



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

ELMA ALVES ONIAS

**PROPOSTA DE REUSO DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA
DA CIDADE DE POMBAL-PB**

**POMBAL – PB
2014**

ELMA ALVES ONIAS

**PROPOSTA DE REUSO DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA
DA CIDADE DE POMBAL-PB**

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^a Dra. Rosinete Batista dos Santos
Co-orientadora: Prof^a Dra. Andréa Maria Brandão Mendes

POMBAL – PB
2014

ELMA ALVES ONIAS

**PROPOSTA DE REUSO DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA
DA CIDADE DE POMBAL-PB**

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Dra. Rosinete Batista dos Santos

Aprovado em 31 de março de 2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dra. Rosinete Batista dos Santos (CCTA/UFCG)
Orientadora

Prof^a Dra. Érica Cristine Medeiros Nobre Machado (CCTA/UFCG)
Examinadora Interna

Prof^a Dra. Aline Costa Ferreira (CEDAC)
Examinadora Externo

**POMBAL – PB
2014**

À minha mãe Aurimar (in memória), ao meu pai Cícero, aos meus irmãos Elny, Eraldo e Eliane e ao meu noivo Ocinaldo, por todo estímulo e apoio nessa etapa da minha vida, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela presença constante em minha vida e pela oportunidade de concretização deste sonho.

À minha mãe Aurimar (in memória), por todo amor e ensinamentos que sempre me dedicou, ao meu pai Cícero, aos meus irmãos: Elny, Eraldo e Eliane, por todo apoio e incentivo para que eu pudesse continuar nessa caminhada e ao pequeno Aquilles Gabriel, por alegrar os meus dias.

Ao meu noivo Ocinaldo, por todo amor, carinho, companheirismo e dedicação.

À Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), na pessoa de Sr. Wilton dos Santos Severo, coordenador da Agência Local da CAGEPA na cidade de Pombal por disponibilizar dados e permitir a coleta de água dos filtros para análise.

À minha orientadora Prof^ª Rosinete Batista dos Santos, pela sua competência, estímulo, orientação e confiança para realização deste trabalho.

À minha co-orientadora, Prof^ª. Andréa Maria Brandão Mendes, pela contribuição neste trabalho.

À Luiz Fernando Oliveira, técnico do Laboratório de Análises de Água do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), pelas valiosas sugestões neste trabalho.

Aos membros da banca examinadora pela dedicação de seu tempo na contribuição deste trabalho.

À todos os professores, funcionários e prestadores de serviços do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em especial aos que compõem a Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental (UACTA).

Aos meus amigos que estivemos juntos durante essa caminhada, em especial a Roaga, Wanessa, Verlânia, Juliana, Dyego e Halana.

À todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste sonho.

Muito Obrigada!

RESUMO

No Brasil, estima-se que existem cerca de 7500 unidades de tratamento de água que lançam, geralmente, os seus resíduos diretamente nos leitos dos rios podendo causar impactos ao meio ambiente e riscos a saúde humana. Além disto, no processo de tratamento ocorre um elevado consumo de água durante a lavagem de decantadores e filtros, caracterizando desta maneira um alto grau de desperdício de água, que poderia ser utilizada para outros fins, ou até mesmo após simples tratamento ser reutilizada na própria estação de tratamento. Diante disto, é que veio a motivação para a realização deste estudo que tem como objetivo apresentar uma proposta que visa auxiliar a otimização do uso da água de lavagem dos filtros da Estação de Tratamento de Água (ETA) da cidade de Pombal – PB, através da técnica de reuso. A ETA da referida cidade tem capacidade para tratar até 310.000l/h (0,086 m³/s), é do tipo convencional ou de ciclo completo, constando das etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. A metodologia proposta para o desenvolvimento da pesquisa teve início com a caracterização da área de estudo, em seguida foi planejada uma campanha de coleta de amostras da água de descarte da limpeza dos filtros, em nove intervalos de tempo, durante uma operação de descarga. Foram analisados parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da água de descarte dos filtros. Os resultados obtidos para onze parâmetros foram satisfatórios, isto é, estão de acordo com a resolução 357/2005 e 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), porém os resultados obtidos para os coliformes totais e termotolerantes indicaram uma atenção especial.

Palavras-Chave: Resíduo, otimização, convencional.

ABSTRACT

In Brazil, there are approximately 7500 water treatment units that launch, generally, their residues directly in riverbeds may cause impacts the environment and risks human health. Furthermore, in the treatment process occurs a water high consumption during washing of filters and decanters, featuring thus a high degree of waste water, that could be used for other purposes or even after simple treatment be reused in own treatment plant. Given this, it came to motivation for carrying this study aims to submit a proposal to assist the optimizing the use water washing of filters the Water Treatment Plant (WTP) the city of Pombal – PB, through the technique of reuse. The ETA of said city has capacity to treat up 310.000l/h (0,086 m³/s), is the conventional type or complete cycle consisting of the stages of coagulation, flocculation, sedimentation, filtration, and disinfection. The methodology proposed for the development of research began with the characterization of the study area, was then planned a campaign to collect samples of water from disposal of cleaning the filters in nine intervals time, during an unloading operation. Were analyzed Physicochemical and bacteriological parameters of the filters water discard. The results obtained for eleven parameters were satisfactory, that is, are in accordance with resolution 357/2005 and 430/2011 of the National Environmental Council, however, the results obtained for total and fecal coliforms indicated a special attention.

Keywords: Residue, optimization, conventional.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Resultados para condutividade elétrica	45
GRÁFICO 2 – Resultados para turbidez	46
GRÁFICO 3 – Resultados para dureza total	47
GRÁFICO 4 – Resultados para cloretos totais	48
GRÁFICO 5 – Resultados para alcalinidad	49
GRÁFICO 6 – Resultados para os sólidos	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma com as etapas de tratamento convencional.....	21
Figura 2 - Localização do município de Pombal.....	33
Figura 3 - Estação de Tratamento de Água de Pombal-PB.....	35
Figura 4 - Entreda de água bruta na ETA/Pombal.. ..	36
Figura 5 - Floculadores ETA/Pomba	36
Figura 6 - Decantadores retangulares ETA/Pombal.....	37
Figura 7 - Filtro ETA/Pombal	37
Figura 8 - Reservatório de água tratada (semienterrado).	38
Figura 9 - Reservatório de água tratada (elevados).....	38
Figura 10 - Lavagem do filtro ETA/Pombal	39
Figura 11- Descarte do efluente de lavagem do filtro da ETA/Pombal	39

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Tempo de descarga e volumes coletados para caracterização	41
TABELA 2 - Caracterização da água de lavagem dos filtros	41
TABELA 3 - Caracterização da água bruta do rio Piancó	43
TABELA 4 - Resultados físico-químicos da água de lavagem do filtro	44
TABELA 5 – Resultados bacteriológico da água de lavagem do filtro	51
TABELA 6 - Resultados físico-químicos da amostra composta C2	52
TABELA 7 - Resultado bacteriológicos do ensaio de sedimentação (C1 e C2)	53
TABELA 8 – Turbidez do ensaio de sedimentação	54

LISTA DE ABREVIATURAS

ETA – Estação de Tratamento de Água
VMP – Valor Máximo Permitido
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde
CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
UT– Unidade de Turbidez
NMP – Número Mais Provável

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivo Específicos	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 ASPECTOS RELACIONADO A AGUA POTÁVEL.....	16
2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS.....	16
2.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS	17
2.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA.....	19
2.5 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE CONVENCIONAL	20
2.6 ETAPAS DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ÁGUA	22
2.6.1 Coagulação	22
2.6.2 Floculação	23
2.6.3 Decantação	24
2.6.4 Filtração.....	24
2.6.5 Desinfecção.....	25
2.7 ORIGENS DOS RESIDUOS DO ETA'S CICLO COMPLETO	25
2.8 REUSO DE ÁGUA	28
2.9 ESTUDOS DE CASO ENVOLVENDO O REUSO DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS, EM ALGUMAS ESTAÇÕES DE TRATAAMENTO DE ÁGUA.....	30
3. MATERIAL E METÓDOS	33
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	33
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS	40
4. RESULTADOS E DICUSSÃO	43
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA DO RIO PIANCÓ.....	43
4.2 ANÁLISES DE CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS DA ETA/POMBAL.....	44
4.3 ANÁLISE BACTERIOLÓGICA DAS AMOSTRAS DA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS DA ETA/POMBAL	51
4.4 ANÁLISES FISICO-QUIMICA DA AMOSTRA COMPOSTAS C2	52
4.5 PROPOSTA DE REUSO DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA/POMBAL)	53

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1 INTRODUÇÃO

As políticas governamentais dos últimos anos têm incrementado a cobertura dos serviços de água potável, mas o impacto dessas medidas continuará limitado enquanto o sistema de tratamento de água não for escolhido, como também, não existir o interesse de sua construção para melhorar a vida de toda a população. É evidente que a qualidade da água é a preocupação da grande maioria, no entanto, aproximadamente 12 milhões de brasileiros estão sem serviço de abastecimento de água (IBGE, 2008). Para garantir este serviço, faz-se necessário a potabilização das águas naturais, que consiste na adequação da água bruta aos padrões de potabilidade vigentes estabelecidos pela Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. De modo geral, o tratamento de água ocorre pela remoção de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, microrganismos e outras substâncias possivelmente deletérias à saúde humana presentes na água (BOTERO, 2009).

Segundo Parsekian (1998), no Brasil existem cerca de 7500 unidades de tratamento de água, e em sua maioria de ciclos convencionais, que no geral lançam os seus resíduos, diretamente nos leitos dos rios, sem a mínima preocupação com um tratamento prévio.

Os resíduos de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) têm características próprias com grande diversidade de composição podendo ser sólidos e líquidos (FONTANA, 2004). Neste trabalho considerou-se apenas o efluente líquido proveniente da lavagem de filtros de uma ETA de ciclo completo, visto que esse efluente é responsável pela segunda maior quantidade de rejeito produzido numa estação convencional.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Este estudo tem como objetivo geral apresentar uma proposta que visa auxiliar a otimização do uso da água de lavagem proveniente dos filtros da Estação de Tratamento de Água da cidade de Pombal – PB, através da técnica de reuso.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a destinação final da água de lavagem dos filtros da ETA em estudo;
- Quantificar o volume de descarte da água dos filtros;
- Realizar análises físico-químicas e bacteriológicas da água de lavagem dos filtros;
- Indicar prováveis usos para o volume de rejeite dos filtros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos Relacionados à Água Potável

Entende-se por água potável aquela que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria Nº 2.914 do Ministério Saúde e que não ofereça riscos à saúde (BRASIL, 2011). A água deve estar isenta de determinadas substâncias químicas, radioativas e microrganismos patogênicos para ser considerada potável. E não deve trazer consigo substâncias capazes de adicionar-lhe cor, turbidez ou sabor desagradável, ainda que essas substâncias sejam inofensivas ao organismo humano (ALMEIDA, 2009).

Libânio *et al.* (2005) realizaram estudo e constataram que a condição de vida da população é melhor retratada pela abrangência dos serviços de água e esgoto do que pelas reservas hídricas ativas, assim a contaminação das águas naturais representa um dos principais riscos à saúde pública, sendo amplamente conhecida a estreita relação entre a qualidade de água e inúmeras enfermidades que acometem as populações, especialmente aquelas que não são atendidas por serviços de saneamento.

2.2 Classificação das Águas

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) no objetivo de equalizar a definição dos processos de tratamento elaborou uma classificação para as águas doces, salobras e salinas em função dos usos preferenciais. Sua resolução 357 de 17 de março de 2005 dispõe em seu capítulo I que as águas podem ser classificadas como doce, que são as terrestres e tem como principal fonte a água da chuva com salinidade igual ou inferior a 0,5%; águas salobras, que possuem salinidade superior a 0,5% e inferior a 30% e águas salinas que apresentam salinidade igual ou superior a 30% encontrada nos mares e oceanos (BRASIL, 2005).

Segundo Brasil (2005), a classificação das águas doces pode ser dada da seguinte forma:

- Classe especial: destinada ao abastecimento para o consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e à

preservação dos ambientes aquáticos em unidade de conservação de proteção integral.

- Classe 1: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas e à recreação de contato primário, tais como natação, esqui-aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

- Classe 2: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui-aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

- Classe 3: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais.

- Classe 4: águas que podem ser destinadas: à navegação; e a harmonia paisagística.

2.3 Características das Águas

As características biológicas da água são determinadas através de exames bacteriológicos e hidrobiológicos, visando à identificação e quantificação de organismos presentes na água. Os coliformes têm sido utilizados como indicadores de poluição e eventualmente de contaminação. Para prevenção do desenvolvimento de organismos indesejáveis do ponto de vista do tratamento de água, esses exames são elementos importantes. Outros microrganismos podem ser encontrados, destacando-se os grupos algas, protozoários, rotíferos, crustáceos, vermes e larvas (DANTAS e DI BERNARDO, 2005).

As características físicas da água geralmente são determinantes na escolha da tecnologia de tratamento ou condicionantes dos processos e operações nas estações existentes, são facilmente determinadas e apresentam relevância do ponto de vista sanitário, sendo as principais: cor, turbidez, sabor e odor, temperatura e condutividade elétrica. A turbidez tem relação com a quantidade de partículas suspensa na água, interferindo em sua transparência, pode ser causada pela presença de areia, argila e microrganismos. A cor é decorrente da presença de matéria orgânica originada da decomposição de plantas e animais, denominada substância húmica. Já o sabor e o odor decorrem de matéria excretada por algumas espécies de algas e de substâncias dissolvidas na água e a condutividade elétrica depende da quantidade de sais dissolvidos na água (DANTAS e DI BERNARDO, 2005).

As características químicas da água, do ponto de vista sanitário, apresentam grande importância, visto que, dependendo de alguns elementos ou compostos químicos presentes na água bruta, determinados processos de tratamento podem ser inviabilizados e exigir tratamentos específicos (LIBÂNIO, 2008).

Destacando-se os parâmetros tem-se pH que expressa a acidez, a neutralidade e a alcalinidade de uma solução. É de grande importância nas etapas de coagulação, filtração, desinfecção e controle de corrosão. A alcalinidade pode ser entendida como a capacidade da água neutralizar ácidos, e a acidez como a capacidade da água de neutralizar bases. A dureza pode ser definida como a soma dos cátions polivalentes presentes na água e expressa em termos de uma quantidade equivalente de CaCO_3 . Os principais íons metálicos que conferem dureza à água são o cálcio e o magnésio. Outros parâmetros como os cloretos e sulfatos, ferro e manganês, nitratos e nitritos, o oxigênio dissolvidos e compostos orgânicos, são constituintes químicos com importância específica para cada caso (DANTAS e DI BERNARDO, 2005).

2.4 Estação de Tratamento de Água

De acordo com a NBR-12216 (ABNT, 2002), uma Estação de Tratamento de Águas (ETA) é o conjunto de unidades destinado a adequar as características da água aos padrões de potabilidade. Elas são projetadas para remoção de riscos presentes em águas captadas, por meio de uma combinação de processos e de operações de tratamento. Do ponto de vista tecnológico, água de qualquer qualidade pode ser, teoricamente, transformada em água potável, porém os gastos com o processo podem inviabilizar totalmente o uso de um determinado curso de água como fonte de captação (LIBÂNIO, 2008).

Um estudo profundo da qualidade da água do manancial a ser explorado, visando à preservação deste, é de suma importância no projeto de tratamento. Mesmo se levando em conta que qualquer tipo de água pode ser tratado, os custos e os riscos envolvidos no tratamento de águas muito contaminadas podem ser extremamente elevados (CENTURIONE FILHO, DI BERNARDO e DI BERNARDO, 2002).

As tecnologias de tratamento visam à adequação da água bruta a padrões estabelecidos de acordo com a atividade de destino, através da remoção de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, microrganismos e outras substâncias. A avaliação das características físicas, químicas e biológicas da água bruta é fundamental, na definição da tecnologia de tratamento (DI BERNARDO, DI BERNARDO, 2005).

As estações de tratamento de água (ETA's) representam uma necessidade básica visto que têm a finalidade de produzir água potável proporcionando, desta forma, melhores condições de saúde e higiene à população, porém no processo de tratamento também ocorre um elevado consumo de água durante a limpeza e lavagem de decantadores e filtros, gerando o efluente descartável. A disposição inadequada deste efluente, em corpos hídricos, tem se mostrado extremamente danosa, seja pela provável toxidez dos resíduos gerados no processo e presentes neste efluente, seja pelo aumento da quantidade de sólidos e da turbidez da água no corpo receptor, que podem comprometer a estabilidade da vida aquática. O efluente descartável apresenta uma composição bastante variada, sendo constituído

principalmente do material em suspensão, originalmente presente na água bruta, e das substâncias químicas adicionadas à água (coagulantes) para tratá-la (MENESES, 2005).

Sob a ótica do aspecto qualitativo, historicamente, os mananciais empregados para abastecimento público sempre foram escolhidos de modo a possibilitar que as ETA's fossem do tipo convencional ou uma variante desta (filtração em linha ou filtração direta). Assim sendo, os principais objetivos a serem atendidos era a produção de água potável no tocante ao Padrão de Potabilidade para cor e turbidez e que fosse segura do ponto de vista microbiológico e químico. Como a grande maioria dos sistemas de abastecimento de água no Brasil possui mais de 30 anos de vida útil e tendo sido este o principal delineador na concepção das estações, a maior parte destas atualmente em operação é do tipo convencional (FERREIRA FILHO, 2006).

2.5 Estação de Tratamento Convencional

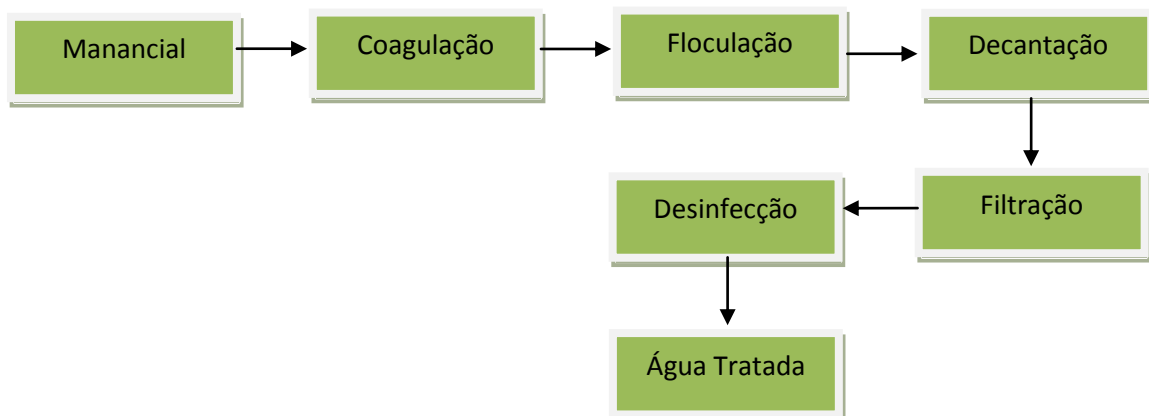
De acordo com Andreoli (2001), estima-se que no Brasil existem cerca de 7500 estações de tratamento de água, constituindo-se talvez na maior indústria em relação ao número de pessoas envolvidas direta ou indiretamente em seu sistema produtivo. A grande maioria desses sistemas funciona de maneira considerada hoje tradicional ou convencional. Os problemas decorrentes do tradicionalismo fazem com que essa indústria tenha que estudar formas mais adequadas para seu funcionamento. O projeto e as condições operacionais podem levar a desperdícios e perdas de água no processo, perdas de produtos químicos, perdas de energia elétrica, além da possibilidade de causar impactos ambientais (RIBEIRO, 2007).

A escolha do tipo de tratamento a ser aplicado à água de abastecimento público depende de uma série de critérios que envolvem fatores ambientais, econômicos, técnicos e ainda fatores socioculturais. Dentre os critérios técnico-ambientais o conhecimento das características da água bruta é de extrema importância. Relacionar e quantificar os tipos e as concentrações dos possíveis contaminantes presentes na água é necessário para avaliar a capacidade do sistema de tratamento e adequar esta água para o consumo humano (ALMEIDA, 2009).

Perante a incapacidade de remoção satisfatória das impurezas presentes nas águas destinadas ao abastecimento humano pela sedimentação simples, o tratamento convencional em ETA's utiliza substâncias coagulantes, que reagem com a alcalinidade do meio, seja ela natural ou adicionada, formando polímeros com valor de carga superficial positiva (hidróxidos). Estes atraem as cargas negativas dos colóides em suspensão formando partículas de maior tamanho, denominadas flocos e que apresentam velocidade de sedimentação superior (MACEDO, 2007).

No tratamento convencional de água, após a coagulação ocorrem os processos de floculação e decantação. Como estas três etapas são desenvolvidas em série, o desempenho insatisfatório de uma das etapas compromete a qualidade do funcionamento das demais, comprometendo a produção de água que atenda aos padrões de potabilidade. Como exemplo, pode-se considerar que se a velocidade de sedimentação dos flocos é baixa, o processo de decantação é comprometido e torna-se ineficiente, sobrecarregando a etapa de filtração (HELLER e PÁDUA, 2006). O fluxograma ilustrado na FIG 1 apresenta as etapas do processo de tratamento convencional em uma ETA.

Figura 1- Fluxograma com as etapas de tratamento convencional



Fonte: Autoria própria (2014)

2.6 Etapas dos processos de tratamento de água

2.6.1 Coagulação

O processo de coagulação consiste nas reações das impurezas presentes na água com os compostos hidrolisados formados pela adição de agentes coagulantes. Ela corresponde a uma etapa indispensável à remoção satisfatória das partículas suspensas, coloidais, dissolvidas e outros contaminantes, responsáveis pela turbidez, cor, odor e sabor nas águas para abastecimento (DI BERNARDO, 1993 apud MACEDO, 2007; HELLER e PÁDUA, 2006).

Na realidade Macedo (2007), avalia que a coagulação é uma das etapas mais importantes que compõe as ETA's, haja vista a necessidade de desestabilização química das partículas contidas nas águas brutas, para a posterior aglutinação e sedimentação nos floculadores e decantadores, respectivamente.

Segundo Heller e Pádua (2006), inúmeros são os fatores que influenciam na eficiência do processo de coagulação. Dentre eles, destacam-se:

- Dosagem do agente coagulante;
- Tempo e gradiente de velocidade de mistura rápida;
- Auxiliares de coagulação;
- pH do meio e
- Dispersão do agente na mistura rápida.

O pH e a dosagem do agente coagulante estão estreitamente ligados, já que cada produto químico empregado com a finalidade de promover a coagulação apresenta uma faixa ótima de pH e a simples elevação da dosagem não garante uma eficiência maior. Portanto, o devido controle dos processos envolvidos nessa etapa do tratamento, permite obter maiores eficiências com menor volume de produtos químicos (HELLER e PADUA, 2006).

Os principais coagulantes disponíveis no mercado para o tratamento de água são: sulfato de alumínio, cloreto férrico, hidroxicloreto de alumínio e sulfato férrico (MACEDO, 2007). O sulfato de alumínio é o produto mais utilizado tanto pelas suas propriedades como pelo seu menor custo. O resultado desse processo é a

aglomeração das partículas em suspensão, formando coágulos, que facilitará o processo de sedimentação (FUNASA, 2006),

2.6.2 Floculação

A floculação é a etapa onde são fornecidas as condições que facilitam o contato e a agregação de partículas previamente desestabilizadas por coagulação química, visando à formação de flocos com tamanho e massa específica que favoreçam a remoção por sedimentação, flotação ou filtração direta. O desempenho das unidades de mistura rápida e de floculação influi na qualidade da água clarificada, e na duração da carreira do filtro (LIBÂNIO, 2008; PIRES, *et al.*, 2009).

No início da floculação são necessários gradientes de velocidade mais elevados para aumento das chances de contato e agregação das partículas menores desestabilizadas por coagulação química. À medida que os flocos são formados, o gradiente de velocidade deve ser reduzido, atenuando a ruptura dos mesmos sem impedir o crescimento decorrente da agregação com outros flocos (CENTURIONE FILHO, DI BERNARDO e DI BERNARDO, 2002).

O fenômeno da floculação é afetado por fatores como: pH, pois valores de pH entre 6 e 7 está numa variação efetiva para floculação com alumínio, porém sais de ferro como cloreto férrico e sulfato férrico fornecem uma variação maior de pH para a formação dos flocos. A concentração do coagulante, temperatura, alcalinidade, tipo e concentração de íons no meio líquido, heterogeneidade de uma suspensão em relação ao tipo, tamanho e fração de volume de partículas e o tipo de reator incluindo o grau de mistura e a variação na escala e intensidade da turbulência são fatores que também devem ser levados em consideração (MCCONHACHIE, *et al.*, 1999).

As reações químicas que se iniciam na unidade de mistura rápida possibilitam que as impurezas presentes na água possam se aglomerar, formando flocos na unidade de floculação. Nesta unidade não ocorre remoção de impurezas, mas apenas o acondicionamento da água que será encaminhada para floculadores, decantadores ou filtros da ETA, através do aumento das partículas (HELLER e PÁDUA, 2006).

2.6.3 Decantação

A decantação é um fenômeno físico natural e corresponde a etapa de deposição das impurezas, aglutinadas em flocos no processo nas etapas anteriores do tratamento da água (coagulação e floculação), devido à ação da força gravitacional (DI BERNARDO, 1993 apud MACEDO, 2007).

Heller e Pádua (2006) afirmam que a implementação destas unidades é justificada em ETA's nas quais a água submetida ao tratamento apresenta concentrações de sólidos (dissolvidos, coloidais e/ou suspensos) elevadas, como etapa preliminar ao processo de filtração. O projeto destas unidades deve considerar a taxa de aplicação superficial, que está diretamente relacionada com a velocidade de sedimentação das partículas suspensas.

As partículas que não são removidas no processo de sedimentação, seja por seus pequenos tamanhos ou por terem uma densidade muito próxima a da água, deverão ser removidas na filtração (RICHTER e NETTO, 2002).

2.6.4 Filtração

A filtração consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais presentes na água que escoam através de um meio poroso. Nas ETA's, a filtração é um processo final de remoção de impurezas, logo, principal responsável pela produção de água com qualidade condizendo com o padrão de potabilidade (BRASIL, 2011).

O processo consiste segundo a FUNASA (2006), em fazer com que a água passe através de um meio granular para remoção das impurezas físicas, químicas e biológicas. Para realizar a remoção de tais impurezas da água é necessário analisar o tipo de material que se deseja separar, como também, o tipo de filtro que será o mais adequado para tal processo. Deste modo, é possível verificar a velocidade com que a água passa pelo mesmo e determinar qual filtro será mais apropriado: o filtro lento ou o filtro rápido (RICHTER e NETTO, 2002).

2.6.5 Desinfecção

A desinfecção é um dos processos mais antigos de tratamento de água. Índícios mostram que o uso da água fervida já era recomendado em 500 a.C . Essa etapa tem como objetivo a destruição ou inativação de organismos patogênicos, capazes de produzir doenças, ou de outros organismos indesejáveis (MEYER, 1994).

A desinfecção é realizada por meio de dois tipos de agentes: o físico e o químico. Dentre os agentes físicos estão à luz solar, o calor e a radiação ultravioleta, já os agentes químicos englobam o ozônio e peróxido de hidrogênio, permanganato de potássio, ácido peracético, iodo, íons metálicos, ferratos, processos oxidativos avançados, dióxido de cloro, derivados clorados (orgânicos e inorgânicos) e bromo (MACEDO, 2007).

Segundo Dantas e Di Bernardo (2005), para serem usados nas ETA's, os desinfetantes devem apresentar as seguintes características:

- Destruir microrganismos patológicos;
- Oferecer condições seguras de transporte, armazenamento, manuseio e aplicação na água;
- Determinar sua concentração na água, por meio de experimentos laboratoriais;
- Produzir residual persistente na água, assegurando sua qualidade contra eventuais contaminações nas diferentes partes do abastecimento;
- Não ser tóxico ao ser humano ou aos animais.

2.7 Origens dos resíduos de ETA's de ciclo completo

Para a solução da destinação final dos resíduos gerados em uma ETA faz-se necessário o conhecimento quanto a sua origem, características qualitativas e quantitativas e operações envolvidas na limpeza de decantadores, na lavagem de filtros e nos processos de redução de volume. Os resíduos gerados em ETA's convencionais são formados de diversos constituintes que ao serem captados,

adicionados (afluentes) e processados nas várias operações do tratamento se transformam em produtos finais e resíduos efluentes (FONTANA, 2004)

Conforme Fontana (2004), os resíduos das estações de tratamento de água, na sua forma mais comum são basicamente constituídos de água e sólidos suspensos, originalmente presentes no manancial, comumente areia, silte, argila, metais, soluções dissolvidas e bactérias, acrescidas de produtos resultantes dos coagulantes químicos, principalmente precipitados de sais de alumínio ou de ferro e suas impurezas aplicadas na água no processo de tratamento.

No Brasil, até então, nos sistemas de tratamento de água, a maior importância era atribuída a estudos que enfatizavam principalmente a qualidade do produto final da ETA. Não existindo, portanto, estudos específicos que levassem ao conhecimento da geração, características qualitativas e quantitativas, aspectos relativos a prováveis impactos ambientais e métodos de tratamento e disposição final dos resíduos de ETA. Este conhecimento é de fundamental importância para a solução do problema (CORDEIRO, 1993).

De acordo com Fontana (2004), a água de lavagem de filtros é considerada a segunda maior quantidade de rejeito produzido numa estação convencional e apresenta características, também bastante distintas para ETA's que utilizam coagulantes à base de ferro e de alumínio. A operação de lavagem dos filtros tem grande influência no volume de resíduo líquido gerado e que depende do sistema de lavagem, do método de filtração e do coagulante primário utilizado (FONTANA, 2004). Essas águas apresentam baixas quantidades de sólidos totais geralmente entre 50 e 500 mg/L o que o torna importante a homogeneização e adensamento por meio de sedimentadores (DI BERNARDO *et al.* , 1999).

O controle de perdas em ETA não é uma atividade isolada e envolve tanto a diminuição do volume de água gasto no processo quanto o tratamento dos resíduos sólidos e líquidos gerados no tratamento (FERREIRA FILHO e LAJE FILHO, 1999). Os volumes gastos nos processos de tratamento podem ser reduzidos ou até eliminados com o tratamento e reutilização das águas descartadas, principalmente no processo de lavagem de filtros. As perdas de água no processo de tratamento estão diretamente relacionadas com a geração de resíduos que têm origem nas operações de lavagem de filtros e de decantadores (FONTANA, 2004).

Cornwell (1987) cita que somente na lavagem de filtros a perda pode representar 2% a 5% do volume de água produzido numa ETA, constitui-se no maior volume de água gasto em todo processo de tratamento.

De acordo com estudos apresentados por Di Bernardo *et al.*, (1999), a lavagem dos filtros é efetuada de diversas maneiras, podendo gerar maior ou menor volume de água de lavagem. A lavagem dos filtros apenas com água no sentido ascensional concorre para a geração de um volume maior de água quando comparado ao sistema que possui lavagem auxiliar com ar, seguida de lavagem com água ascensional.

Nos casos de lavagem de filtros de sistema que utiliza filtração direta comparada com aqueles de filtração de água decantada, o rejeito líquido gerado se diferencia tanto em quantidade como em qualidade. A filtração direta retém as partículas primárias ou de pequenos flocos, enquanto a filtração de água decantada retém fragmentos de flocos (FONTANA, 2004).

O tipo de coagulante empregado tem influência direta na quantidade de resíduos líquidos gerados na lavagem de filtros. Quando utilizado cloreto férrico em comparação com sulfato de alumínio, segundo Di Bernardo *et al.*, (1999), a duração da carreira de filtração pode ser mais longa, dependendo das características da água bruta, pois a decantação pode apresentar-se com menor quantidade de sólidos e, com isso, diminuir o número de lavagem e gerar menor volume de resíduos líquidos em um mesmo período de tempo.

É importante considerar que o volume de água descartada na lavagem de filtros é muito superior aquele descartado nos decantadores, porém a quantidade de sólidos é bastante reduzida o que em muitos casos pode retornar para o início do sistema através de coleta e homogeneização (FONTANA, 2004).

Segundo Fontana (2004), a recirculação da água de lavagem de filtros deve ser cercada de cuidados quanto à qualidade microbiológica, podendo em muitos casos inviabilizar essa técnica. Um monitoramento quanto as suas características microbiológicas deve ser implementado para assegurar que o processo de recirculação da água de lavagem de filtros não comprometa a qualidade da água tratada.

2.8 Reuso de Água

A reciclagem, ou reuso de água, não é um conceito novo na história do nosso planeta. A natureza, por meio do ciclo hidrológico, vem reciclando e reutilizando a água há milhões de anos e com muita eficiência. Cidades, lavouras e indústrias já praticam, a muitos anos, de forma indireta ou pelo menos não planejada, o reuso, pois geralmente usuários de jusante captam águas que já foram utilizadas e devolvidas aos rios, pelos usuários de montante (FIESP/CIESP, 2004).

Através do ciclo hidrológico a água se constitui em um recurso renovável, quando reciclada através de sistemas naturais, é um recurso limpo e seguro, que é através da atividade antrópica, deteriorada em níveis diferentes de poluição. Entretanto, uma vez poluída, a água pode ser recuperada e reusada para fins benéficos diversos (MANCUSO e SANTOS, 2003).

O uso racional da água, através do aprimoramento e incorporação de novas formas de reuso e reaproveitamento, ganha destaque mundial como um fator importante na busca pelo desenvolvimento sustentável. A água reusada/reciclada pode ser empregada para uma grande variedade de usos não potáveis como determina a Resolução nº 54/2005 que regulamenta a prática de reuso direto não potável de água no Brasil. O grau do processo de tratamento requerido deve ser adequado à finalidade do uso pretendido, ao grau de potencial contato humano ou animal e à fonte original de água (MANCUSO e SANTOS, 2003; REIBER *et al.*, 1995; RICHTER e NETTO, 2002).

O consumo, muitas vezes excessivo, de água na limpeza das ETA's, aliado ao problema de sua escassez e à necessidade de preservação dos recursos ambientais, resulta também em uma estratégia de redução dos desperdícios no processo, mediante aumento direto de sua eficiência e, quando viável, da recuperação da água de lavagem para o próprio abastecimento ou para outros usos qualitativamente menos restritivos das águas recuperadas (MENEZES, 2005).

Há várias maneiras de gerenciar os resíduos provenientes das ETA's, sendo extremamente importante encontrar alternativas compatíveis com as condições locais. Para tanto, devem ser estudadas soluções racionais com intuito de minimizar o impacto ambiental provocado pela operação de filtração e decantação, visando à recirculação da água para fins apropriados (RIBEIRO, 2007).

Conforme Ribeiro (2007), a qualidade da água bruta e o objeto específico da reutilização das águas de descargas de decantadores e de lavagem de filtros estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados, os custos de capital, de operação e manutenção associadas.

De acordo com Ferreira Filho e Laje Filho (1999), a concepção do sistema de recuperação de água de lavagem é profundamente dependente das características da água bruta, dos sistemas de filtração e de lavagem, do tipo de pré-tratamento ao qual a água afluenta aos filtros é submetida e das características exigidas para a água recuperada.

O controle das perdas e a recuperação das águas utilizadas no processo de tratamento, dada a sua quantidade, pode se constituir numa alternativa importante sob o ponto de vista ambiental e econômico diante da escassez de mananciais e comprometimento da qualidade da água bruta por poluição (FONTANA, 2004).

Com a crescente preocupação na recuperação do meio ambiente, tem se procurado minimizar os impactos causados pelos resíduos gerados nos processos de tratamento, na busca da remoção da água para obter um sólido ou semi-sólido diminuindo assim seu volume (GUANAES, 2009).

Os benefícios ambientais são significativos na prática do reuso em um sistema, pois permite maior disponibilidade de volume de água para outros fins, minimizando os custos relativos à cobrança pelo recurso hídrico (HESPANHOL *et al.*, 2007).

A Resolução nº 54 de 2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) estabelece critérios para a prática de reuso direto não potável de água. O direito pelo uso da água e a cobrança deste são definidos em modalidades de reuso: reuso direto, indireto e reciclagem interna.

A destinação inadequada das águas de lavagem de filtros, como ainda é comum na maioria das ETA's que utilizam a coagulação química, vem sendo coibida com um controle rigoroso das autoridades sanitárias. Assim, várias ETA's vêm praticando a recuperação das águas de lavagem de filtros ao invés de lançá-las na natureza (FONTANA, 2004).

Experiências têm demonstrado que a recuperação, de modo adequado, é viável economicamente. Tendo em vista que o teor de sólidos da água de lavagem

é muito baixo, 0.05% a 0.5% e o volume é grande, cerca de 1 a 5% da água tratada da ETA, a recuperação da água de lavagem não é feita só para eliminar o problema dos impactos ambientais causado pela sua descarga no corpo receptor, mas, também, para reaproveitar economicamente essa grande quantidade de água, principalmente em regiões onde há escassez de água ou o recalque da água bruta é feito a um custo de energia elevado (FONTANA, 2004).

2.9 Estudos de caso envolvendo reuso da água de lavagem de filtros, em algumas Estações de Tratamento de Água

Molina (2010) analisou a água de lavagem de filtros da Estação de Tratamento de Água (ETA) do município de Rebouças/PR, que utiliza o sulfato de alumínio como coagulante. Tendo como objetivo apresentar uma caracterização dos resultados obtidos na água de lavagem de filtros. Após a caracterização do efluente, testes de tratabilidade foram realizados com três tipos auxiliares de floculação, dois polímeros aniônicos e o amido de batata, este, um polímero natural. Com os sobrenadantes obtidos para cada polímero, a caracterização foi realizada novamente, a fim de avaliar a eficácia da utilização dos auxiliares de floculação. E constatou que a água de lavagem de filtro da ETA Rebouças/PR, possui características que impedem seu lançamento em corpos d'água, e o tratamento, com o uso de polímeros, torna possível a recirculação destas águas para o processo da ETA. Entre os auxiliares de floculação utilizados, o amido de batata obteve maior destaque, devido aos satisfatórios resultados de tratabilidade, e ainda, por ser um polímero natural de baixo custo e fácil aquisição.

Ribeiro (2007) desenvolveu um estudo na Estação de Tratamento de Água (ETA) de Itabirito-MG, seu objetivo era: quantificar e caracterizar os resíduos gerados nas etapas de decantação e filtração, por meio de medições e análises laboratoriais; comparar os resultados obtidos com o da literatura pesquisada; correlacionar a quantidade de lodo gerado com a turbidez da água bruta e com esse propósito reunir subsídios para proporcionar uma visão geral das alternativas possíveis de uso e disposição dos lodos gerados na ETA de Itabirito, avaliar suas características e fornece informações para um pré-direcionamento da disposição

final destes lodos. O autor adotou a seguinte metodologia: levantamento das características físicas e operacionais da ETA, com a descrição dos processos e produtos químicos utilizados no tratamento; análise das características da água bruta ao longo do período de um ano e sua implicação na variação do consumo de produtos químicos e, conseqüentemente, nas quantidades de lodo geradas, com dados fornecidos pela área operacional da ETA (2005-2006). De acordo com os resultados obtidos o autor recomenda que sejam realizados estudos visando à recuperação dos resíduos das ETA's, pois representa uma significativa parcela de água que pode ser recuperada. E que sejam realizados estudos visando à caracterização dos resíduos de ETA's sob o aspecto microbiológico, com vistas à avaliação do potencial poluidor.

Oliveira (2012) realizou estudo na Estação de Tratamento de Água (ETA) da cidade de Anápolis/GO com o objetivo de avaliar a qualidade da água utilizada no processo de lavagem dos filtros da Estação de Tratamento de Água do tipo convencional de fluxo completo (ETA), com fins de reutilizá-la no processo inicial de tratamento da presente ETA. No estudo foi realizada análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de lavagem dos filtros. Os resultados médios obtidos foram: 2,41 mg L⁻¹ para o alumínio, 2,49 mg L⁻¹ para o ferro, 0,02 mg L⁻¹ para o manganês, 7,80 para o pH, 140,8 UNT para a turbidez, 1,7.10⁴ NMP 100 mL⁻¹ para coliformes totais e 5,2.10³ NMP 100 mL⁻¹ para coliformes termotolerantes. Segundo a autora, após os estudos das características da água de lavagem de filtro, foi possível averiguar que o retorno da mesma ao início do processo do tratamento pode ser realizado de forma controlada, pois os parâmetros alumínio, ferro, turbidez e coliformes encontram-se fora dos limites estabelecidos pelas Resoluções CONAMA 357/2005 para águas doce de classe 2 e padrão de lançamento de efluentes. Portanto, com as informações levantadas pelo autor faz-se necessário um estudo para otimização do processo de reutilização da água de lavagem dos filtros, que garantam que as características físico-químicas e microbiológicas estejam dentro dos padrões estabelecidos por esta resolução.

Menezes (2005) desenvolveu estudos sobre o efluente líquido descartável (sobrenadante das lagoas de lodo e a água de lavagem dos filtros) da ETA/Gramame, João Pessoa, Paraíba, com objetivo de caracterizar o efluente

líquido descartável com vistas ao reuso no início do processo de tratamento. De acordo com os resultados obtidos pela autora, verificou-se que as características físico-químicas do referido efluente apresentaram, em geral, comportamento similar aos da água bruta da ETA, captada no rio Gramame. Exceção ocorreu para o parâmetro alumínio, que no efluente foi bem mais elevado. Portanto, o reaproveitamento dos volumes de água utilizados na lavagem dos filtros e limpeza dos decantadores de uma ETA, deve passar por um controle mais efetivo na adição do sulfato de alumínio no processo de tratamento e nas operações de limpeza dos decantadores e lavagem dos filtros.

Fontana (2004), ao realizar estudos na ETA Cardoso, localizada na cidade de São Carlos-SP verificou que a mesma se enquadrava no perfil de poluidora lançando seus resíduos sem tratamento diretamente no corpo d' água existente nas proximidades, como solução para o problema foi implantado um sistema constituído de Leito de Drenagem para os lodos de decantadores e Sedimentador para as águas de lavagem de filtros. Esse sistema segundo o autor foi construído na própria área da ETA e a operação demanda pouca mão de obra e equipamentos. Essa tecnologia integrada se apresenta como solução efetiva para a grande maioria de ETA's com disponibilidade de área.

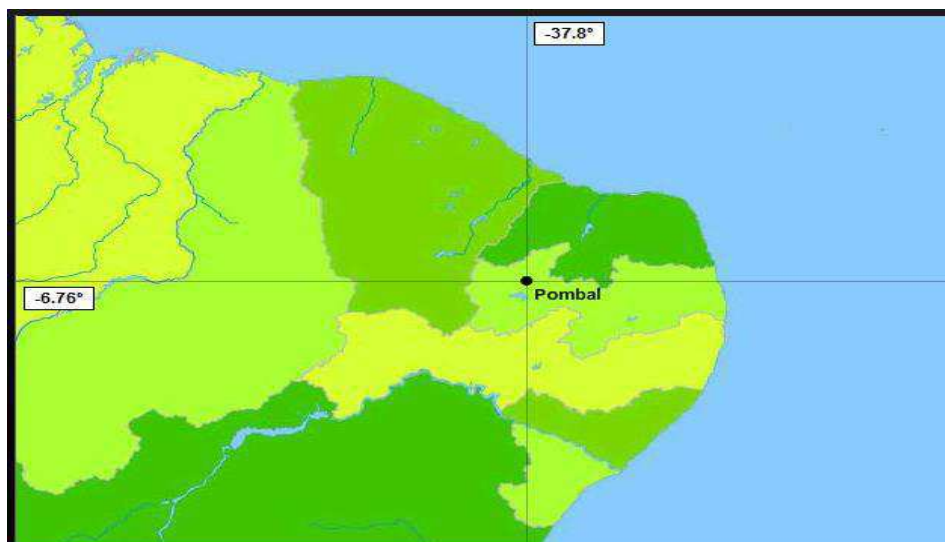
Diante do exposto, pode-se observar que o estudo do reuso da água de lavagem de filtros de Estações de Tratamento de Água (ETA's) vem sendo discutido de diferentes formas. E no decorrer da pesquisa observa-se que é possível reutilizar essa água, sendo que em alguns casos é preciso fazer um estudo detalhado desse efluente, para dar a destinação adequada para essa quantidade de água desperdiçada no processo de lavagem de filtros.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O município de Pombal FIG 2 está localizado a Oeste do estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil, Mesorregião Sertão Paraibano e Microrregião Sousa. Limita-se ao Norte com os municípios de Santa Cruz, Lagoa e Paulista, a Leste com Condado; ao Sul com São Bento de Pombal, Cajazeiras, Coremas, e São José da Lagoa Tapada, e a Oeste, com Aparecida e São Francisco. Sua área territorial é de 888,807 km² (IBGE, 2010) e está situada a uma altitude de 184 metros.

Figura 2 – Localização do município de Pombal



Fonte: Google (2014)

Os dados climatológicos da região indicam temperaturas médias anuais variando entre 18 e 39°C, com clima quente e seco. A estação chuvosa ocorre entre os meses de janeiro e maio, enquanto que a estação seca entre os meses de agosto e dezembro, podendo ocorrer chuvas de verão nos meses de setembro e outubro. A média das precipitações anuais é de 700 mm. O baixo índice de pluviosidade e de distribuição irregular decorre nas características de aridez da região.

Naturalmente, são observados períodos de escassez pluviométrica durante a época chuvosa, que resulta em secas periódicas e conseqüentemente, na

desorganização da produção agropecuária, com grandes prejuízos para a economia regional.

A cidade de Pombal é cortada por três importantes rios: o do Peixe, o Piancó e o Piranhas, todos de grande importância econômica. O primeiro nasce em Bonito de Santa Fé, no estado da Paraíba percorre, temporariamente, o município de Pombal, logo após São Domingos de Pombal. O rio Piancó, cuja nascente localiza-se na Serra Pintada, município de Conceição é perenizado pelo açude Estevão Marinho a partir da cidade de Coremas-PB, sua extensão é de 175 km; destes, 70 km situam-se em Pombal.

A confluência dos rios do Peixe e Piancó ocorrem a 6 km da cidade de Pombal, na altura da ponte do Areial, formando o rio Piranhas, que recebe à jusante do encontro desses rios, pela margem direita, a contribuição dos riachos Gado Bravo, Condado, Furnas, São Francisco, Várzea de Dentro e Mimoso; e pela margem esquerda a afluição do riacho Maniçoba, cujos tributários deste, são os riachos do Carneiro.

O rio Piancó, à montante da sua afluição no rio Piranhas, recebe a contribuição pela margem direita: dos riachos de Santana ou Riachão, Roncador, riacho do André, riacho do Bode e, pela margem esquerda o riacho de Várzea Comprida. Quanto ao rio do Peixe, antes da sua confluência com o rio Piancó, recebe pela margem direita, os riachos de São Domingos e da Jurema; pela margem esquerda, os riachos do Tigre, do Mufumbo e Riachão. Após a junção destes rios, passando a se chamar Rio Piranhas, têm-se como tributários pela margem direita, o Riacho de São Joaquim e o Riacho da Caiçara, sendo que este último recebe os fluxos de água de riachos como Gado Bravo, Condado, Furnas e São Francisco, além de Várzea de Dentro e Mimoso. Pela margem esquerda, tem como afluente o riacho Maniçoba, que por seu turno, tem como afluentes os riachos do Carneiro, Sabiá, Micada e Orodongos.

A pesquisa foi realizada na Estação de Tratamento de Água (ETA) da cidade de Pombal-PB, que foi implantada na década de 70 como parte integrante do sistema de abastecimento de água da referida cidade e encontra-se situada no sertão paraibano, cuja população é de 32.110 habitantes (IBGE, 2010). A ETA em estudo tem capacidade para tratar até 310.000L/h (0,086 m³/s), tendo como provedor de

água o reservatório Estevão Marinho localizado na cidade de Coremas-PB. O sistema de abastecimento de água da cidade se inicia na captação feita no rio Piancó, de onde a água é bombeada através de adutoras de 300 mm de diâmetro que percorrem 3 km da captação até a unidade de tratamento.

A Estação de Tratamento de Água em estudo FIG. 3 possui uma área de 13.374m² e um perímetro de 464m, suas coordenadas geográficas são: 6°46'21.54" Sul de latitude e 37°47'34.09" Oeste de longitude; é uma ETA do tipo convencional ou de ciclo completo, constando das etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, que se encontram descritas a seguir.

Figura 3 – Estação de Tratamento de Água de Pombal – PB



Fonte: Google earth (2014)

A etapa de coagulação consiste nas reações das impurezas existentes na água bruta com compostos que se formam devido à adição do coagulante, e na ETA em estudo é adicionado o sulfato de alumínio como agente coagulante. A coagulação é indispensável para a remoção de partículas suspensas e coloidais presentes na água. O coagulante não é de uso contínuo na ETA/Pombal, uma vez que a água bruta na chegada apresenta valores baixos de Turbidez na maior parte do ano. A FIG.4 mostra a entrada da água bruta na ETA.

Figura 4- Entrada de água bruta na ETA/Pombal



Fonte: Autoria própria (2014)

A etapa de floculação facilita o contato e a agregação das partículas que foram parcialmente desestabilizadas pelo agente coagulante, onde essas formam flocos que facilitam a remoção pela filtração. A ETA/Pombal possui floculadores hidráulicos com chicanas de fluxo horizontal, que aumenta o caminho percorrido pela água e promove mudanças de direção no escoamento, conforme apresentado na (FIG. 5).

Figura 5- Floculadores ETA/Pombal



Fonte: Autoria própria (2014)

Na decantação ocorre a deposição das impurezas geradas nas etapas anteriores. A ETA/Pombal possui três decantadores convencionais retangulares com

dimensões de 18,05m x 3,80m, conforme mostra a FIG.6. Segundo informações do operador da ETA os decantadores são lavados duas vezes por semana.

Figura 6- Decantadores retangulares ETA/Pombal



Fonte: A autoria própria (2014)

A filtração é o processo pelo qual ocorre a remoção de partículas suspensas e coloidais, estas escoam através do meio poroso, por ser a etapa final de uma ETA é responsável pela água de qualidade e potável. A ETA em estudo possui três filtros com uma camada de pedra e outra de areia, com dimensões de 3,80m x 3,80m e com uma profundidade de 3,5m, FIG 7. A água decantada segue pelos filtros em sentido de escoamento descendente.

Figura 7- Filtro ETA/Pombal



Fonte: A autoria própria (2014)

A ETA em estudo utiliza no processo de desinfecção o cloro residual gasoso. O agente de desinfecção tem o uso controlado pelo agente de operação da ETA.

Os reservatórios de água tratada de uma ETA é o local onde se completará o tempo de contato da água com o agente desinfetante conforme a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. A ETA/Pombal possui três reservatórios de água tratada sendo 01 (um) semienterrado FIG.8 e 02 (dois) elevados FIG.9 com capacidade de 250.000 l e 300.000 l, respectivamente.

Figura 8- Reservatório semienterrado



Figura 9- Reservatórios elevados



Fonte: Autoria própria (2014)

Os filtros da ETA/Pombal são lavados unicamente com água no sentido ascendente. A lavagem é feita diariamente, alternadamente em cada filtro, como mostra a FIG.10 durante a limpeza dos filtros ocorre um grande desperdício no volume de água tratada. O processo de lavagem dos filtros influencia na geração de resíduos da ETA.

Figura 10- Lavagem do filtro ETA/Pombal



Fonte: Autoria própria (2014)

O descarte do efluente gerado pela lavagem dos filtros é lançado em uma galeria localizada a duas quadras da ETA sendo conduzido, a um riacho que corta a cidade, o qual desagua no rio Piencó, sem tratamento prévio (FIG.11).

Figura 11 - Descarte do efluente de lavagem do filtro da ETA/Pombal



Fonte: Autoria própria (2014)

3.2 Caracterização da água de lavagem dos filtros

Inicialmente foi realizada a caracterização da água bruta da ETA, com a finalidade de comparar com os resultados da água de lavagem dos filtros.

Foram realizadas Análises Titulométricas (Alcalinidade, Dureza, pH e Cloretos); Calorimétricas (Turbidez e Temperatura) e Bacteriológicas (Coliformes totais, Termotolerantes e *Escherichia coli*).

Para desenvolver o estudo sobre o aproveitamento do volume de água utilizada para limpeza dos filtros da ETA, que segundo informação obtida na CAGEPA (Companhia de Água e Esgotos da Paraíba) é de 50m³ para cada filtro (valor referente a 09 minutos de lavagem) foi feita a caracterização da mesma.

Esta etapa de avaliação é de suma importância, pois através das características das águas a serem reutilizadas é possível determinar a sua melhor forma de tratamento.

Foi planejada uma campanha de coleta de amostras da água de descarte da limpeza dos filtros, em 09 intervalos de tempo, durante uma operação de descarga. A caracterização foi necessária também para observar se o tempo atual de lavagem dos filtros estaria sendo suficiente para sua limpeza. Os procedimentos de coleta, preservação, preparação e análise das amostras, seguiram o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (BRASILIA, 2011).

Através da mistura de frações proporcionais das cinco primeiras amostras, foi confeccionada a amostra composta (C1), que representa a água de lavagem do primeiro minuto de descarga, e com a mistura proporcional de C1 com as demais quatro amostras foi formada a amostra composta (C2), que representa a água de lavagem em todo período de descarga, conforme a (TAB. 1).

Tabela 1 - Tempo de descarga e volumes coletados para caracterização

Número de Amostras	Tempo de Descarga (Seg)	Volume (mL)
01	01	500
02	15	500
03	30	500
04	45	500
05	60	500
06	180	500
07	300	500
08	420	500
09	540	500
C1	-	500
C2	-	500

Fonte: Autoria própria (2014)

A caracterização das amostras coletadas foi feita conforme apresentado na (TAB. 2).

Tabela 2 – Caracterização da água de lavagem dos filtros

Parâmetros	Unidade	Amostras
Turbidez	uT	1 a 9 e C2
Sólidos totais	mg/L	1 a 9 e C2
Sólidos totais fixos	mg/L	1 a 9 e C2
Sólidos totais voláteis	mg/L	1 a 9 e C2
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1 a 9 e C2
Dureza total	mg/L	1 a 9 e C2
Cloretos totais	mg/L	1 a 9 e C2

Parâmetros	Unidade	Amostras
Alcalinidade	mg/L	1 a 9 e C2
Condutividade elétrica	Us/cm	1 a 9 e C2
pH		1 a 9 e C2
Temperatura	°C	1 a 9
Coliformes totais	VMP/100mL	3 a 9; C1 e C2
Termotolerantes	VMP/100mL	3 a 9; C1 e C2
Escherichia	VMP/100mL	3 a 9; C1 e C2

Fonte: Autoria própria (2014)

O estudo propõe como ideia para o tratamento da água de lavagem de filtros, um tanque de sedimentação para receber apenas o efluente da lavagem e promover a clarificação do mesmo. A sedimentação é uma operação de separação de sólido-líquido baseada na diferença entre as concentrações das fases presentes na suspensão a ser processada. A decantação (ou sedimentação) da fase particulada ocorre normalmente em tanques cilíndricos, conhecidos como sedimentadores (AROUCA, 2007).

Para embasar essa proposta foram realizados ensaios de sedimentação em cones de 1000 mL, com o propósito de observar o comportamento da água no decorrer do tempo de sedimentação, em relação aos parâmetros de turbidez e coliformes, sendo realizadas análises para os mesmos nos intervalos de 1h e 24hs após, o início da sedimentação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da água bruta do rio Piancó

As características da água bruta do Rio Piancó demonstra que a mesma atende aos padrões exigidos para classificação para águas doces de classe 2, conforme estabelecido pela Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A TAB.3 apresenta os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da água bruta do Rio Piancó.

Tabela 3 – Caracterização da água bruta do rio Piancó

Parâmetros	Resultados	Limite (CONAMA 357/2005)
Turbidez (uT)	1,41	40
Sólidos totais (mg/L)	191	-
Sólidos totais fixos (mg/L)	73	-
Sólidos totais voláteis (mg/L)	118	-
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	153,3	500
Dureza total (mg/L)	79,5	-
Cloretos totais (mg/L)	53,25	250
Alcalinidade (mg/L)	92	-
Condutividade elétrica (Us/cm)	273,9	-
pH	7,07	6,0 a 9,0
Temperatura (°C)	35	-
Coliformes totais (NMP/100mL)	43	200/100mL
Termotolerantes (NMP/100mL)	23	200/100mL
Escherichia (NMP/100mL)	Ausente	200/100mL

Fonte: Autoria própria (2014)

NMP: Número Mais Provável

4.2 Análises de caracterização das amostras da água de lavagem dos filtros da ETA/Pombal

Para avaliar a água de lavagem dos filtros da ETA em estudo foram realizadas análises físico-químicas visando-se as características da mesma. Ao analisar os resultados obtidos percebe-se que os valores dos parâmetros alcalinidade, dureza total, cloretos totais, sólidos totais, sólidos totais fixos, sólidos totais voláteis, sólidos dissolvidos totais, condutividade elétrica, pH e turbidez no decorrer do processo de lavagem dos filtros mantiveram-se em geral dentro dos limites impostos pela Resolução nº 357/2005 e 430/2011 do CONAMA, como apresentado na (TAB 4)

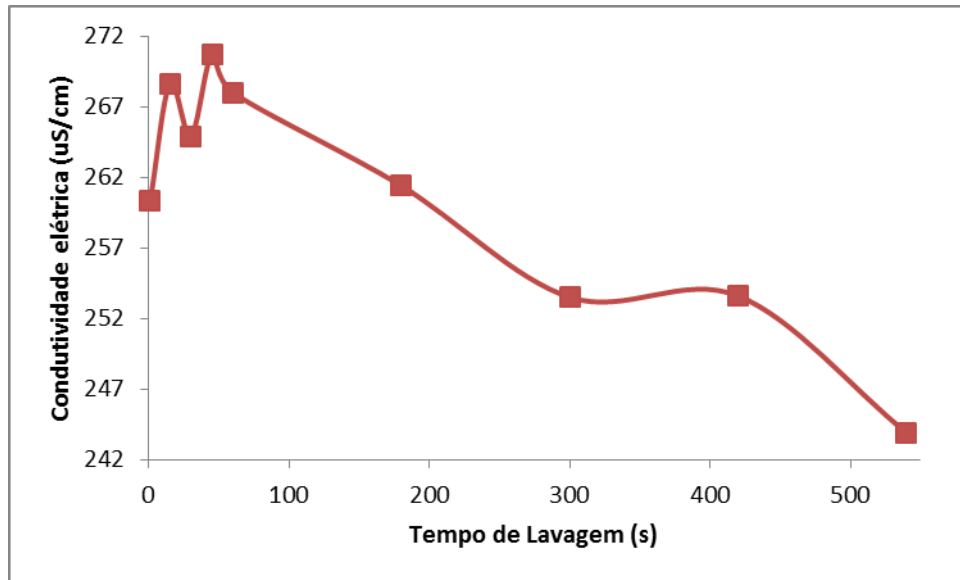
Tabela 4- Resultados dos parâmetros físico-químicos da água de lavagem dos filtros

Parâmetros	Tempo (S)									CONAMA (357/2005, 430/2011)
	1"	15"	30"	45"	60"	180"	300"	420"	540"	
Turbidez (Ut)	20,6	46,8	59,1	46,3	63,8	74,8	41,7	29,6	21,1	100
Sólidos totais (mg/L)	88	88	96	92	92	84	76,5	74,5	73,5	-
Sólidos totais fixos (mg/L)	70,5	93	101,5	84	93	79,5	75	70,5	79,5	-
Sólidos totais voláteis (mg/L)	46,15	49,7	46,15	46,15	46,15	46,15	46,15	46,15	46,15	-
Sólidos dissolvidos totais (mg/l)	215	255	267	190	225	251	237	228	205	500
Dureza total (mg/L)	65	132	96	138	137	218	170	185	146	-
Cloretos totais (mg/L)	150	123	171	92	88	33	67	43	59	250
Alcalinidade (mg/L)	94,72	145,7	148,3	148,1	146,5	145,4	137,3	140,8	138,2	-
Condutividade elétrica (Us/cm)	260,3	268,6	264,9	270,7	268	261,4	263,5	253,6	243,9	-
pH	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	6,0 a 9,0
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35	35	-

Fonte: Autoria própria (2014)

Os resultados obtidos para a condutividade elétrica, durante a lavagem do filtro estão apresentados no GRAF. 1.

Gráfico 1 – Resultados para condutividade elétrica

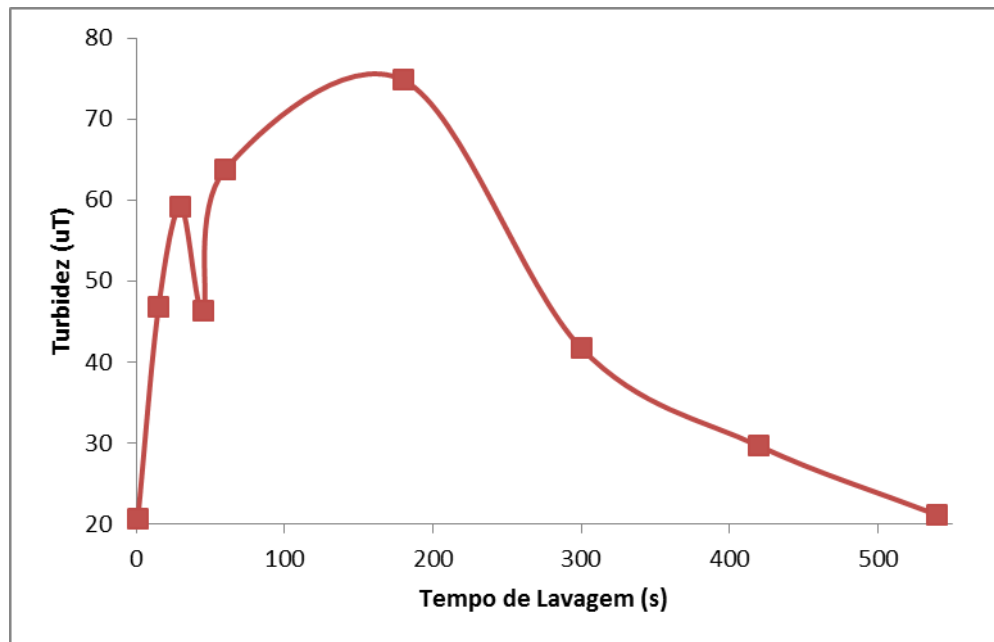


Fonte: Autoria própria (2014)

Observou-se de acordo com o GRAF. 1, que no início da lavagem o valor da condutividade elétrica era de 260,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e no decorrer do processo esses valores se elevaram nos intervalos de 15 a 60 segundos o que indica que possivelmente ocorrem grandes quantidades de sais dissolvidos na água. Nos instantes finais da lavagem esses valores decresceram, evidenciando uma possível redução desses sais. Menezes (2005) obteve valores médios de 104 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo estes inferiores aos obtidos nessa pesquisa.

O GRAF. 2 apresenta os resultados para a turbidez no decorrer da lavagem dos filtros.

Gráfico 2– Resultados para turbidez

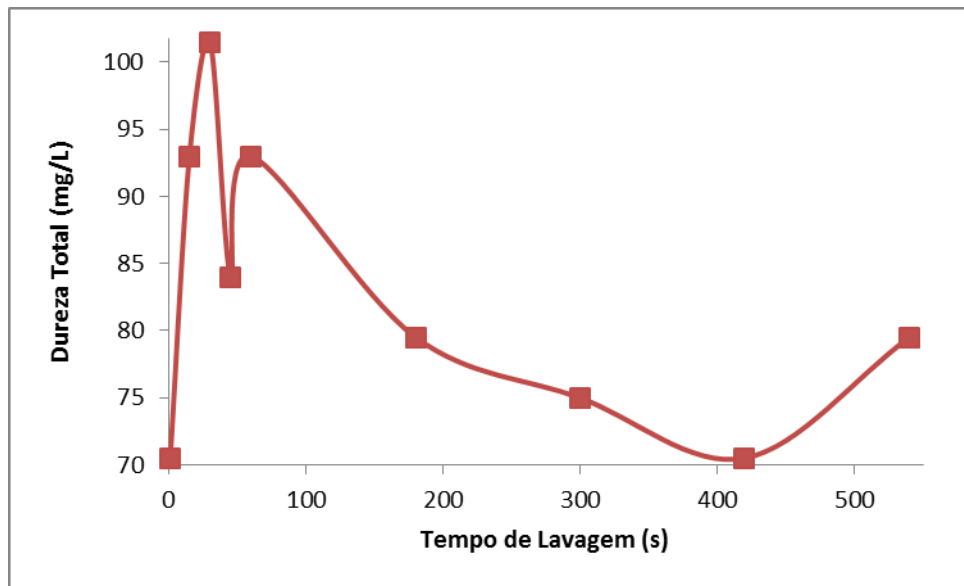


Fonte: Autor (2014)

De acordo com o GRÁF 2, pode-se observar que nos primeiros segundos da lavagem dos filtros a água apresenta valores elevados para a Turbidez, o que pode-se concluir que nestes instantes a água apresenta grandes quantidades de partículas suspensas, podendo ser causada pela presença de areia, argila e microrganismos, interferindo em sua transparência. Após o terceiro minuto ocorre uma redução considerável desses valores demonstrando-se que a água encontra-se mais clara em relação ao início do processo. Os valores da turbidez encontram-se dentro dos limites estabelecidos para Resolução nº 357/2005 e 430/2011 do CONAMA que é de 100 uT. Diferentemente dos resultados de Oliveira (2012), que obteve valores em média de 150 uT, superiores aos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

No GRAF. 3, estão apresentados os resultados obtidos para Dureza total, da água de lavagem do filtro ao longo do processo de limpeza. A dureza pode ser definida como a soma dos cátions polivalentes presentes em uma água e expressa em termos de uma quantidade equivalente de CaCO_3 .

Gráfico 3 – Resultados para dureza total

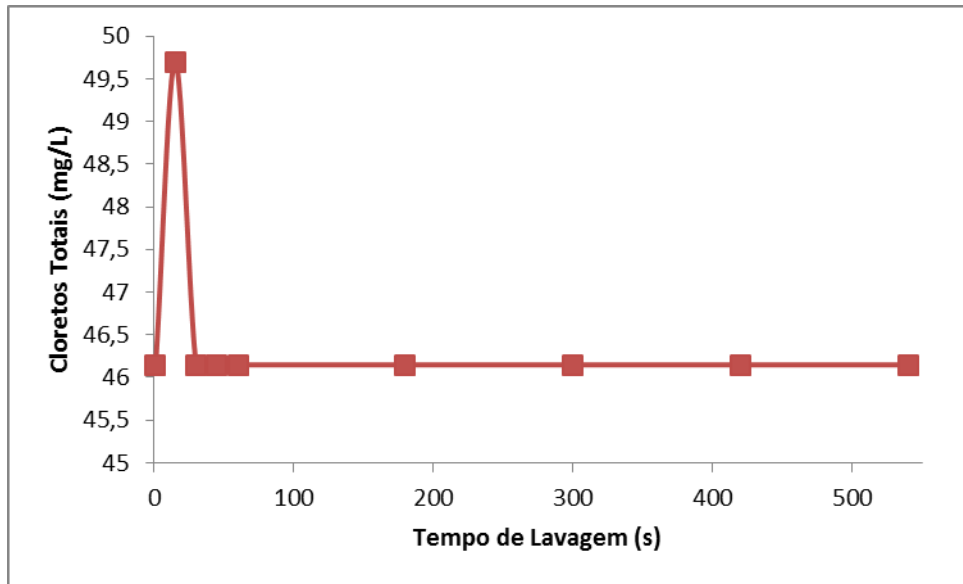


Fonte: Autoria própria (2014)

Observa-se que os resultados para dureza total, em um determinado intervalo de tempo durante a lavagem se elevaram e em seguida decrescem. Com esses resultados a água é considerada uma água com dureza moderada. Ribeiro (2007), ao analisar a água de lavagem de filtros na ETA-Itabirito obteve resultado inferior para esse constituinte, sendo o valor encontrado de 69,9 mg/L.

Os resultados obtidos para cloretos totais durante o processo de lavagem do filtro estão apresentados no GRAF. 4.

Gráfico 4 – Resultados para cloretos totais

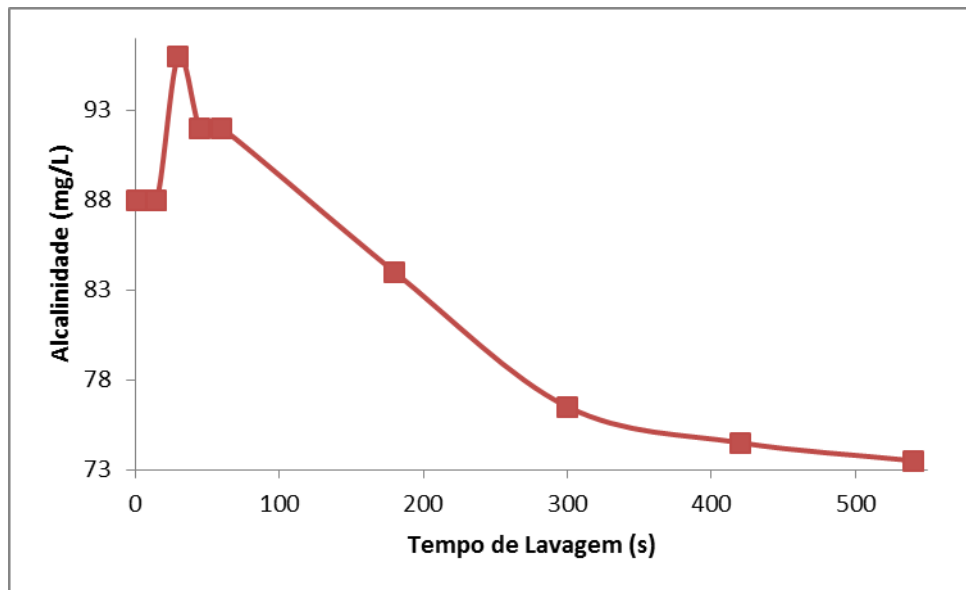


Fonte: Autoria própria (2014)

Pode-se observar que os resultados obtidos para cloretos totais foram satisfatórios, isto é, se mantiveram abaixo do valor máximo permitido (VMP) pelas Resoluções nº 357/2005 e 430/2011 do CONAMA que é de 250mg/L para águas de classe 2 e para lançamento de efluentes. Também foi possível verificar que a partir do intervalo de tempo de 30 segundos esses valores se mantiveram constantes. Menezes (2005) obteve valores de 40 mg/L semelhantes aos encontrados em alguns intervalos de tempo desta pesquisa e de acordo com o CONAMA.

O GRAF.5 mostra os resultados para a Alcalinidade durante a lavagem do filtro. A alcalinidade pode ser entendida como a capacidade da água neutralizar ácidos.

Gráfico 5 – Resultados para alcalinidade



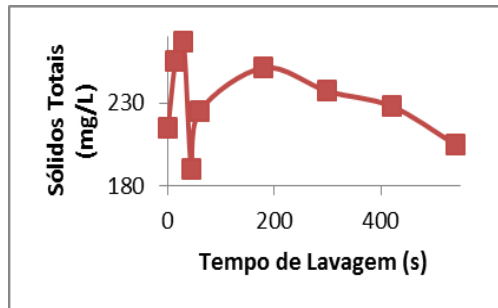
Fonte: Autoria própria (2014)

De acordo com os valores obtidos para a alcalinidade, é possível observar que no início da lavagem do filtro os valores desse parâmetro são elevados e observa-se que no decorrer do processo esses valores decrescem e chega à estabilidade. Pode-se indicar que a água tem boa capacidade de neutralizar ácidos.

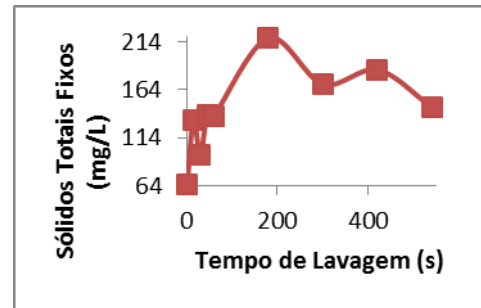
Os resultados para sólidos totais, sólidos totais fixos, sólidos totais voláteis e sólidos dissolvidos totais, podem ser observados pelo GRAF. 6.

O alto teor de sólidos presentes na água pode torná-la de uso limitado, pois água com até 500mg/L de sólidos dissolvidos poderá ser utilizada para o uso doméstico, porém pode não ser adequada para uso industrial, já para valores acima de 1000mg/L a água é imprópria para consumo humano e possivelmente será corrosiva e até abrasiva.

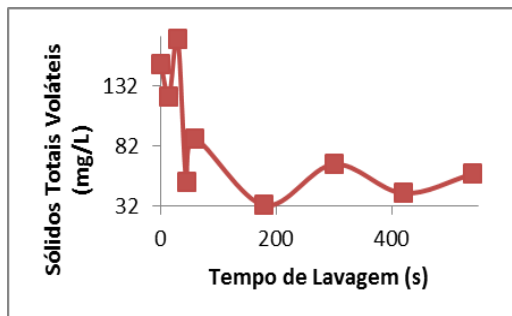
Gráfico 6 – Resultados para os Sólidos



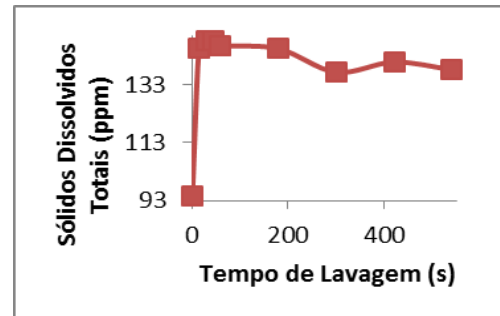
A)



B)



C)



D)

Fonte: Autoria própria (2014)

Observa-se que no primeiro minuto de lavagem dos filtros a água apresenta valores elevados para os sólidos totais, sólidos fixos, sólidos voláteis e sólidos dissolvidos. Nota-se que a partir do terceiro minuto de lavagem esses valores chegam a certa estabilidade, isso mostra que a água encontra-se apta para o reuso. Percebe-se que os resultados para sólidos dissolvidos totais mantiveram-se dentro dos limites impostos pela Resolução nº 357/2005 e 430/2011 do CONAMA. Semelhante aos resultados obtidos por Molina (2010), onde o mesmo também obteve valores mais elevados no início do processo de lavagem com redução de valores no decorrer da lavagem do filtro.

Os valores de pH, durante o estudo se mantiveram constantes em 7,3 e dentro dos padrões da resolução nº 357/2005 e 430/2011 do CONAMA, para lançamento de efluentes. Seus valores podem identificar a acidez, a neutralidade e a alcalinidade de água. Os valores de pH tem importância nas etapas de

coagulação, filtração, desinfecção e controle de corrosão em uma Estação de Tratamento de Água (ETA).

A temperatura manteve-se constante para todos os intervalos de tempo, seus valores podem variar em função de fontes naturais. Os valores da temperatura são importantes, pois influenciam em algumas propriedades da água como a densidade, a viscosidade e a solubilização do oxigênio dissolvido com reflexos sobre a vida aquática.

4.3 Análises Bacteriológicas das amostras da água de lavagem dos filtros da ETA/Pombal

Foram realizadas análises bacteriológicas da água de lavagem dos filtros da ETA/Pombal visando-se a identificação e a quantificação de microrganismos presentes na mesma. Observam-se na TAB. 5 os resultados obtidos para as análises bacteriológicas.

Tabela 5 - Resultados bacteriológicos da água de lavagem dos filtros

Amostras	Coliformes Totais (NMP/100mL)	Termotolerantes (NMP/100mL)	Escherichia Coli
C1	96,6	43	Ausente
C2	$4,6 \times 10^3$	91	Ausente
3'	$3,9 \times 10^2$	0,0	Ausente
5'	$1,5 \times 10^3$	23	Ausente
7'	$7,5 \times 10^2$	43	Ausente
9'	$2,1 \times 10^3$	23	Ausente

Fonte: Aatoria própria (2014)

Ao analisar os resultados bacteriológicos percebe-se que os valores em alguns intervalos de tempo são mais elevados, indicando poluição e eventualmente focos de contaminação, uma vez que foi possível observar durante o processo de lavagem dos filtros que os mesmos possivelmente apresentam partículas como lodo

retido nas paredes. Porém, em outros intervalos esses valores encontram-se dentro dos limites estabelecidos pelas Resoluções CONAMA nº 357/2005 e 430/2011 para águas doce de classe 2 e padrão de lançamento de efluentes. Comparando com os resultados obtidos por Oliveira (2012), onde encontrou todos os valores fora do limite permitido pelo CONAMA, pode-se considerar os resultados da ETA/Pombal satisfatórios em determinados intervalos do processo.

4.4 Análises físico-químicas da amostra composta C2

Tabela 6 – Resultados físico-químicos da amostra composta (C2)

Parâmetros	Resultados (C2)	CONAMA (357/2005 e 430/2011)
Turbidez (uT)	52,4	100
Sólidos totais (mg/L)	260	-
Sólidos totais fixos (mg/L)	180	-
Sólidos totais voláteis (mg/L)	80	-
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	144,2	500
Dureza total (mg/L)	88,5	-
Cloretos totais (mg/L)	46,15	250
Alcalinidade (mg/L)	79,5	-
Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	257,7	-
pH	7,3	6,0 a 9,0
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	35	-

Fonte: Autoria própria (2014)

De acordo com as Resoluções CONAMA nº 357/2005 e 430/2011, para água doce de classe 2 e padrão de lançamento de efluentes, os resultados da amostra composta C2 mantiveram-se em geral, dentro dos limites impostos pelas referidas Resoluções.

Ao final dos estudos para caracterizar a destinação final da água de lavagem dos filtros da ETA/Pombal foi possível observar que é preocupante a quantidade de água desperdiçada nesse processo. A quantidade do volume de água descartada na lavagem dos filtros segundo informações do operador da ETA é de cerca de 50.000 l de água para cada filtro, totalizando cerca de 150.000 l de água desperdiçada diariamente. Somente na lavagem de filtros a perda pode representar 16% do volume de água produzido na ETA e constitui-se no maior volume de água gasto em todo processo de tratamento.

4.5 Proposta de Reuso da Água de Lavagem de Filtros da Estação de Tratamento de Água (ETA/Pombal)

Diante dos resultados obtidos para as análises físico-químicas da água de lavagem de filtros da ETA em estudo, pode-se observar que os parâmetros analisados, em geral, se mantiveram dentro dos limites impostos pelas Resoluções CONAMA n° 357/2005 e 430/2011, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água doce, classe 2, e para os padrões de lançamento de efluentes. Assim sendo, o lançamento da referida água em corpos hídricos não apresenta nenhuma ameaça a qualidade hídrica do manancial.

Os resultados para os ensaios de sedimentação em 1h e 24hs da água de lavagem dos filtros da ETA/Pombal para os parâmetros coliformes e turbidez estão apresentados nas TAB. 7 e 8.

Tabela 7 – Resultado bacteriológico do ensaio de sedimentação (C1 e C2)

Amostras	Coliformes Totais (NMP/100mL)	Termotolerantes (NMP/100mL)	Escherichia coli	Tempo (h)
C1	930	39	Ausente	1
C2	930	23	Ausente	1
C1	150	23	Ausente	24
C2	150	0	Ausente	24

Fonte: Autoria própria (2014)

Diante dos resultados obtidos para os ensaios de sedimentação, observa-se que houve uma redução para as análises bacteriológicas em relação às demais análises realizadas. Com isso, percebe-se que possivelmente essa água poderia ser reutilizada, levando-se em consideração a Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que estabelece as práticas de reuso direto não potável. Tendo em vista que após 24hs sua carga bacteriológica teve uma redução considerável, essa água poderia ser reservada em um reservatório. E levando-se em consideração que a partir de três minutos do descarte a mesma já apresenta uma baixa turbidez, poderia ser descartada a água referente ao primeiro minuto de lavagem que apresenta grandes concentrações de poluição e destinada ao reservatório à água dos minutos seguintes. No entanto, essa água seria clorada e dependendo do resultado a mesma poderia retornar ao início do processo da ETA.

Tabela 8- Turbidez do ensaio de sedimentação

Amostras	Turbidez (uT)
C1/1h	23,0
C2/1h	16,7
C1/24hs	1,33
C2/24hs	1,27

Fonte: Autoria própria (2014)

Os resultados para a turbidez no ensaio de sedimentação em 24hs mostraram-se inferiores ao da água bruta do rio Piancó, analisada para comparação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que a água de lavagem dos filtros apresentaram características capazes de serem recuperadas através do processo de clarificação, então sugere-se que a água descartada seja reservada em um tanque de sedimentação, com uso exclusivo para o efluente da lavagem e em seguida clorada e após analisada, possivelmente retornaria ao início do tratamento.

Vale ressaltar que o volume de água tratada gasto no processo de lavagem dos filtros é preocupante, uma vez que essa quantidade chega a cerca de 150.000 l de água desperdiçada diariamente.

Com relação aos resultados das análises realizadas durante a pesquisa, percebe-se que a água de lavagem dos filtros apresentou valores satisfatórios, chegando a obter resultados inferiores ao da água bruta da ETA, indicando-se que a mesma poderia ser destinada também para usos como agricultura, aquicultura e atividade de pesca, além de ser reutilizada no início do processo.

É importante destacar que diante das dificuldades enfrentadas por água adequada ao consumo e se tratando de uma estação de tratamento de água localizada na região semiárida, torna-se necessário o controle dos reservatórios de água para que a mesma não venha a faltar. E diante do grande desperdício gerado no processo de lavagem dos filtros é de extrema necessidade o uso de técnicas de reuso que venham proporcionar alternativas para que esse volume de água seja reutilizado de alguma forma. Tendo como base que os resultados foram satisfatórios para a ETA em estudo, deve-se analisar bem essa proposta e implantá-la.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. M. S. **Otimização do Índice de Qualidade de Estação Convencional de Tratamento de Água (iqeta) por meio de análise estatística multivariada.** Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2009.

ANDREOLI, C.V. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final.** Rio de Janeiro: RIMA, ABES, 2001.

AROUCA, F.O. **Uma contribuição ao estudo da sedimentação gravitacional em batelada.** Tese (Doutorado). Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12216/1992: **Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público.** Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABil0AH/nbr-12216-1992-projeto-estacao-tratamento-agua-abastecimento-publico>> Acessado em: 14 de jan. de 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Portaria nº 2.914.** de 12 de Dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de 33 vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, 2011.

BOTERO, W. G. **Caracterização de lodo gerado em Estações de Tratamento de Água: perspectivas de aplicação agrícola.** Quim. Nova, Vol. 32, No. 8, 2018-2022, 2009.

CENTURIONE FILHO; DI BERNARDO ; DI BERNARDO. **Ensaio de Tratabilidade de água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água.** Rima. São Carlos, 2002. Disponível em:http://www.cvs.saude.sp.gov.br/pdf/inspecao_sanitaria_abastecimento_agua.pdf Acessado em:05 de jan. de 2014.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 357 de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005. 23p. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamentos de efluentes nos corpos receptores e dá outras providências.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 430 de 13 de maio de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2011. 8p.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 54 de 28 de novembro de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências.

CORDEIRO, J.S. (1993). **O problema dos lodos gerados nos decantadores em estações de tratamento de água**. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CORNWELL, D.A. et al. **Water treatment plant waste management**. Denver. **Environmental Engineering & Technology, Inc. , AWWA Research Foundation**. (1987).

DANTAS, A; DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2ª.ed. São Carlos, SP. Rima, 2005. 1v. p.6-251

DI BERNARDO, L. **Métodos de Tratamento de Água**. Volumes I e II. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. . (1993). Rio de Janeiro.

DI BERNARDO, L. et al. **Água de lavagem de filtros rápidos**. In: Reali, M. P. , coord. **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água** ABES.(1999), Cap.7 , p. 143-168, Rio de Janeiro.
FERREIRA FILHO, S.S.; LAJE FILHO, F.A. **Redução de perdas e tratamento de lodo em ETA. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA**. Brasília: SEPURB, 23p. 1999. Documentos Técnicos de Apoio.

FIESP/CIEP. **Conservação e reúso de água - Manual de orientações para o setor industrial**. Centro Internacional de Referência em Reúso de Água – FCTH. São Paulo: FIESP, 90p. 2004.

FILHO, S. S. F ; MARCHETTO, M., **Otimização Multi-objetivo de Estações de Tratamento de Águas de Abastecimento: Remoção de Turbidez, Carbono Orgânico Total e Gosto e Odor**. Engenharia Sanitária e Ambiental, 7-15, 2006.

FONTANA, A. O. **Sistema de Leito de Drenagem e Sedimentador como solução para Redução de Volume de Lodo de Decantadores e Reuso de Água de Lavagem de Filtros – Estudo de Caso – ETA Cardoso**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, 2004.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de Saneamento**. 3 ed. revisada. Brasília: Funasa, 2006.

GUANAES, E, A. **Análise laboratorial do desaguamento do lodo residual de estação de tratamento de água por meio de Geossintéticos**. Belo Horizonte, 20 de abril de 2009. Disponível em <https://dl.dropbox.com/0/view/1s2l1jrtrl6bjtz/PI/Artigos%20e%20materiais/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Final%20-%20Eduardo.pdf> Acessado em: 14 de dez de 2013.

Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão [et al.]. -- São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 1^o Ed. Minas Gerais: UFMG, 2006.

HESPANHOL, I. et al. **Manual de conservação e reúso da água na indústria ,março/2007**. Disponível em: < <http://dc359.4shared.com/doc/g2QIM-OJ/preview.html> > Acessado em: 15 de out. de 2013 .

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2008). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro. Brasil.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **Censo Demográfico 2010**; Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/temas.php?codmun=251210&idtema=1&search=paraiba|pombal|censo-demografico-2010:-sinopse->> Acessado em: 17 de set. de 2013.

LIBÂNIO, P.A.C. et al. **A dimensão da qualidade de água: Avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica de saneamento e de saúde pública**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.10, n.3, p.219-228, 2005.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos da qualidade e tratamento de água**. 2^a.ed. Campinas, SP. Átomo. 2008.

MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 3^o Ed. Minas Gerais: CRQ – MG, 2007.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reuso de Água**. Rio de Janeiro, Manole, 2003.

MCCONHACHIE, G. L .et al. **Fried trials of appropriate hydraulic flocculation processes**.Water Research, v.33,n6,p.1425-1434,1999.

MEYER, S. T. **O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública**. *Cad. Saúde Pública*. n. 10, p. 99-110, jan-mar, 1994

MENESES, A.C.L.S.M. **Presença de alumínio no efluente descartável gerado numa estação de tratamento de água e suas implicações na qualidade da água do corpo receptor**. João Pessoa: PRODEMA/UFPB, 2005. 110p. Dissertação Mestrado.

MOLINA, T. **Caracterização e tratamento de água de lavagem de filtros de eta, com o uso de polímeros sintéticos e amido de batata**. *Revista de Engenharia e Tecnologia*. V. 2, n. 3, 2010. .

OLIVEIRA, C. A. **Estudo do reaproveitamento da água de lavagem de filtro na ETA - Anápolis/Go**. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Goiânia/GO, 2012.

PARSEKIAN, M. P. S. **Análise e proposta de formas de gerenciamento de estações de tratamento de águas de abastecimento completo em cidades de porte médio do estado de São Paulo**. São Carlos. Dissertação (Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos), Universidade de São Paulo, 1998.

PIRES, E.O. et al. **Gestão de Recursos Hídricos**. Unopar, vol.3, SP: Editora Pearson, 2009. p.01-182.

REIBER, S. et al. ***Drinking Water Aluminium and Bioavailability*** – JAWWA, Denver, USA, 1995.

RIBEIRO, F. L. M. **Quantificação e caracterização química dos resíduos da ETA de Itabirito-MG**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. de. ***Tratamento de Água: Tecnologia Atualizada***. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.