

# ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA COAGULAÇÃO E DA FLOCULAÇÃO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM CICLO COMPLETO NO BRASIL

## EFFICIENCY ANALYSIS OF COAGULATION AND FLOCCULATION IN DRINK WATER TREATMENT PLANTS BY CONVENTIONAL TECHNOLOGY IN BRAZIL

Alexandre Botari,<sup>1</sup> Janaina Conversani Botari,<sup>2</sup> Greicylene Greatti<sup>3</sup>

**Abstract** — *Efficient operation of a water treatment plant (WTP) provides quantitative and qualitative water, interfering directly in sanitation and health of the population served. The ETA performance evaluation is a tool that identifies gaps in treatment, which corrects and improves water quality and treatment efficiency. The performance analysis of the coagulation and flocculation efficiency of conventional treatment a plant enable the monitoring of the efficiency of the same and determines the need or not of the implementation of preventive and / or corrective measures. In addition, it serves to monitor the main parameters relating to drinking water quality. This work intent to analyze the efficiency of the coagulation and flocculation steps in conventional water treatment plants. The efficiency observed in this work was about 90% for total media value in terms of turbidity removal in decanted water related to raw water for conventional WTP.*

**Index Terms:** *colloidal particles, coagulants, Jar Test*

### INTRODUÇÃO

O organismo humano necessita de uma quantidade variada de substâncias e elementos químicos indispensáveis à manutenção da vida, tais como carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, cálcio, fósforo, potássio, enxofre, sódio, cloro, magnésio, etc, que compõem a base química do organismo e participam dos processos metabólicos vitais.

As águas naturais contêm grande parte das substâncias e elementos facilmente absorvidos pelo organismo, constituindo, portanto, fonte essencial ao desenvolvimento do ser humano, já que cerca de 60% da água utilizada é ingerida na forma líquida. Por outro lado, as águas naturais podem conter organismos, substâncias, compostos e elementos prejudiciais à saúde, devendo ter seu número ou concentração reduzido (ou eliminados) para o abastecimento público [1].

Os mananciais de águas superficiais sofrem modificações em suas características naturais devido a sua exposição ao

ambiente e, principalmente, pela ação antrópica. O desmatamento e o lançamento de efluentes domésticos e industriais são os principais responsáveis pela degradação e contaminação dos recursos hídricos usados para o abastecimento público. Para manter a qualidade da água tratada, uma Estação de Tratamento de Água (ETA), pode passar por mudanças na sua estrutura física, como também nos produtos químicos utilizados [2].

Para realizar o tratamento completo da água, a mesma deve passar por diversos procedimentos nos quais eventuais falhas podem ocorrer, resultando em custos operacionais. Assim, o tratamento de água é dividido nas seguintes etapas: Antes do tratamento: comprometimento dos mananciais, necessidade de busca de mananciais mais distantes exigindo maior consumo de energia, infra-estrutura para adução, bombeamento, entre outros.

Durante o tratamento: consumo de produtos químicos, controle operacional, perda de água, consumo de energia elétrica e geração de resíduos; Após o tratamento: qualidade da água tratada, análise de resíduos gerados e seu destino final. O controle de qualidade em cada etapa possibilita à estação de tratamento de água (ETA) atender à critérios de qualidade e legislações pertinentes [3].

Um dos primeiros passos no processo de tratamento de água do manancial, na entrada de água bruta de uma ETA é a coagulação química. Dada a importância da coagulação na ETA, tornam-se imprescindíveis estudos mais aprofundados sobre os diversos tipos de coagulantes. Caso esta etapa de coagulação não tenha êxito, todas as demais estarão prejudicadas, a ponto de, em certas situações, obrigar o descarte de toda a água da ETA, por estar fora dos padrões de potabilidade [4].

O presente estudo tem por finalidade promover uma revisão bibliográfica acerca das operações unitárias que compõem o tratamento convencional de água para abastecimento humano, com o intuito de determinar a

<sup>1</sup> Alexandre Botari, Professor Adjunto do Departamento de Tecnologia DTC e Professor do Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias do Departamento de Ciências Agrárias – PAG/DCA – UEM, da Universidade Estadual de Maringá Campus de Umuarama, Av. Ângelo Moreira da Fonseca, 1800 Bairro Zona VII, CEP: 87506-370 Umuarama PR, Fone: (044 36219317), abotari@uem.br

<sup>2</sup> Janaina Conversani Botari, Professora Colaboradora do Departamento de Tecnologia DTC, da Universidade Estadual de Maringá Campus de Umuarama, Av. Ângelo Moreira da Fonseca, 1800 Bairro Zona VII, CEP: 87506-370 Umuarama PR, Fone: (044 36219317), jcbotari2@uem.br

<sup>3</sup> Greicylene Greatti, Aluna Especial do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias do Departamento de Ciências Agrárias – PAG/DCA – UEM da Universidade Estadual de Maringá Campus de Umuarama, Av. Ângelo Moreira da Fonseca, 1800 Bairro Zona VII, CEP: 87506-370 Umuarama PR, Fone: (044 36219317), abotari2@uem.br

eficiência da coagulação e floculação das estações de tratamento.

## METODOLOGIA

Entende-se por tratamento convencional o conjunto dos processos sequenciais de Coagulação, Floculação, Decantação, Filtração, Desinfecção, Fluoretação e Correção da acidez. A Figura 1 ilustra as principais etapas do processo de tratamento de água por ciclo completo, assim como descrito anteriormente.

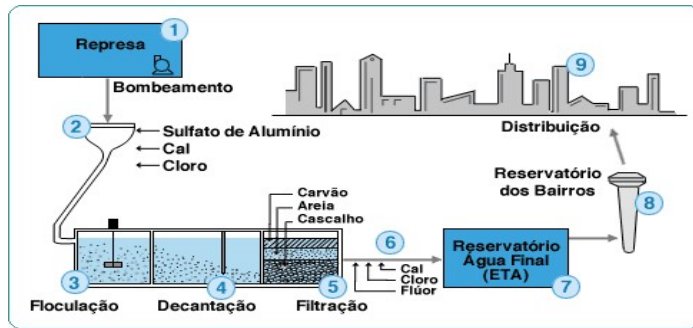


FIGURA. 1

SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM CICLO COMPLETO. FONTE: [5].

Segundo [6], de modo simplificado, as impurezas encontradas nas águas podem ser subdivididas em três grupos básicos segundo suas características básicas: Químicas, Físicas e Biológicas.

De acordo com [7] as principais impurezas encontradas nas águas superficiais são: sólidos dissolvidos em forma ionizada, gases dissolvidos, compostos orgânicos dissolvidos e matéria em suspensão, tais como, microorganismos (bactérias, algas e fungos) e colóides. Grande parte destas impurezas apresenta suspensão estável por longos períodos de tempo. A Figura 2 ilustra a distribuição das impurezas presentes nas águas quanto às suas características.

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 [8].

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, podemos 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 [9].

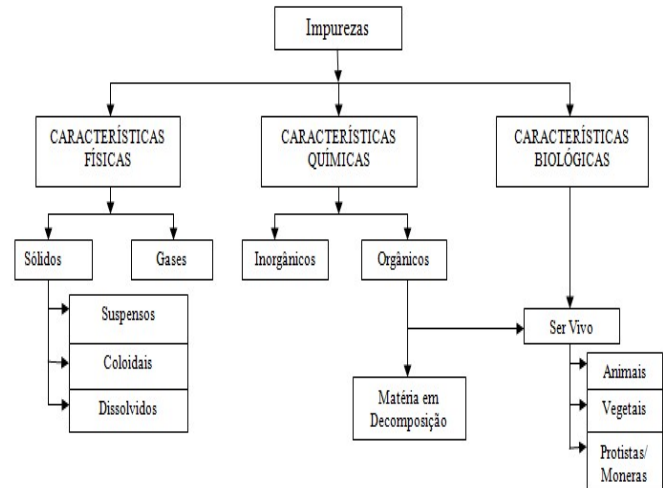


FIGURA. 2

DISTRIBUIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DAS IMPUREZAS PRESENTES NAS ÁGUAS.

FONTE: [5]

O processo de clarificação de água consiste na manutenção de condições físico-químicas tais, que sólidos suspensos na água são removidos por uma sedimentação, sendo necessário trabalhar em conjunto com as cargas das partículas para se obter um resultado da sedimentação satisfatório. Para clarificar a água é necessário neutralizar as cargas negativas das partículas em suspensão e promover a aglutinação das partículas para aumentar o tamanho [8].

Neste processo, que é compreendido pelas operações unitárias de coagulação, floculação, decantação e filtração, os parâmetros turbidez e cor da água são reduzidos através da remoção de partículas em suspensão, coloidais e dissolvidas com a finalidade de atender os padrões de potabilidade exigidos pela Portaria nº 518 de Março de 2004 [9][8].

Nos corpos hídricos, em geral, a turbidez, que é definido como o grau de redução da passagem da luz, é provocada pelo carregamento de partículas de areia e argila dentro do manancial através do escoamento da água pela superfície do solo. Em decorrência do seu tamanho, a areia é facilmente sedimentável, ao contrário da argila [8].

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 [1][8][9].

Na realidade, [8] 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 nas unidades de floculação e coagulação, respectivamente.

Segundo [9], inúmeros são os fatores que influenciam na eficiência do processo de coagulação. Dentre eles, destacam-se: a) Dosagem do agente coagulante; b) Tempo e gradiente

de velocidade de mistura rápida; c) Auxiliares de coagulação; d) pH do meio e 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.

Os parâmetros de projeto para as unidades de coagulação e mistura rápida são o tempo de detenção e o gradiente de velocidade (relacionado a intensidade de agitação da massa líquida necessária para garantir a adequada dispersão dos coagulantes) devem ser ajustados de acordo com a necessidade de tratamento e os padrões da água coletada. Os gradientes de velocidade médios podem variar de 500/s à 7000/s e o tempo de mistura rápida pode variar de 1 segundo a 3 minutos [9].

O processo de coagulação é realizado em unidades de mistura rápida, as quais podem ser hidráulicas (vertedores, calhas Parshall, injetores e difusores), mecânicas (camara de mistura ou Backmix) e especiais (misturadores estáticos e in-line Blenders) [10].

Os principais coagulantes disponíveis no mercado para o tratamento de água são: sulfato de alumínio, cloreto férrico, hidroxícloreto de alumínio e sulfato férrico [8].

A floculação é um processo fundamentalmente físico e consiste no transporte das espécies hidrolizadas, para que haja contato com as impurezas presentes na água, formando partículas maiores denominadas flocos. É um processo rápido e depende essencialmente do pH, da temperatura, da quantidade de impureza. Nesta etapa há a necessidade de agitação relativamente lenta, para que ocorram choques entre as partículas [1][8].

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 decantadores, floculadores ou filtros da ETA, através do aumento das partículas [9].

Os parâmetros de operação e projeto destas unidades são o tempo de detenção no tanque de floculação e o gradiente de velocidade. Eles devem ser determinados de acordo com o tratamento e as necessidades de cada estação de tratamento [9].

Nas ETAs a floculação pode ocorrer de forma hidráulica ou mecânica. Embora a floculação hidráulica apresente menor custo de construção e manutenção e maior simplicidade de operação, ela não possui a flexibilidade quanto a alteração dos valores de gradientes de velocidade média, o que pode tornar inadequada a sua aplicação em ETAs em que a água bruta apresenta, sazonalmente, grande variação de qualidade [9].

A coagulação e a floculação são processos físico-químicos usados para agregarem colóides e partículas dissolvidas em

flocos maiores, que podem ser facilmente sedimentados por gravidade e em seguida removidos [11][12].

As partículas coloidais possuem cargas elétricas que criam forças de repulsão e impedem a sua aglomeração e sedimentação. Estas cargas são neutralizadas, com a adição de coagulantes, a partir de então podem se formar pequenos aglomerados. Com a adição dos floculantes, estes aglomerados se reúnem formando flocos maiores [13].

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 a ação da força gravitacional [1][8].

A filtração consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais presentes na água que escoam através de um meio poroso. Nas ETAs, 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 [14].

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 denominar qual filtro será mais apropriado: o filtro lento ou o filtro rápido [15].

Os ajustes finais do tratamento de água correspondem aos processos de desinfecção, fluoretação e correção de pH. No caso da presença de ferro na água de distribuição, é possível a utilização de complexantes anteriormente a desinfecção [16].

O processo de desinfecção representa uma etapa fundamental do tratamento, pois se configura como a última barreira para os microorganismos. A desinfecção pode ser feita por agentes físicos ou por agentes químicos. A eficiência de desinfecção depende: i) das características da água; ii) do microorganismo a ser inativado, já que cada grupo de microorganismo possui uma resistência à desinfecção; e iii) das características do desinfetante, tal como o potencial de oxidação. Dentre os diversos compostos disponíveis para a desinfecção, os compostos de cloro são os mais amplamente utilizados, devido ao seu baixo custo e, principalmente, a possibilidade de conferir à água uma concentração residual para que a água seja distribuída por toda rede com segurança [16].

A desinfecção ocorre em unidades chamadas de tanques de contato, que muitas vezes são dotadas de chicanas para reduzir os efeitos de curto-circuito. Em estações de pequeno a médio porte, o primeiro reservatório destinado à distribuição pode ser utilizado como tanque de distribuição contato ou, para aquelas distantes do centro de, a desinfecção pode acontecer na adutora de água tratada [16].

A reação de cloro gasoso com a água gera o ácido hipocloroso e este, posteriormente se dissocia em íon hipoclorito. A soma da concentração desses dois compostos é denominada de cloro residual livre e a prevalência de uma espécie ou outra depende do pH. É conhecido que o ácido hipocloroso possui um maior potencial oxidante e que,

portanto, a predominância do mesmo no processo leva a uma maior eficiência de desinfecção, sendo recomendado que a desinfecção seja feita em pH inferior a 8,0 [16].

A fluoretação é a etapa seguinte à desinfecção e representa a penúltima etapa do tratamento de água. Para as águas que não possuem concentração de fluoreto (F-) dentro do estabelecido pela Portaria 2914 (2011), a mesma recomenda a adição de compostos de flúor, de maneira a prevenir a cárie dentária.

De acordo com Libânio [16], qualquer composto passível de se dissociar e liberar o íon fluoreto na água pode ser utilizado no processo de fluoretação, desde que o composto tenha uma solubilidade e grau de pureza adequados e que o cátion liberado junto com o ânion não confira à água toxicidade ou outra característica. Os principais compostos utilizados para a fluoretação são: i) fluossilicato de sódio; ii) fluoreto de sódio; e iii) ácido fluossilícico.

A correção de pH se configura como a última etapa do tratamento de água e é responsável pela adição de álcalis para ajustar o pH da água aos padrões recomendados pela Portaria 2914 (2011), caso seja necessário. Os produtos que podem ser utilizados nesse processo são: cal virgem e hidratada, carbonato de sódio e hidróxido de sódio [16].

A fim de se determinar a melhor dosagem de produtos químicos e o pH ótimo que produzirão melhor qualidade do efluente clarificado, testes controlados são feitos sob diferentes condições. O Teste de Jarro ou “*Jar Test*” é ainda o ensaio mais largamente utilizado para avaliar o processo de coagulação/floculação. Estes ensaios devem reproduzir, da melhor maneira possível, as condições de projeto da coagulação/floculação, no que diz respeito ao tempo de mistura e velocidade de agitação. O equipamento do “*Jar Test*” utilizado pode realizar até seis testes ao mesmo tempo, o que possibilita uma comparação imediata e avaliação da melhor dosagem de coagulante e floculante a ser usada no processo, podendo-se ainda considerar o tempo de decantação e a qualidade do líquido clarificado em relação ao parâmetro turbidez [17].

Objetiva-se, neste trabalho, apontar um panorama do grau de eficiência das etapas de coagulação e de floculação encontrados por diversos pesquisadores em variadas estações de tratamento de água em ciclo completo ou convencional pelo Brasil.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na obtenção destes dados fez-se uso de extensiva pesquisa bibliográfica que delimitasse o universo procurado: as eficiências ou valores que permitiram obter a eficiência das etapas de coagulação e floculação no tratamento convencional de água em termos de remoção de impurezas. Entende-se por indicadores de referência os parâmetros que, a partir do monitoramento contínuo, possibilitam a determinação da qualidade e da eficiência do tratamento de água. A Tabela 1 ilustra a eficiência de remoção de impurezas somente em termos de remoção de Turbidez (NTU) com base

no uso dos coagulantes Sulfato de Alumínio e Cloreto Férrico e outros com coleta da água decantada, ou seja, considerando-se apenas a eficiência das etapas de coagulação e floculação.

TABELA I  
EFICIÊNCIA DA COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO EM TERMOS DE REMOÇÃO DE TURBIDEZ (NTU)

Bibliografia	Sulfato de Alumínio	Cloreto Férrico	Outro
[1]	95	97	
[18]	90		
[6]	98	97	
[19]	90		
[20]	88		
[20]	96		
[20]			96
[20]			95
[20]	94		
[20]	84		
[20]	92		
[20]			79
[20]			71
[21]	61		
<b>TOTAIS</b>	<b>89</b>	<b>97</b>	<b>85</b>
<b>MEDIA DOS TOTAIS = 90</b>			

Todos os valores foram obtidos na forma de percentagem de eficiência quando fornecidos diretamente pelos respectivos autores e na ausência de tais valores foram calculados com base em médias aritméticas simples dos dados considerados e fornecidos pelos respectivos autores que permitiram obter a eficiência em termos de turbidez.

Caso outros tipos de coagulantes que não o sulfato de alumínio ou o cloreto férrico ou ainda a adição de outros agentes poliméricos ou de outra natureza acrescidos foram considerados “outro” na Tabela 1. Todos os dados elencados na Tabela 1 foram obtidos pela aplicação da equação (1):

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{[(\text{Turbidez da Água Bruta} - \text{Turbidez da água Decantada}) \div \text{Turbidez da Água Bruta}] \times 100}{1} \quad (1)$$

Considerando-se todos os coagulantes utilizados e considerando-se a média das médias individuais obteve-se um valor de 90% de eficiência de remoção de turbidez na água decantada das estações de tratamento de água – ETA consideradas na Tabela 1.

Ainda na Tabela 1, pode-se observar que o coagulante mais amplamente utilizado ainda é o sulfato de alumínio, que aparece em 70% das ETA's consideradas. Deve-se ressaltar o fato de que na coluna “outro” encontra-se: a adição de polímeros, o uso de PAC (Cloro de Polialumínio) e a adição de CAP (Carvão Ativado em Pó).

### CONCLUSÃO

Por se tratarem de etapas seqüenciais, o mau funcionamento de um dos processos envolvidos no tratamento convencional de água para abastecimento humano compromete a eficiência dos subseqüentes, comprometendo a qualidade da água tratada. A determinação de indicadores de referência específicos para cada uma das etapas envolvidas no processo de tratamento de água é uma medida essencial para o monitoramento da eficiência do processo, da qualidade da água e para a determinação de eventuais falhas.

O controle rigoroso dos fatores que influenciam na eficiência da ETA e das condições favoráveis garante que as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação tenham desempenho maximizado.

### AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Estadual de Maringá – UEM. Departamento de Ciências Agrônômicas, Campus de Umuarama. Os autores agradecem a Pró-Reitoria de Pós Graduação e Pesquisa – PPG da Universidade Estadual de Maringá – UEM pelo apoio financeiro recebido e ao Departamento de Tecnologia – DTC pelo apoio à realização da pesquisa que conduziu a este trabalho.

### REFERENCIAS

- [1] DI BERNARDO, L. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1993. 498 p. Vol. 2.
- [2] CONSTANTINO, A. F.; YAMAMURA, V. D., Redução do Gasto Operacional em Estação de Tratamento de Água Utilizando o PAC. Simpósio de Pós Graduação em Engenharia Urbana. Maringá, PR, 2009.
- [3] ACHON, C. L. Ecoeficiência de Sistemas de Tratamento de Água a Luz dos Conceito da ISO 14.001. Tese de doutorado USP – 2008.
- [4] CARVALHO, M. J. H., Uso de Coagulantes Naturais no Processo de Obtenção de Água Potável, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2008.

- [5] SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Água – Um bem limitado. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/subHome.aspx?secaold=63>>. Acesso em: 10 Ago. 2015.
- [6] VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2.ed. v.1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA, Universidade Federal de Minas Gerais.
- [7] PAVANELLI, G. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada. São Carlos, SP. 233p. (Dissertação Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2001. Disponível em <[www.usp.com.br](http://www.usp.com.br)>. Acesso em 06/08/2015.
- [8] MACEDO, J. A. B. Águas & Águas. 3º Ed. Minas Gerais: CRQ – MG, 2007
- [9] HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. 1º Ed. Minas Gerais: UFMG, 2006
- [10] SABOGAL, L. P. Modelo Conceitual da Selecao de Tecnologias de Tratamento de Água para Abastecimento de Comunidades de Pequeno Porte. tese de doutorado USP – 2007.
- [11] LICSKÓ, I. Realistic coagulation mechanisms in the use of aluminium and iron (III) salts. Water Science Technology, v. 40, n. 4-5, p. 103-111, 1997.
- [12] KAWAMURA, S. Optimization of basic water-treatment processes design and operation: Coagulation and flocculation. Aqua, v. 45, n. 1, p. 35-47, 1996.
- [13] FERREIRA, E. J. B., Avaliação dos Processos de Sedimentação e Flotação no Tratamento de Águas do Mar, Dissertação de Mestrado, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2003
- [14] ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE – OMS (2004). Guidelines for Drinking-Water Quality. Volume I.
- [15] RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. Tratamento d água: tecnologia atualizada. São Paulo: Blucher, 1991
- [16] LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas: Átomo, 2010.
- [17] RODRIGUES, F. S. F., Aplicação da Ozonização e do Reativo de Fenton como Pré-tratamento de Chorume com os Objetivos de Redução da Toxicidade e do Impacto no Processo Biológico, Dissertação de Mestrado, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2004.
- [18] AMIRTHARAJAH, A. (1989). The mechanisms of coagulation. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE COAGULAÇÃO E FILTRAÇÃO DIRETA. São Carlos, Brasil, 1989. Anais. São Carlos, EESC-USP.v.1, p.1-19
- [19] VUITIK, G. A.; MALKOWSK, B. A.; WIECHETECK, G. K. (2010). Eficiência dos processos de clarificação de água aplicados no sistema de tratamento de ponta grossa (pr). Revista de Engenharia e Tecnologia., Ponta Grossa, Brasil, 2010. V. 2; n. 3.p.77-89.
- [20] OLIVEIRA, M. D. Desenvolvimento de Modelos de previsão de desempenho de estações convencionais de tratamento de água. Tese de doutorado UFMG – 2014.
- [21] CUNHA, M. V. P. O. Importância da frequência de descarte de lodo na eficiência dos decantadores de estações de tratamento de água em ciclo completo. Dissertação de Mestrado UFPA – 2004.