \frac{Lv}{2 \cdot Lcalha}$$

$$Ncalhas = \frac{180}{2 \cdot 12,5}$$

$$Ncalhas = 7,2$$

Portanto, vamos adotar um total de 7 calhas, com 12,5 m de comprimento. Logo,

$$Lv = 7 \cdot 12,5$$

$$Lv = 175 \text{ m}$$

$$ql = \frac{Q}{Lv}$$

$$ql = \frac{270}{175}$$

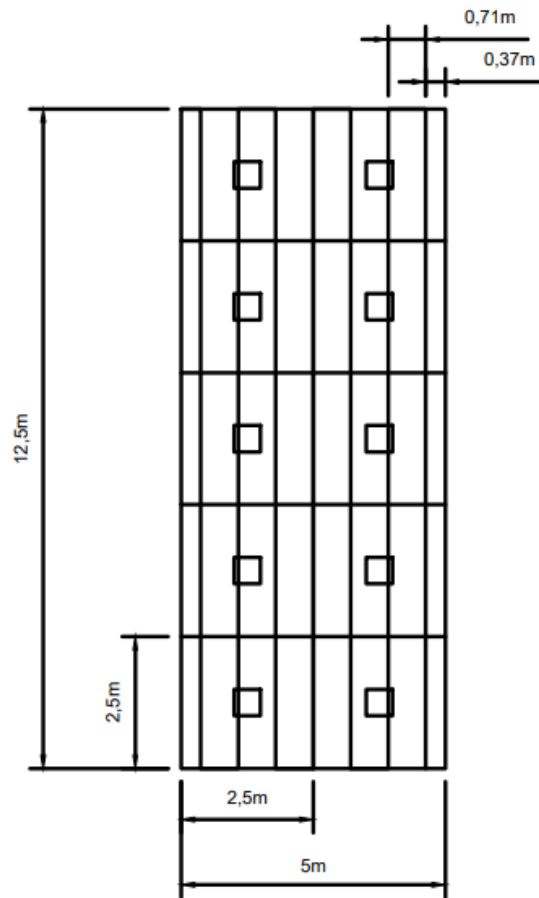
$$ql = 1,54 \text{ l/s/m}$$

- CÁLCULO DO ESPAÇAMENTO ENTRE AS CALHAS

$$Esp = \frac{5}{7}$$

$$Esp = 0,71 \text{ m}$$

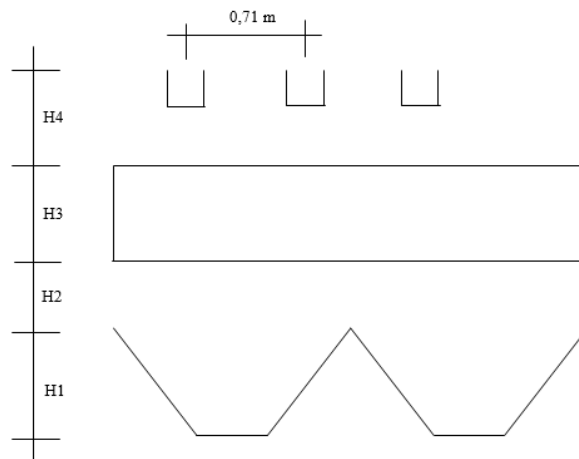
Figura 14. Posicionamento das Calhas.



Fonte: Autoras (2019).

- DEFINIÇÃO DAS ALTURAS DO DECANTADOR LAMINAR

Figura 15. Detalhes do Decantador de Alta Taxa.



Fonte: Autoras (2019).

H1 » Função da geometria do poço de lodo

$$H1 = 1,732 \text{ m}$$

H2 » Entrada de água floculada (0,4 a 0,8 m)

$$H2 = 0,8 \text{ m (Adotado)}$$

H3 » Função da altura das placas

$$H3 = l \cdot \text{sen}\phi$$

$$H3 = 1,20 \cdot \text{sen } 60^\circ$$

$$H3 = 1,04 \text{ m}$$

H4 » Função da distância entre as calhas de coleta de água decantada

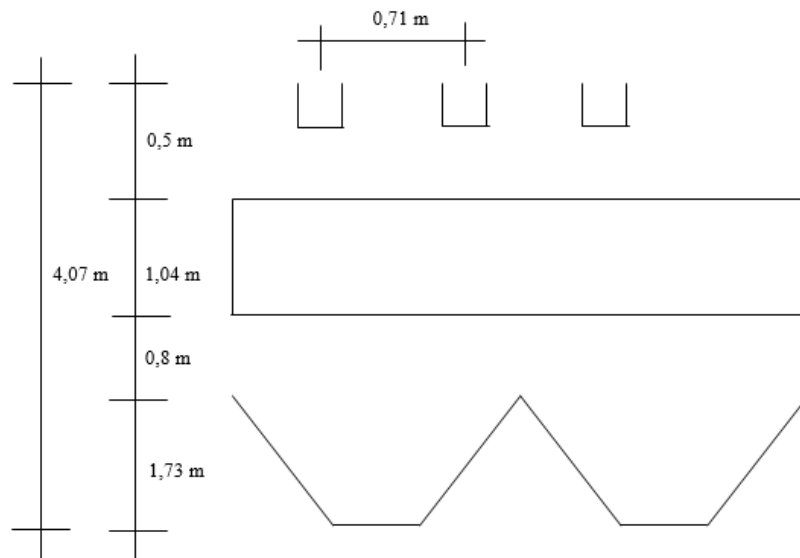
$$H4 \geq \frac{Esp}{2}$$

$$H4 \geq \frac{0,71}{2}$$

$$H4 \geq 0,34$$

$$H4 = 0,5 \text{ m (Adotado)}$$

Figura 16. Alturas do Decantador de Alta Taxa.



Fonte: Autoras (2019).

4.1.4 BENEFÍCIOS E DESVANTAGENS

Dentre as diversas vantagens que o uso de decantadores de alta taxa trazem, podemos citar:

- A pequena altura de decantação nos dutos favorece a remoção dos flocos;
- O tempo de detenção da água é pequeno, contribuindo para que a área do tanque seja menor;
- Pode ser utilizado da reforma de decantadores retangulares de escoamento horizontal, visando o aumento da capacidade ou eficiência sempre que a entrada ou saída do decantador sejam adaptadas ao novo sistema.

Dentre as desvantagens que seu uso oferece, é relevante saber que:

- As unidades podem apresentar crescimento de algas nas placas ou dutos, causando problemas de operação e de manutenção;
- O projeto e a construção das unidades requerem cuidados, porque entre outros aspectos, a forma ou o espaçamento nos dutos ou das placas pode causar turbulência e afetar a remoção dos flocos.

5. CONCLUSÃO

Caso a população da cidade estudada, São Carlos- SP, cresça de maneira absurda e se faça necessário a construção de um novo decantador convencional, não será possível, pela inexistência de espaço físico suficiente, já que a ETA é edificada praticamente no Centro da cidade e possui muitos prédios e casas ao seu redor.

Uma saída adequada seria a construção de 2 unidades de sedimentação, que, conforme o dimensionamento, seriam suficientes para tratar a vazão atual em um tempo muito menor.

Isso se deve ao grande aumento da taxa de escoamento superficial, o que contribui, e muito, para a redução no tempo que a água precisaria permanecer no tanque antes de prosseguir para os demais processos de tratabilidade.

É importante ressaltar que, além de todas essas vantagens, o decantador de alta taxa necessita de uma dimensão menor, quando comparada com decantadores convencionais, para ser implantada, o que viabiliza de maneira positiva a sua construção, otimizando assim tempo e espaço.

Visto isso, a alta eficiência e tamanhos compactos são importantes e diferenciais quando o assunto é soluções para o tratamento de água. Reunindo estas duas características, e contando ainda com fácil instalação e baixa manutenção, o decantador de alta taxa se apresenta como uma opção vantajosa para as estações de tratamento. Com a alta eficiência dos decantadores de alta taxa, saímos de 2 a 3 horas de decantação para apenas 10 minutos.

REFERÊNCIAS

A Água no Planeta. Só Biologia. Virtuoso Tecnologia da Informação, 2008-2019. Disponível em: <<https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Agua/>>. Acesso em 01 de Abril de 2019.

Aquastore. Processos de Tratamento de Água. Disponível em: <<http://aquastore.com.br/default.aspx?code=64>>. Acesso em 24 de Julho de 2019.

BERNARDO, L. D.. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água** – 1º ed. – São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1993.

BERNARDO, L. D.. **Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água** – 2º ed. – São Carlos. Editora LDIBE LTDA, 2008.

CAVALCANTI, J.E.W.A.. **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais.** – 2º ed. – São Paulo, 2009.

CODEN. Companhia de Desenvolvimento de Nova Odessa. Disponível em: <<http://www.coden.com.br/fotos-galeria.php?id=10>>. Acesso em 14 de Abril de 2019.

Conheça a história do saneamento básico e o tratamento de água e esgoto. Disponível em: <<https://www.eosconsultores.com.br/historia-saneamento-basico-e-tratamento-de-agua-e-esgoto/>>. Acesso em 08 de Abril de 2019.

Decantação: O que é e como funciona? Disponível em: <<http://info.opersan.com.br/decanta%C3%A7%C3%A3o-o-que-%C3%A9-e-como-funciona>>. Acesso em 15 de Maio de 2019.

Decantação Lamelar. Portal Tratamento de Água, 1999-2019. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/decantacao-lamelar-design-compacto-com-eficacia-de-gigantes/>>. Acesso em 26 de Junho de 2019.

Decantadores e Decantação -Tratamento de Água e efluentes. Disponível em: <<http://www.snatural.com.br/decantador-tratamento-agua/>>. Acesso em 21 de Março de 2019.

ETA – Estação de Tratamento de Água. SAAE, São Carlos-SP. Disponível em: <<https://www.saaesaocarlos.com.br/saaesc/index.php>>. Acesso em 13 de Março de 2019.

NETO, J.M.A.. **Tratamento de Águas de Abastecimento.** – 1º ed. – São Paulo. Universidade de São Paulo, 1966.

O Tratamento de Água. Disponível em: <<http://educacao.globo.com/artigo/o-tratamento-da-agua.html>>. Acesso em 26 de Junho de 2019.

Processo de Cloração da Água. Disponível em:

<<https://www.digimed.ind.br/br/noticias/noticia.aspx?cod=38>>. Acesso em 24 de Junho de 2019.

RICHTER, CARLOS A.. **Água – Métodos e Tecnologia de Tratamento.** – 1ºed. - Ed. Blucher. São Paulo, 2009.

Saúde Pública. Disponível em:

<<https://www.scielo.org/article/csc/2007.v12n4/1057-1065/>>. Acesso em 24 de Junho de 2019.

Sistema de decantação. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/6101-noticias>>. Acesso em 30 de Março de 2019.

Tratamento de água. Disponível em:

<<https://www.infoescola.com/geografia/tratamento-de-agua/>>. Acesso em 21 de Março 2019.

Tratamento de água. Disponível em:

<<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=47>>. Acesso em 08 de Abril de 2019.

Tratamento de água de abastecimento – Sedimentação gravitacional. Prof. Dr. Sidney Seckler Ferreira Filho. Disponível em:

<<https://slideplayer.com.br/slide/12131093/>>. Acesso em 05 de Abril de 2019.

TSUTIYA, M. T.. **Abastecimento de Água** – 3º ed. – São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

Tudo o que você precisa saber sobre tratamento de água. Disponível em:

<<https://www.eosconsultores.com.br/tratamento-de-agua/>>. Acesso em 04 de Abril de 2019.