

Tratamento convencional na remoção de microcontaminantes

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.018-007>

Eliomar Gotardi Pessoa

Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável -
UFES.

RESUMO

As estações de tratamento de água têm sido comumente projetadas para promover elevada remoção de material particulado e de microrganismos, com significativa predominância da tecnologia convencional de potabilização, compreendendo as etapas de coagulação, floculação, sedimentação ou flotação, filtração e desinfecção em diferentes tanques.

Palavras-chave: Tratamento, Remoção, Microcontaminantes.

1 INTRODUÇÃO

As estações de tratamento de água têm sido comumente projetadas para promover elevada remoção de material particulado e de microrganismos, com significativa predominância da tecnologia convencional de potabilização, compreendendo as etapas de coagulação, floculação, sedimentação ou flotação, filtração e desinfecção em diferentes tanques (LIMA et al., 2014).

Além dessa configuração de tratamento, outras tecnologias têm sido aplicadas em escala real para remoção de particulado. O clarifloculador é uma delas utilizado em grandes estações de tratamento de água pelo mundo. A tecnologia possui uma zona de floculação no centro e uma zona de decantação circunscrevendo-o, dessa forma todo o processo de floculação e decantação é realizado em um só compartimento (SAXENA; BRIGHU; CHOUDHARY, 2020).

O clarificador de manta de lodo considerada tecnologia de clarificação de alta taxa, é outro exemplo aplicado, considerado um sistema de contato de sólidos e combina também floculação e decantação em uma unidade. Os clarificadores de manta de lodo mantêm um grande volume de sólidos floculados dentro da unidade, o que melhora a floculação ao estimular colisões entre as partículas (JOHNSON, 2014).

A preocupação com diferentes contaminantes presentes nos corpos d'água tem levado a estudos comparativos quanto a eficiência desses processos. A presença de matéria orgânica natural (MON) é um exemplo devido a potencialidade de formação de compostos clorados tóxicos e de possível carreamento de outros tóxicos caso o processo de coagulação não seja eficiente. Os contaminantes emergentes, também são avaliados em processos de clarificação convencionais, constatando em sua maioria a ineficiência da coagulação na remoção (HUANG et al., 2019; LIMA et al., 2014). Diferentes mecanismos podem ser abordados dessas pesquisas, inclusive ao variar as técnicas de tratamento, e com essas informações avaliar as possíveis propostas de remoção desses poluentes.

2 OBJETIVO

Realizar breve discussão sobre a clarificação de água utilizando o clarifloculador convencional e clarificador de manta de lodo, comparando-os com escala de bancada analisando os mecanismos e então avaliar suas características potenciais na remoção do contaminante emergente, diclofenaco. Para embasamento da discussão, o artigo principal escolhido foi o de Saxena et al 2020 e outros artigos pertinentes foram buscados nas bases de dados Web of Science, Scopus e ScienceDirect.

3 DISCUSSÃO

3.1 CLARIFICAÇÃO NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ, TOC, DOC – USO DE CLARIFLOCULADOR E CLARIFICADOR DE MANTA DE LODO

Em estudo recente, Saxena et al, (2020), avaliaram duas plantas piloto, um clarifloculador convencional e um clarificador de manta de lodo para a remoção de turbidez e TOC em águas sintéticas preparadas usando caulim e ácido húmico como fonte de turbidez e orgânicos, respectivamente. Além disso, os parâmetros como DOC, potencial zeta, pH e alcalinidade e UV

254 foram medidos antes e após o tratamento para comparar as eficiências de remoção e mecanismos das duas plantas piloto. Os estudos foram testados para turbidez de entrada variando de 0 a 20 NTU e TOC de entrada variando de 0 a 10 mg.L⁻¹ a verificar sua eficiência para as características variáveis da água bruta. O desempenho das plantas piloto também foi comparado com os testes de jarra em escala de bancada.

Policloreto de alumínio (PAC) de alta basicidade foi usado como o coagulante. As doses ótimas foram obtidas através da realização de testes de jarro para cada combinação de turbidez de entrada e TOC. Os pH das águas sintéticas foram alcalinos, para simular a água bruta em uma região da Índia que possui 17 UN, TOC das águas superficiais geralmente varia de 2 a 10 mg / L e pH médio de 8,40, alcalinidade 180-205.

O sistema de mistura rápida composto por um impulsor mecânico para mistura rápida foi projetado para um tempo de detenção (td) de 1 min e um valor de gradiente (G) de 400 s⁻¹. No clarifloculador convencional (CC) a zona de floculação é designada para mistura lenta através de impulsor de fluxo radial projetada para um tempo de detenção (td) de 30 min, valor G de ~30 s

⁻¹ e taxa de transbordamento de superfície de ~30 m³ / m² / dia. **O clarificador de manta de lodo (CML)** projetado com uma área de base muito menor e mais profundidade. O clarificador foi projetado para um tempo de detenção de 30 minutos e taxa de ~70 m³ / m² / dia e um valor de G de ~2,5 s⁻¹.

O esquema utilizado por Saxena et al, (2020) é apresentado na Figura 1. Um outro esquema mais detalhado utilizando os mesmos processos foi apresentado por Srivastava; Brighu; Gupta (2020) para diferentes condições de parâmetros, mistura rápida com G de 600 s⁻¹ e td de 30s, zona de floculação td de 20 min e G de 40 s⁻¹ e CML projetado para tratar de 8000L/d (Figura 2). O objetivo se concentrou em avaliar a eficiência das tecnologias para águas de baixa turbidez, simulando água bruta de pH 7,5 e alcalinidade de 228. Portanto, variou-se de 0-10 UT as amostras para avaliação. Além disso, também foi avaliada a eficiência pós filtração em papel de filtro de papel de 20 µm.

Figura 1- Esquema do processo e acessórios de planta piloto, (a) clarifloculador convencional e (b) clarificador de manta de lodo (SAXENA; BRIGHU; CHOUDHARY, 2020)

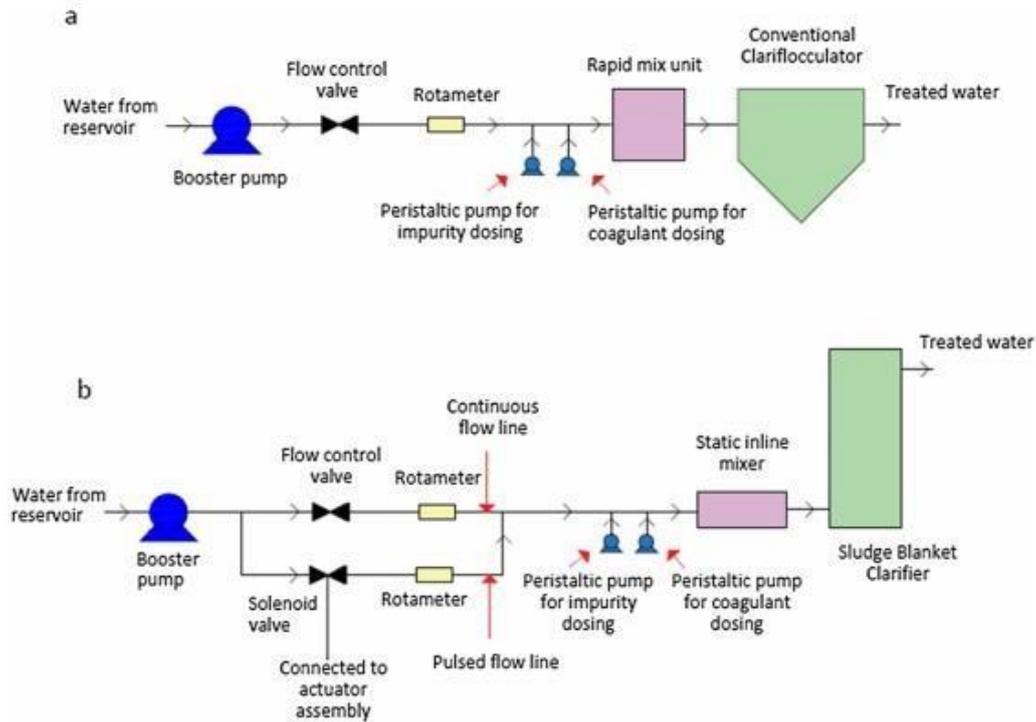
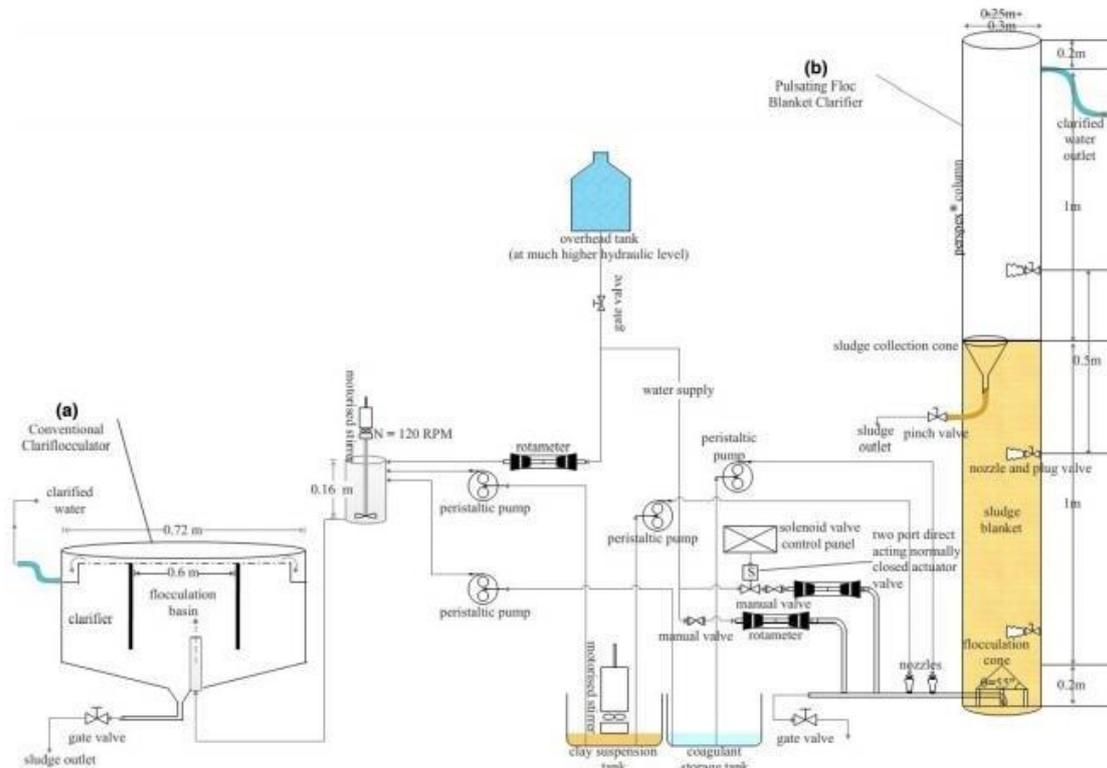


Figura 2- Esquema do processo e acessórios de planta piloto, (a) clarifloculador convencional e (b) clarificador de manta de lodo (SRIVASTAVA; BRIGHU; GUPTA, 2020).



3.1.1 Remoção de turbidez

De acordo com Saxena; Brighu; Choudhary (2020), no geral, a porcentagem de remoção de turbidez aumentou conforme a turbidez de entrada (Tabela 1).

Tabela 1 – Remoção de turbidez em função da turbidez de entrada.

Turbidez de entrada	CC	CML	Jar test (JT)
5 UNT	43–54%	20–57%	- CC 30% menos eficiente que JT - CML 39% menos eficiente que JT
10 UNT	52–75%	36–77%	
15 UNT	63–79%	57–72%	
20 UNT	76–84%	60–81%	

Para COT de entrada a diminuição foi mais significativa para CML do que para CC (Tabela 2). No geral, a porcentagem de remoção foi maior para CC do que CML; e para ambos os sistemas houve uma diminuição na eficiência de remoção de turbidez conforme o COT de entrada aumentou, mas novamente aumentou porque o TOC era muito alto. Em média, em comparação com o resultado jarro do teste, a eficiência de remoção foi 30% menor para CC e 39% menor para a CML.

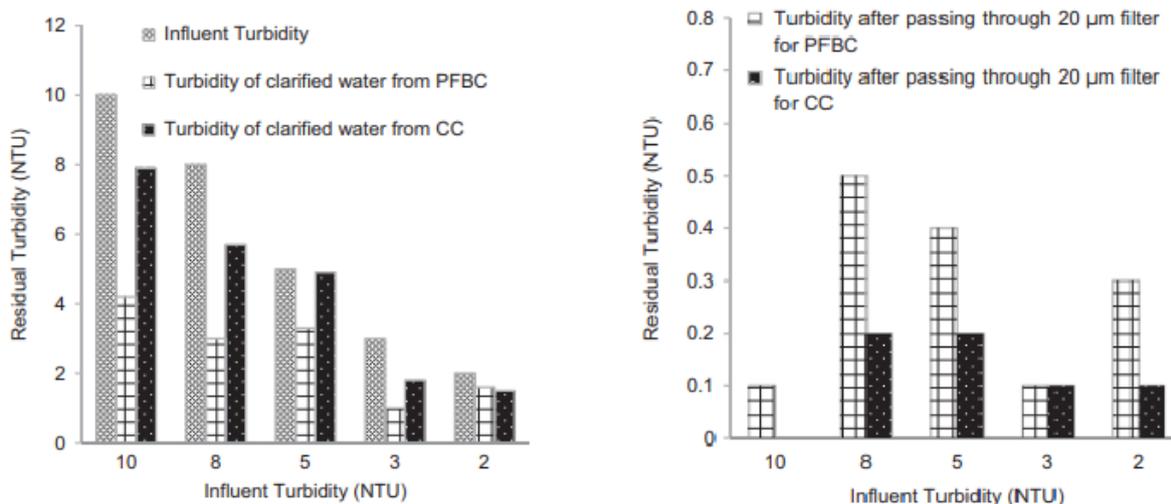
Tabela 2 – Porcentagem de remoção de turbidez em função de COT de entrada

COT	CC	CML	Jar test (JT)
0	50 a 76%	20 a 76%	- CC 30% menos eficiente que JT - CML 39% menos eficiente que JT
2	46-77%	22-66%	
4	48-71%	31-65%,	
6	43-84%	43-81%	
8	51-79%	57–77%;	
10	54-81%	42–75%	

A turbidez residual variou de 2,32 a 8 NTU e 2,13 a 8,63 NTU para CC e CML, respectivamente. No caso do CC, o lodo é coletado no fundo e permanece imperturbável. Porém, no caso da CML, a manta se expande e contrai em intervalos. É possível que o fluxo pulsado de água não seja uniformemente distribuído em toda a área da seção transversal da manta que pode causar fluxo diferencial de água através de canais estreitos na manta enquanto aumenta a velocidade de fluxo ascendente naquela área específica durante a expansão. Esta poderia ser uma possível razão para turvação residual marginalmente maior em CML do que CC.

Os resultados da pesquisa de Srivastava; Brighu; Gupta, (2020) (Figura 3) para remoção de turbidez apresentam que o CML foi mais eficiente diante aos menores residuais de turbidez. Outro ponto interessante em sua pesquisa foi a análise pós filtração em filtro de 20um (Figura 3), observando que a tecnologia CC apresentou menores valores de turbidez sendo, portanto, a água clarificada com partículas > 20um em sua maioria, favorecendo assim maior retenção na etapa de filtração.

Figura 3 – Residual de turbidez após clarificação (a) e após adicional de filtração (b)



3.1.2 Remoção de COT e COD

A porcentagem de remoção de TOC aumentou conforme o TOC de entrada aumentou e, em seguida, estagnou conforme o TOC de entrada aumentou para todos os três sistemas (Figura 4).

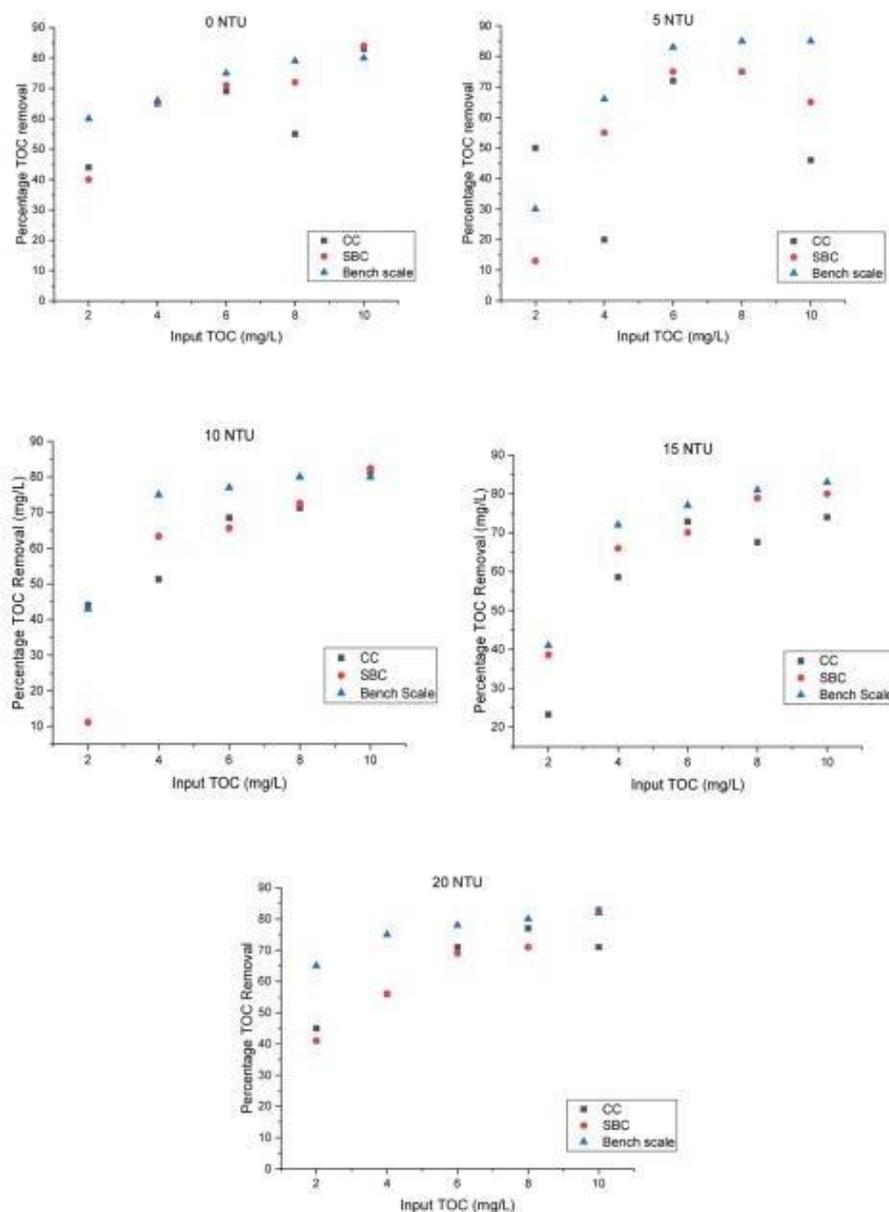
Tabela 3- Porcentagens de remoção de COT em função da variação de COT de entrada.

TOC	CC	CML	Jar test
2	23-50%	11-41%	- CC 11% menos eficiente que JT - CML 9% menos eficiente que JT
4	20-65%	55-66%	
6	69-73%	66-75%	
8	55-77%	71-79%;	
10	46-83%	65-84%	

Apenas em baixa entrada TOC de 2 mg/L, CC teve melhor desempenho. Para maiores concentrações de TOC, o CML teve melhor desempenho. No geral, a porcentagem de remoção de TOC para reatores em escala piloto foi menor do que para sistema de escala de bancada. O residual TOC variou de 1,01 a 5,36 mg / L para CC e 1,21 a 3,53 mg / L para CML .

A remoção de DOC não mostrou nenhuma tendência particular com o aumento da entrada TOC ou turbidez. A remoção para o sistema de escala de bancada, CC e CML foi de 30–89%, 27–87% e 38–92%, respectivamente. O DOC residual para escala de bancada, CC e CML variaram de 0,5 a 1,4, 0,46–4,39 e 0,43 a 3,24 mg / L, respectivamente. A remoção do DOC foi melhorada em CML do que os outros dois sistemas. Esta melhoria na remoção do DOC foi vista em COTs de entrada mais baixos que podem ser atribuídos ao aumento da colisão taxa na CML.

Figura 4 - Porcentagem de remoção de COT em função de COT de entrada em diferentes valores de turbidez (Saxena et al, 2020).



3.1.3 Remoção de UV254

A porção UV 254 do DOC é entendida como sendo a porção hidrofóbica macromolecular, composta principalmente por compostos aromáticos orgânicos. Foi relatado que a coagulação intensificada atua em ambas as frações de NOM (hidrofóbico e hidrofílico) quando o pH é otimizado e a remoção ocorre predominantemente por neutralização carga e menor por coagulação por varredura (SAXENA; BRIGHU; CHOUDHARY, 2020). Na pesquisa apresentada por saxena; Brighu; Choudhary (2020), o pH foi alcalino e, portanto, a remoção de hidrofóbicos pode ter sido favorecida em pH alto e o mecanismo dominante podem ser adsorção e coagulação por varredura.

A remoção de UV254 aumentou com o aumento de TOC de entrada para ambos processos (Tabela 4).

Tabela 4 –Remoção de UV254 em função da COT de entrada.

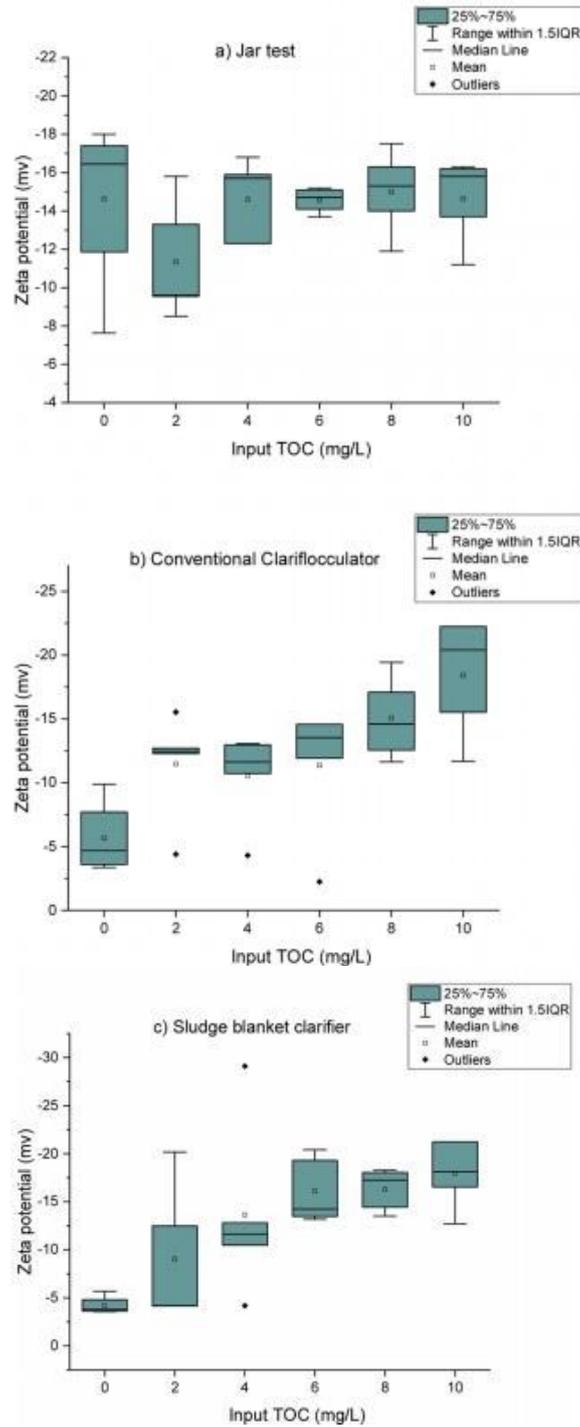
COT de entrada	CC	CML	Jar test
2	72-80%	75-80%	- CC 8% menos eficiente que JT - CML 7% menos eficiente que JT
4	80-82%	79-85%	
6	86-89%	79-91%	
8	79-88%	86-89%;	
10	82-89%	77-90%	

3.1.4 Potencial zeta

A medição do potencial zeta é importante para o processo de coagulação, pois é indicativo do potencial de superfície do coloidal sistema e pode ser usado de forma eficaz para medir as mudanças na carga de impurezas na água ou a eficiência de desestabilização de coagulação (SAXENA; BRIGHU; CHOUDHARY, 2020). O potencial Zeta também fornece insights sobre mecanismos prevalentes. Após a coagulação, o potencial zeta do teste de jar, CC e CML variou de $-7,63$ a $-18,00$, $-3,36$ a $-22,23$ mV e $-3,57$ a $-21,23$ mV, respectivamente.

No caso do teste jar, o potencial zeta é bastante semelhante com o aumento do TOC de entrada. No entanto, pode ser visto que o potencial zeta é mais negativo para as amostras com alta entrada de TOC para ambas as plantas piloto (Figura 5). Isso indica que o efeito da concentração da partícula de entrada é mais pronunciado no caso de plantas piloto. Mais baixa concentração de partículas, o mecanismo de neutralização de carga foi dominante e resultou em uma diminuição na carga negativa de impurezas. No entanto, não foi observada neutralização de carga completa. O mecanismo de neutralização de carga é conhecido por acontecer em baixas concentrações coloidais e baixas doses de coagulante. Como entrada TOC aumentou, o mecanismo de neutralização de carga diminuiu, conforme evidenciado pelo maior potencial zeta negativo da água tratada, denotando outros mecanismos envolvidos.

Figura 5- Potencial zeta após o tratamento para (a) Jar test, (b)CC e (c) CML;



4 MECANISMOS DE REAÇÃO

Os mecanismos de remoção no processo de coagulação e floculação pode depender do pH / alcalinidade, tipo de impurezas (coloides hidrofóbicos / hidrofílicos), concentração de partículas (alta ou baixa turbidez ou TOC), tipo de coagulante (convencional / pré-polimerizado) e sua dose. Uma série de mecanismos estão em jogo simultaneamente em um sistema. Os mecanismos de agregação através dos quais as partículas são removidas são essencialmente uma combinação de neutralização de carga, aprisionamento, adsorção e complexação.

Em estudo de Saxena; Brighu; Choudhary (2020), as impurezas foram principalmente turbidez inorgânica hidrofóbica, matéria orgânica hidrofóbica e matéria orgânica hidrofílica. O pH foi alcalino e o coagulante usado foi PACl pré-polimerizado tendo relativamente estável especificação quando comparado aos coagulantes convencionais, que não é impactado por condições variáveis de pH.

Os mecanismos de remoção de impurezas orgânicas e inorgânicas foram estudados usando quatro isotérmicas por modelagem linear, bem como não linear: Langmuir, Freundlich, Temkin e isothermas BET. Coeficiente de determinação R^2 mais próximo de 1 e RSME (Root Mean Square Error) mais baixo foram usados para avaliar o melhor ajuste, linear e não-linear respectivamente.

De acordo com Saxena; Brighu; Choudhary (2020), os mecanismos para os estudos em escala bancada foram uma combinação de neutralização de carga, adsorção e enredamento e as isothermas seguiram o modelo BET, que é uma adsorção física de modelo multicamada.

Neste estudo, existem dois tipos de plantas piloto, que diferem em modo de floculação. No caso do clarifloculador convencional, a agregação acontece por mistura lenta mecânica por um impulsor rotativo e no clarificador de manta de lodo a agregação acontece por mistura hidráulica.

O CML a turbidez de 0-15 UT ajustou-se ao modelo de BET, adsorção de NOM predominantemente física e multicamadas inicialmente; CML a 20 UM ajustou-se ao modelo Temkin, como a turbidez aumenta as interações adsorbato-adsorbato tornam-se dominante indicado pelo modelo Temkin, causando aprisionamento de impurezas; No caso de um clarificador de manta de lodo, há uma alta taxa de concentração de sólidos na manta em maior turbidez promovendo oportunidades de contato significativamente entre as partículas.

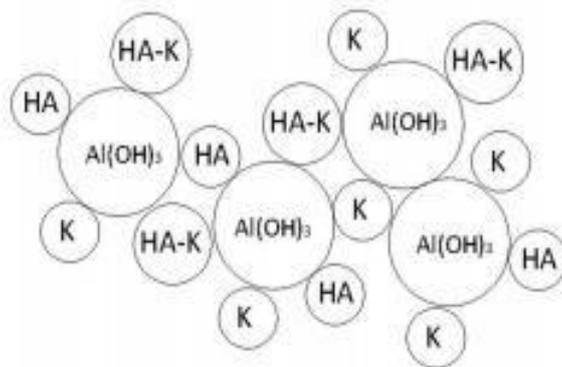
De acordo com Srivastava; Brighu; Gupta (2020), a manta de contração e expansão de flocos em um CML fornece uma zona fluidificada de alta concentração de sólidos tratamento, que estimula a nucleação, fornecendo locais de superfície, aumenta o tempo de detenção de flocos, podendo acontecer excesso de espécies de Al, reduzindo assim o efeito da neutralização de carga por espécies Al₃ ou Al₂ e promovendo a adsorção e enredamento no precipitado crescente em CML. Esses processos individuais aliado/combinado pode ajudar na redução da turbidez da água clarificada.

Para CC, os valores de $R^2 < 0,9$ e não foram tão altos quanto CML, indicando a prevalência de alguns outros mecanismos que podem ser neutralização de cargas ou complexação por espécies de Al₃

pré-formadas . Os valores RMSE de CC foram menores no caso do modelo de Langmuir para 5, 10 e 15 NTU, indicando adsorção física e química em monocamada. Aos 20 NTU, o RMSE foi o mais baixo para o modelo de Freundlich, indicando adsorção física e química de multicamada. A prevalência de adsorção química indica o domínio da neutralização de carga no CC, ao contrário do CML. Também é interessante notar aqui que mais DOC residual foi encontrado no caso do CC e a retirada do DOC foi melhor no caso de CML. A prevalência de neutralização de carga em CC pode resultar na formação de complexos solúveis que não poderiam se estabelecer e resultar em alta DOC em CC.

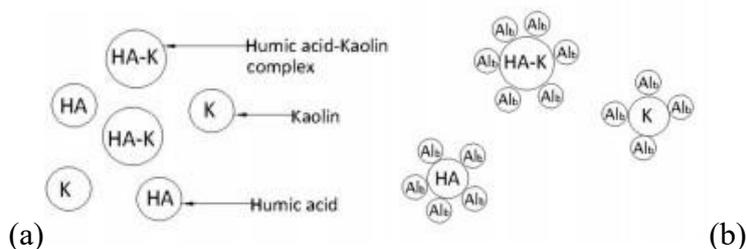
Em geral, para colóides hidrofóbicos em pH alcalino, o mecanismo pode ser adsorção seguida por enredamento de impurezas no precipitado crescente. À medida que o precipitado é formado, ele é primeiro adsorvido nas impurezas pelas forças de Vander Waal causando neutralização de carga que também é conhecido como mecanismo NCP (neutralização de carga de precipitação) e como o precipitado continua a crescer a presença de espécies $Al(OH)_3$ podem causar o aprisionamento de colóides particulados, ambos orgânico e inorgânico (Figura 6). Não só isso, a presença de $Al(OH)_4^-$ em pH alcalino pode causar a formação de ponte entre duas manchas positivas do coagulante absorvido nas impurezas.

Figura 6 – Mecanismos de adsorção e enredamento favorecido pelo processo de NCP (SAXENA; BRIGHU; CHOUDHARY, 2019).



Ao mesmo tempo, a remoção de espécies dissolvidas ou hidrofílicas podem ocorrer pelo modelo PNC (precipitação por neutralização de carga). O papel das forças eletrostáticas é vital para a remoção de colóides hidrofílicos como as forças físicas de atração ou as forças de Vander Waal podem não ser eficaz na coagulação de tais impurezas. Foi observado que em baixa entrada de TOC, a remoção de DOC foi melhor, resultando em menor residual DOC e menor potencial zeta negativo. A presença de Al^{3+} espécies podem ser responsáveis pela complexação e neutralização das impurezas hidrofílicas e, em seguida, fazer com que elas co-precipitem (Figura 7). Este precipitado pode formar uma ponte com o outro, o que pode ser explicado pelo modelo de coagulação eletrostática em que a parte positiva de coagulante adsorvido em uma partícula pode interagir com a superfície negativa exposta da outra partícula.

Figura 7 – Interações de complexação entre as impurezas (a) e neutralização de cargas Al com as impurezas (SAXENA; BRIGHU; CHOUDHARY, 2019).



Em resumo, os mecanismos de remoção em um clarificador de manta de lodo poderia ser essencialmente emaranhado de impurezas na manta de lodo densa com maior prevalência do modelo NCP. Para CC, a adsorção de precipitado amorfo de Al (OH)₃ e precipitado de crescimento gradual, ou seja, PNC inicial e depois NCP, para favorecer o enredamento de impurezas poderia ser o mecanismo de remoção.

4.1 REMOÇÃO DE MICROCONTAMINANTES – DICLOFENACO – MECANISMOS

Lima et al., (2014) avaliaram a remoção de alguns fármacos incluindo o diclofenaco, pelo processo de clarificação (coagulação, floculação e sedimentação). O processo foi realizado em escala de bancada utilizando jar test com características apresentadas na Figura 8. Também foram avaliados a presença em dois tipos de águas, com maior e menor turbidez, e dois diferentes coagulantes, cloreto de poli alumínio ((Aln(OH)_mCl₃ - PAC) e sulfato de alumínio(SA) (Figuras 9 e 10). Os resultados apresentaram baixas remoções de diclofenaco, média de 9% e7% para o PAC e SA, respectivamente.

Figura 8 - Condições da clarificação utilizada.

Coagulação		Floculação		Sedimentação
Tempo de mistura rápida (s)	Gradiente de mistura rápida (s ⁻¹)	Tempo de floculação (min)	Gradiente de floculação (s ⁻¹)	Velocidade de sedimentação (cm/min)
15	600 ± 20	20	35 ± 5	2,0

Figura 9 - Condições otimizadas de clarificação para água de Tipo I

Condições otimizadas de coagulação, floculação e sedimentação para a Água Tipo I (Turbidez inicial: 193,4 ± 15,6 uT)

Coagulante	Dose (mg/L)	pH de coagulação	Tempo de floculação (min)	Tempo de sedimentação (min)	Turbidez remanescente (uT)
SA	38	7,1 ± 0,2	20	3,5	1,40 ± 0,61
PAC	35	7,3 ± 0,3	5		1,11 ± 0,50

Figura 10 - Condições otimizadas de clarificação para água de Tipo II

Condições otimizadas de coagulação, floculação e sedimentação para a Água Tipo II (Turbidez inicial: 10,4 ± 0,3 uT)

Coagulante	Dose (mg/L)	pH de coagulação	Tempo de floculação (min)	Tempo de sedimentação (min)	Turbidez remanescente (uT)
SA	15	7,4 ± 0,3	15	3,5	2,48 ± 0,45
PAC	4	7,1 ± 0,2	10		1,17 ± 0,39

A maior porcentagem de remoção com uso de PAC pode ser explicada pelo mecanismo de formação dos flocos. As formações de espécies positivas são responsáveis por promoverem a desestabilização das partículas garantindo a formação dos flocos e no caso do uso de SA em geral formam $Al(OH)_2^+$; $Al(OH)_2^{2+}$; $Al_2(OH)_2^{4+}$; $Al_3(OH)_2^{5+}$ e $Al_13O_4(OH)_{24}^{7+}$ (ou “Al13”)

Entretanto, tais autores afirmam que o cloreto de polialumínio já contém espécies positivas altamente carregadas, tais como o “Al13”, em elevada concentração na forma de sal. Sendo assim não fica caracterizada sua dependência das reações de hidrólise, bastando sua dissociação em água. Os mesmos afirmam ainda que na presença de PAC a velocidade e o tamanho dos flocos são maiores que os observados quando do emprego do SA.

Segundo Lima et al, (2014), os processos de remoção dos microcontaminantes podem estar atrelados ao mecanismo de adsorção nos flocos formados. Caso o mecanismo de remoção predominante seja a adsorção, possivelmente a mesma decorre de interações químicas para maioria dos microcontaminantes estudados. A fundamentação de tal hipótese pode ser sustentada ao analisar os valores de ponto de carga zero - PCZ dos lodos gerados por ambos os coagulantes. Os valores de PCZ do lodo gerado (PCZ = 7,90 para PAC e PCZ = 7,75 para SA) foram superiores ao pH de coagulação, indicando que as cargas superficiais dos flocos de lodo nas condições de trabalho eram ligeiramente positivas.

Como o pK_a 4,15, do DCF é inferior ao pH de coagulação, indicando que o mesmo tem caráter ácido e encontram-se na forma desprotonada, ou seja, apresentam carga negativa em solução. Tal comportamento fortalece a hipótese de interações eletrostáticas entre o lodo gerado na etapa de clarificação. Porém, o DCF apresenta somente um hidrogênio ácido, com $pK_{a1} = 4,15$, o que confere ao mesmo somente uma carga negativa no pH de coagulação, o que desfavorece uma remoção efetiva.

Em outra pesquisa realizada por Huang et al., (2019), a etapa de clarificação também foi avaliada em escala bancada na remoção de diclofenaco em água com pH 7,4. A quantidade de coagulante alumínio e redução da turbidez foram avaliados. A remoção total máxima de turbidez residual ocorreu com uma dosagem de alumínio de 60 mg/L, quando a eficiência de remoção do composto DCF foi de 18,5%, em contraste com 27% de redução de UV 254 e redução de 17% de DOC.

O mecanismo de remoção de compostos alvo por coagulação foi atribuído principalmente à co-precipitação e adsorção. A co-precipitação permite a incorporação de compostos alvo solúveis, especialmente espécies aniônicas, em uma fase crescente de hidróxido de alumínio por inclusão ou oclusão.

Portanto, os flocos de hidróxido de Al devem ser carregados positivamente em condições moderadamente ácidas a neutras. Como o DCF existe como ânions na solução neutra. A atração eletrostática desempenha um papel importante na interação entre os flocos de hidróxido de Al com carga positiva e o DCF aniônico. Além disso, uma determinada fração de DCF foi transferida da fase

aquosa para a fase sólida por meio de co-precipitação. Também foi observado que a eficiência de remoção do DCF em solução aumentou com o aumento da dosagem do coagulante.

A interação entre o NOM e os compostos alvo pode afetar a adsorção dos contaminantes em flocos de hidróxido de Al. A taxa de remoção diferente de turbidez residual e compostos alvo sugere que os compostos alvo não foram removidos com sólidos suspensos durante o processo de coagulação-floculação-sedimentação por alumínio na dosagem de 0 a 100 mg / L. A coagulação de sólidos suspensos resulta principalmente de colisões físicas e agregação. No entanto, a remoção de contaminantes orgânicos solúveis por meio da coagulação depende principalmente de sua adsorção em flocos de hidróxido de Al (HUANG et al., 2019).

5 CONCLUSÃO

A unidade de contato de sólidos como um clarificador de manta de lodo oferece uma combinação de processos como mistura, floculação e clarificação em uma zona com alta taxa de transbordamento de superfície, reduzindo assim o tamanho do reator, a exigência de impulsor mecânico e área. O uso de CMLs pode ser vantajoso para águas com alto DOC., No entanto, para águas com baixo DOC e TOC e principalmente turbidez inorgânicas, clarifloculadores convencionais podem ser uma escolha melhor.

Algumas diferenças foram pontuadas no mecanismo. O CC apresentou prevalência de neutralização de cargas ou complexação de espécies de Al¹³ e posterior adsorção química e física em monocamada e multicamada para maior turbidez. No mecanismo do CML prevaleceu adsorção física em multicamada e devido a manta de lodo, mantém alta concentração de sólido favorecendo contato fornecendo superfície propiciando também o enredamento.

Diante as discussões de remoção de diclofenaco em jar test os principais mecanismos relatados foram de co-precipitação e adsorção em flocos formados, principalmente em hidróxido de Al.

Dessa forma, analisando os mecanismos de CC e CML e do DCF em jar test, pode-se influir que o DCF também teria baixa remoção nesses processos responsável principalmente por adsorção, diante as suas características negativas no pH de atividade e possuir apenas um sítio ionizável sendo menos favorecido quanto as outras moléculas no meio, além disso, a formação de precipitados e agregação de outros compostos podem competir com a área necessária para adsorção.



REFERÊNCIAS

HUANG, Zhujian et al. Performance evaluation of integrated adsorption-nanofiltration system for emerging compounds removal: Exemplified by caffeine, diclofenac and octylphenol.

Journal of Environmental Management, v. 231, n. September 2018, p. 121–128, 2019.

JOHNSON, C. Advances in Pretreatment and Clarification Technologies. Comprehensive Water Quality and Purification, v. 2, p. 60–74, 2014.

LIMA, Diego R. S. et al. Avaliação da remoção de fármacos e de desreguladores endócrinos em águas de abastecimento por clarificação em escala de bancada. Química Nova, v. 37, n. 5, p. 783–788, 2014.

SAXENA, Kanika; BRIGHU, Urmila; CHOUDHARY, Aditya. Coagulation of humic acid and kaolin at alkaline pH: Complex mechanisms and effect of fluctuating organics and turbidity. Journal of Water Process Engineering, v. 31, n. June, p. 100875, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100875>>.

_____. Pilot-scale coagulation of organic and inorganic impurities: Mechanisms, role of particle concentration and scale effects. Journal of Environmental Chemical Engineering, v. 8, n. 4, 2020.

SRIVASTAVA, Shashank; BRIGHU, Urmila; GUPTA, Akhilendra Bhushan. Performance assessment of pulsating floc blanket clarifiers and conventional clariflocculators in pilot-scale models. Water Environment Research, p. 1–9, 2020.

Pessoa, E. G., Feitosa, L. M., Pereira, A. G., & Pereira, V. (2023). Efeitos de espécies de Al na eficiência de coagulação, Al-residual e propriedade dos flocos no tratamento de águas superficiais. *Brazilian Journal of Health Review*, 6(5), 24814-24826.