

Otimização de parâmetros de clarificação de água do sistema de tratamento de Ponta Grossa (PR)

Osmar Selhorst Filho (Universidade Estadual de Ponta Grossa) E-mail: osf_gpuava@hotmail.com
Giovana Kátie Wiecheteck (Universidade Estadual de Ponta Grossa) E-mail: giovana@uepg.br
Alceu Gomes de Andrade Filho (Universidade Estadual de Ponta Grossa) E-mail: agafilho@uepg.br
Maria Magdalena Ribas Döll (Universidade Estadual de Ponta Grossa) E-mail: mmrdoll@uepg.br

Resumo: A estação de tratamento de água do município de Ponta Grossa conta com uma tecnologia específica de clarificação denominada Actiflo®, também conhecida como sedimentação lastreada ou clarificação com microareias, funcionando em paralelo com o sistema de clarificação convencional. Neste trabalho foram realizados ensaios de bancada em Jar test para otimizar a concentração dos produtos adicionados à água bruta na clarificação, bem como do tempo de contato do carvão ativado em pó, usado como auxiliar no processo de clarificação após coagulação. Foram testados dois coagulantes, sulfato de alumínio e cloreto de polialumínio (PAC). Com os resultados, foram elaborados diagramas de coagulação para remoção de cor aparente e turbidez. Além dos coagulantes, o carvão ativado em pó e o tempo de contato do carvão ativado associado aos dois coagulantes também foram avaliados. Como resultados, destacam-se as dosagens de coagulantes mais econômicas: para o sulfato de alumínio, a concentração foi 20 mg/L associada a 5 mg/L de carvão ativado em pó com tempo de contato de 5 minutos e, para o PAC a concentração foi 15 mg/L associada a 10 mg/L de carvão ativado em pó com tempo de contato de 15 minutos. Apesar de o sulfato de alumínio ter menor custo com relação ao PAC e melhor resultado de remoção de cor aparente e turbidez em menor tempo de contato, a companhia responsável pelo tratamento de água deve avaliar o impacto do coagulante no lodo gerado e vislumbrar sua utilização ou disposição final considerando sua composição química.

Palavras-chave: Actiflo®, clarificação com microareia, tratamento de água.

Optimization of parameters of water clarification of the treatment system from Ponta Grossa (PR)

Abstract: The water treatment plant of Ponta Grossa city has a specific clarification technology called Actiflo®, also known as ballasted sedimentation or microsand clarification; both technologies are working in parallel with conventional clarification system. In this work bench assays were performed in Jar test to optimize the concentration of products added to the raw water clarification, and the contact time of powdered activated carbon, used as an aid in the clarification process after coagulation. Two coagulants, aluminum sulfate and poly aluminum chloride (PAC), were evaluated. With the results, coagulation diagrams of apparent color and turbidity removal were elaborated. Besides coagulants, the powdered activated carbon and its contact time associated with both coagulants were also evaluated. As results, it can be assigned: the coagulants dosages the most economical: to aluminum sulfate, the concentration was 20 mg/L associated with 5 mg/L of powdered activated carbon and contact time of 5 minutes and, to PAC, the concentration was 15 mg/L associated with 10 mg/L of powdered activated carbon and contact time of 15 minutes. Although the aluminum sulfate having a lower cost relative to PAC and a better result of apparent color and turbidity removal in less contact time, the company responsible for water treatment should evaluate the coagulant impact in the sludge generated and discern about its use or disposal considering its chemical composition

Keywords: Actiflo®, microsand clarificaton, water treatment.

1. Introdução

O uso da água para abastecimento humano envolve tratamento rigoroso para atingir os padrões de qualidade impostos pelas legislações e regulamentações vigentes. No Brasil, os primeiros princípios sobre potabilização de água surgiram em 1977, na Portaria 56 do Ministério da Saúde (LIBÂNIO, 2005). A Resolução nº 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2005) dá diretrizes ambientais para enquadramento dos corpos d'água e sua classificação. E a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (2004) define, os padrões de potabilidade com valores máximos permissíveis para as águas de abastecimento público.

Na NBR 12216/92, que regulamenta o projeto de estações de tratamento de água, são sugeridas, de acordo com a classificação do manancial, um ou outro tipo de tecnologia mais apropriada, mas a mesma norma também cita em seu conteúdo, frases como: “na ausência de ensaios [...] adotar [...]”, admitindo adoção de resultados de pesquisas, especialmente quanto a otimização de sistemas de tratamento de água.

Uma das principais etapas do tratamento é a coagulação que segundo Santos *et al* (2007) consiste no conjunto de ações físicas e reações químicas, com duração de poucos segundos, entre o coagulante, usualmente um sal de alumínio ou de ferro, a água e as impurezas presentes. Apresenta-se em três fases: (i) formação das espécies hidrolisadas do sal quando disperso na água, (ii) desestabilização das partículas coloidais e suspensas dispersas na massa líquida e (iii) agregação dessas partículas para formação dos flocos.

Diversos fatores interferem no processo de coagulação, destacando-se o pH e a alcalinidade da água bruta, a natureza das partículas coloidais, o tamanho das partículas e o tipo e a dosagem dos produtos químicos aplicados. Também influem, em menor grau, a concentração e a idade da solução de coagulante, a temperatura e, dependendo do mecanismo de coagulação predominante, o gradiente de velocidade e o tempo de agitação na unidade de mistura rápida (SANTOS *et al*, 2007).

O surgimento de novas tecnologias de tratamento de água é resultado da evolução do segmento frente aos problemas de qualidade e racionalidade de água. Segundo Vuitik *et al* (2010) o município de Ponta Grossa, Paraná, adotou em 2009 duas diferentes soluções em tratamento de água, que conta com duas estações de captação, sendo uma delas em lago represado, onde afloramentos algais sazonais provocavam em queda substancial da qualidade da água afluente à estação de tratamento, dificultando sobremaneira a operação desta. Uma das tecnologias empregadas no município é o tratamento em ciclo completo, ou convencional. No entanto, essa tecnologia não vinha apresentando resultados satisfatórios frente à demanda do município. A presença excessiva de algas implicava em maiores custos no processo de tratamento, uma vez que as carreiras de filtração eram mais curtas e, conseqüentemente, maiores volumes de água para as lavagens dos filtros eram necessários. Com o propósito de minimizar custos no tratamento e produzir água tratada em maior escala e de melhor qualidade, optou-se pelo processo de clarificação estabilizada com microareia como alternativa à remoção de algas. A tecnologia empregada, denominada Actiflo®, é de patente francesa, cujos direitos são detidos pela empresa Veolia Water.

No trabalho de Viutik *et al* (2010), os processos de tratamento convencional e Actiflo® são descritos de forma detalhada.

Constituído por uma unidade de clarificação de água compacta, o sistema Actiflo® desta estação de tratamento de água (ETA) consegue tratar até 750 L/s, devido em grande parte ao aumento da velocidade de sedimentação provocado pela adição de microareia no processo.

Outro produto que pode ser usado como auxiliar na clarificação após a coagulação com produtos químicos, é o carvão ativado em pó (CAP) que é um material quimicamente inativo, leve, poroso, e que ao contrário da forma granular, o CAP contém muitas microfissuras e pequena área superficial. Essas microfissuras são capazes de adsorver moléculas no meio sólido/líquido, que o caracterizam como elemento fundamental na remoção de odor e gosto, mutagenicidade, toxidade, e inclusive cianobactérias em geral (FALEIROS, 2008).

Libânio (2005) sugeriu que se extrapolasse as faixas de concentração de aditivos que são geralmente utilizados numa ETA, de modo que a mesma jamais fique presa à uma única dosagem associada a um único pH de coagulação, e sim, esteja dentro de uma zona ótima de utilização específica.

Neste âmbito, a otimização da quantidade de produtos adicionados aos processos, suas possíveis interferências e efeitos na clarificação de água convencional e Actiflo® na ETA de Ponta Grossa, Paraná, torna-se uma ferramenta importante na viabilização do sistema e na tomada de decisão no tratamento de água.

2. Objetivos

O objetivo principal do trabalho foi otimizar a dosagem dos agentes coagulantes usados no tratamento da ETA de Ponta Grossa. Os objetivos específicos foram: otimizar os parâmetros de coagulação/floculação em Jar test, variando-se as dosagens dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto de polialumínio; otimizar a dosagem de carvão ativado em pó e seu tempo de contato com a água coagulada com os dois produtos; verificar a qualidade quanto ao pH, cor aparente e turbidez da água decantada para os parâmetros otimizados e; construir diagramas de coagulação com os resultados obtidos.

3. Metodologia

Os ensaios foram realizados em maio de 2010 na Estação de Tratamento de Água Alagados da Unidade Regional de Ponta Grossa da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

Água bruta: A ETA é alimentada com água de dois mananciais, parte da Represa Alagados e parte do Rio Pitangui. Segundo Viutik *et al.* (2010) 40% da demanda de água da cidade vem da captação na Represa Alagados, formada com a barragem do Rio Pitangui, e 60% no próprio Rio Pitangui, a jusante da represa. As características físico-químicas e biológicas da água resultante da mistura e usada neste trabalho, afluente da calha Parshall, está apresentada na Tabela 1. A coleta da água foi feita antes da adição de qualquer produto químico, em uma caixa d'água de fibra de vidro, resultando em um volume de amostra de aproximadamente 2000 L.

Tabela 1 – Características físico-químicas e biológicas da água bruta coletada em 17/05/2010.

Parâmetro	Valor	Unidade	Parâmetro	Valor	Unidade
pH	7,9		Surfactantes	<0,025	mg/L
Cor aparente	40,0	uH	Sólidos dissolvidos totais	51,0	mg/L
Turbidez	6,07	NTU	Sólidos suspensos totais	10,0	mg/L
Nitrito	< 0,005	mg/L	Sólidos totais	61,0	mg/L
Nitrato	-	mg/L	Contagem de cianobactérias	19825	cel/mL
Ferro solúvel	0,401	mg/L	Coliformes totais	140	UFC/100 mL
Alumínio solúvel	0,044	mg/L	Coliformes termotolerantes	30	UFC/100 mL

Fonte: SANEPAR (2010).

Ensaio de coagulação: Os ensaios para determinação da dosagem dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto de polialumínio com variação de pH foram realizados em escala de laboratório em Jar test (Figura 1) em regime batelada. Durante o período de realização dos ensaios, soluções a 2% (massa/volume) dos coagulantes foram preparadas diariamente. As dosagens dos produtos líquidos comerciais na amostra variaram entre 10 mg/L e 100 mg/L, valores usados geralmente na ETA.

Para ajuste de pH de coagulação foi empregado agente alcalinizante (hidróxido de sódio 0,1 N) ou acidificante (ácido clorídrico 0,1 N).

Para os demais elementos adicionados no processo, utilizaram-se as dosagens de 2 g/L de microareia seca e 0,10 mg/L de polímero, valores usados geralmente na ETA.

Ensaio para otimização da dosagem de carvão ativado em pó: O carvão ativado em pó foi avaliado como auxiliar do processo, e suas dosagens variaram entre 2,5 a 15,0 g/L, as mesmas

utilizadas pela ETA.

Para os demais elementos adicionados no processo, também se utilizaram as dosagens de 2 g/L de microareia seca e 0,10 mg/L de polímero.

As condições dos ensaios de coagulação e de dosagem de CAP em Jar test estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.



Figura 1 – Jar test do Laboratório de Análises Físico Químicas da Unidade Regional de Ponta Grossa da SANEPAR. Fonte: Selhorst Filho (2010).

Tabela 2 – Condições experimentais de coagulação em três jarros do equipamento de Jar test com amostras de água bruta da ETA de Ponta Grossa, Paraná.

Tempo	Rotação (rpm)	Coagulação
00' 00"	100	Homogeneização da amostra
00' 30"	100	Adição de alcalinizante ou acidificante
01' 00"	420	Adição do coagulante e mistura rápida
01' 05"	135	Início do processo no jarro 1
02' 05"	135	Medição de pH (jarro 1)
03' 35"	135	Adição de microareia no jarro 2
04' 55"	135	Adição de polímero
05' 05"	90	Início da floculação (jarro 3)
11' 05"	0	Fim da floculação e início da decantação
11' 53"	0	Descarte de amostra da mangueira
11' 55"	0	Início da coleta de água decantada
12' 15"	0	Fim da coleta de água decantada

Fonte: Os autores (2011).

Alguns valores foram calculados e adotados para a simulação da coagulação em Jar test considerando um medidor de vazão tipo Calha Parshall e vazão crítica da ETA de 750 L/s. Tais valores calculados foram: altura da lâmina d'água à montante da garganta do medidor de 0,658 m, largura do canal na seção de medição de 1,008 m, velocidade de escoamento na seção de medição do canal de 1,131 m/s, energia total disponível de 0,952 m, perda de carga o ressalto de 0,127 m, tempo de detenção do coagulante no medidor Parshall (mistura rápida) adotado de 5 s, tempo de detenção nas câmaras de coagulação e injeção 120 s, tempo de detenção na câmara de maturação 360 s, tempo de sedimentação ou de espera (entre o fim da floculação e o início da coleta da água decantada) 50 s, gradientes de velocidade variando de 185 s^{-1} (135 rpm) na mistura rápida a 138 s^{-1} (108 rpm) nas câmaras de maturação.

Tabela 3 – Condições experimentais de dosagem de CAP em três jarros do equipamento de Jar test com amostras de água bruta da ETA de Ponta Grossa, Paraná.

Tempo	Rotação (rpm)	Dosagem de CAP
00' 00"	100	Homogeneização da amostra + CAP
00' 30"	420	Adição do coagulante e mistura rápida
00' 35"	135	Início do processo de coagulação (jarro 1)
01' 35"	135	Medição de pH (jarro 1)
02' 35"	135	Adição de microareia no jarro 2
04' 25"	135	Adição de polímero
04' 35"	90	Início da floculação (jarro 3)
10' 35"	0	Fim da floculação e início da decantação
11' 23"	0	Descarte de amostra da mangueira
11' 35"	0	Início da coleta de água decantada
11' 55"	0	Fim da coleta de água decantada

Fonte: Os autores (2011).

A água decantada de cada ensaio era analisada quanto aos parâmetros pH, cor aparente e turbidez (APHA, 1998).

4. Resultados e Discussão

4.1. Água bruta

Além das características físicas, químicas e biológicas da água bruta apresentada na Tabela 1, os parâmetros pH, turbidez, cor aparente e alcalinidade também foram avaliados durante os ensaios experimentais realizados de 15 a 30 de maio de 2010 e estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Características físicas e químicas da água bruta durante a realização dos ensaios em Jar test.

Parâmetro	Média ± desvio padrão	Nº de amostras avaliadas
pH	7,29 ± 0,06	12
Turbidez (NTU)	5,34 ± 0,35	12
Cor aparente (uH)	105,25 ± 9,0	12
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	17,25 ± 1,1	12

Fonte: Os autores (2011).

A água bruta apresentou valores relativamente constantes de pH que variou de 7,19 a 7,44, de turbidez que variou de 4,88 a 6,02 NTU, de cor aparente de 92 a 121 uH e de alcalinidade de 16 a 19 mg CaCO₃/L.

A contagem de cianobactérias da coleta de água feita em 17/05/2010 foi de 19825 cél/mL (Tabela 1) que segundo a Resolução CONAMA 357 (2005) até 20000 cél/mL a água se enquadra na classe 1. Porém, o monitoramento deste parâmetro feito em março e abril de 2010, apresentado por Viutik *et al* (2010), mostrou que esse corpo d'água se enquadraria na classe 3 por apresentar valores na faixa de 50000 cél/mL. Essa diferença se deve, provavelmente, ao afloramento algal que ocorre na Represa Alagados esporadicamente.

Para os demais parâmetros apresentados na Tabela 1, a água bruta se enquadraria na classe 1, exceto para o ferro dissolvido que foi de 0,401 mg/L (classe 3), extrapolando o valor máximo de 0,3 mg/L preconizado pela referida resolução para a classe 1.

Segundo os Padrões de Potabilidade estabelecidos na Portaria nº 518 (2004) do Ministério da Saúde, a companhia responsável pelo abastecimento público de água deve assegurar valores inferiores a 5,00 NTU de turbidez em qualquer ponto da rede, sendo a normativa ainda mais restritiva para as amostras de água na ETA coletadas após a filtração, local onde o valor

máximo permitido não pode ultrapassar 2,00 NTU em sistemas com filtração lenta ou 1,00 NTU para filtração rápida. A água bruta utilizada neste trabalho apresentou valores de turbidez entre 4,88 e 6,02 NTU.

Ressalta-se também que, segundo a mesma portaria, não são aceitos valores de cor aparente superiores a 15 uH, pois por mais que não cause riscos à saúde, a rejeição humana se torna mais corriqueira. Logo, sabendo que a pesquisa foi realizada com uma amostra de água com fins de abastecimento público, deve-se visar à adequação da mesma aos padrões brasileiros de potabilidade, atualmente estabelecidos pela Portaria nº 518 (2004) do Ministério da Saúde.

4.2. Coagulação com sulfato de alumínio

Com a realização dos ensaios para escolha da dosagem do sulfato de alumínio e seu pH correspondente de coagulação, foi possível confeccionar o gráfico da Figura 2. Neste, pode-se observar regiões com remoções mais elevadas de turbidez, compreendidas pelas curvas de 1,00 NTU.

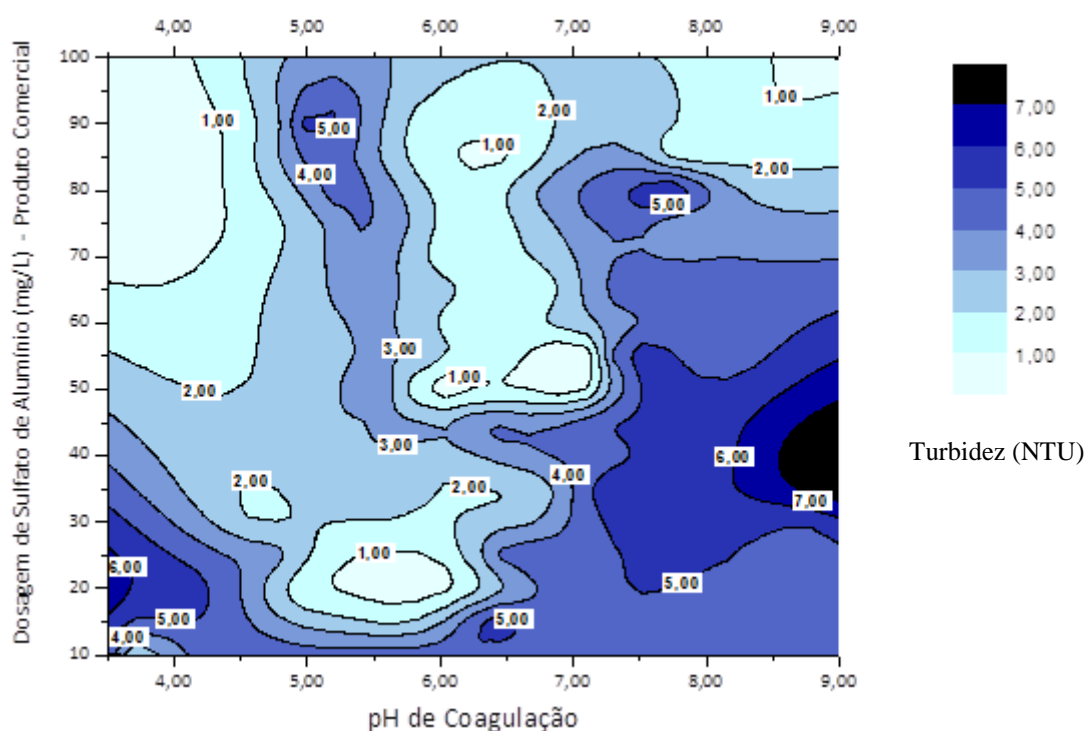


Figura 2 – Curvas de turbidez (NTU) remanescente após adição de sulfato de alumínio líquido (produto comercial) e pH de coagulação. Fonte: Os autores (2011).

A primeira região que pode ser destacada foi obtida com dosagens mais baixas, próximas de 20 mg/L de sulfato de alumínio e pH entre 5,3 e 6,0. Di Bernardo *et al* (2002) avaliaram a acidez do sulfato de alumínio e sua interferência na coagulação e concluíram que para o mecanismo de adsorção e neutralização de cargas, a acidez livre é benéfica para o processo.

Já a segunda zona de baixa turbidez, na Figura 2, abrangeu as dosagens de 50 e 85 mg/L, com pH de coagulação entre 6,8 e 6,5, respectivamente. Neste caso, a coagulação em dosagens mais altas que na região anterior, necessitou de adição de alcalinizantes, vindo a encarecer e/ou dificultar o processo de tratamento.

A avaliação da remoção de cor aparente da água também se mostrou satisfatória nas mesmas regiões com baixa turbidez, como pode ser visto na Figura 3, especialmente, na dosagem de 20 mg/L que apresentou turbidez de 1,25 NTU e cor de 9 uH, correspondendo a valores de 77% e 92% de remoção, respectivamente. Além disso, nessa concentração não foi necessário

adicionar nem acidificante nem alcalinizante. Diante desses resultados, adotou-se a concentração de 20 mg/L como sendo a ideal para continuação do estudo com o coagulante sulfato de alumínio.

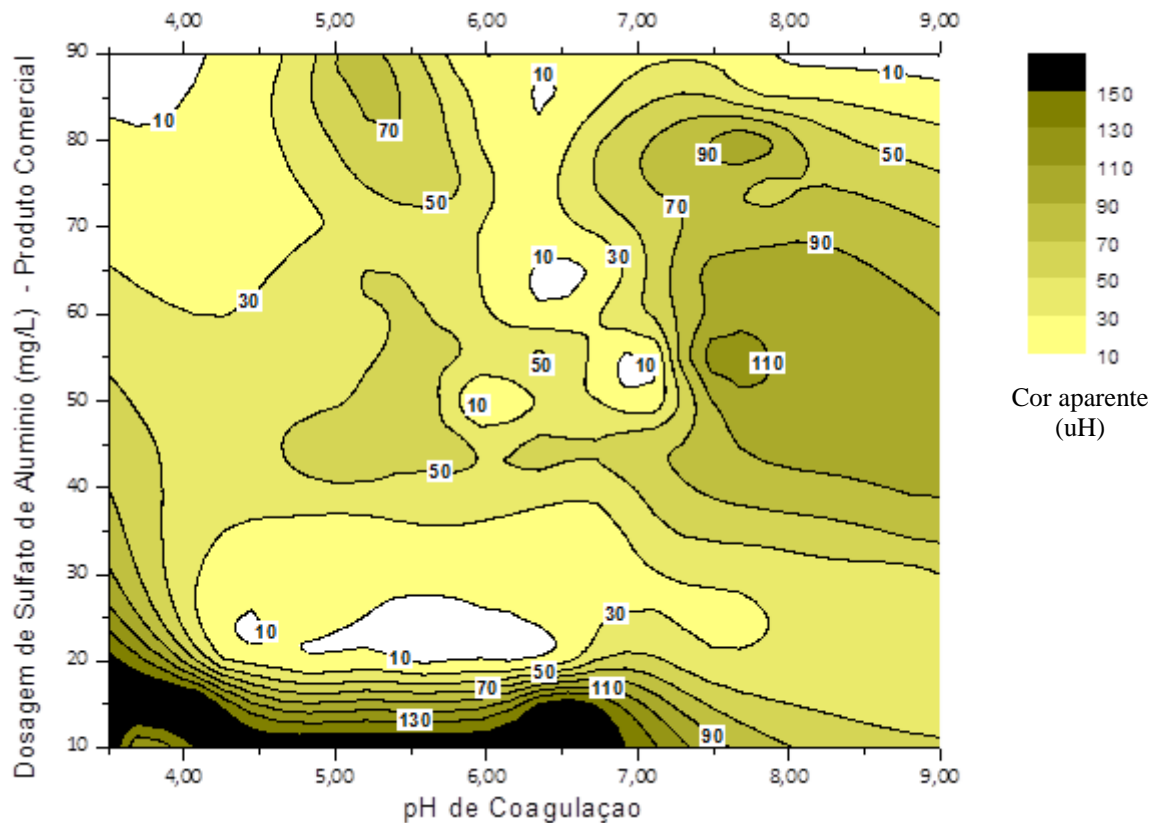


Figura 3 – Curvas de cor aparente (uH) remanescente após adição de sulfato de alumínio líquido (produto comercial) e pH de coagulação. Fonte: Os autores (2011).

4.3. Coagulação com cloreto de polialumínio (PAC)

A Figura 4 apresenta o diagrama de curvas para a turbidez remanescente de amostras de água coaguladas com cloreto de polialumínio.

Observou-se que esse diagrama apresentou curvas e valores pouco coerentes. Isso provavelmente porque o coagulante estava armazenado há algum tempo na ETA (pelo menos 5 meses) e a amostra fornecida foi retirada do fundo do reservatório, o que também pôde ter contribuído com tais resultados.

Mas, apesar do longo tempo de armazenamento do produto, alguns resultados interessantes podem ser observados apenas na faixa de pH compreendida entre 6,0 e 6,8, observando o mecanismo da adsorção e neutralização de cargas nas proximidades das dosagens de 10 e 14 mg/L, respectivamente. Outra região que apresentou maior remoção da turbidez foi entre as concentrações de 35 e 50 mg/L com pH médio de 7,3 e, por fim, a predominância do mecanismo da varredura compreendido entre as dosagens de 72 e 80 mg/L ambos também em pH de 7,3.

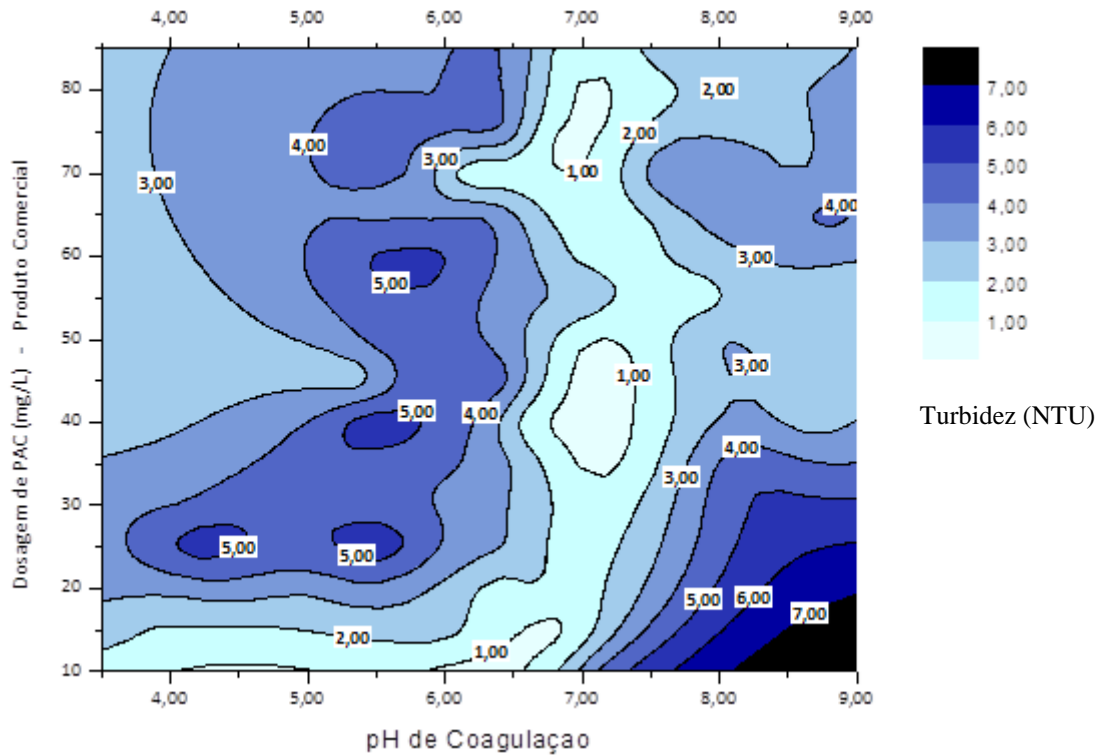


Figura 4 – Curvas de turbidez (NTU) remanescente após adição de cloreto de polialumínio líquido (produto comercial) e pH de coagulação. Fonte: Os autores (2011).

No que tange a remoção de cor para o cloreto de polialumínio, notaram-se melhores resultados para a cor aparente nas mesmas regiões de baixa turbidez vistas na Figura 4, observando que, com ajuda da Figura 5, os resultados podem ser associados.

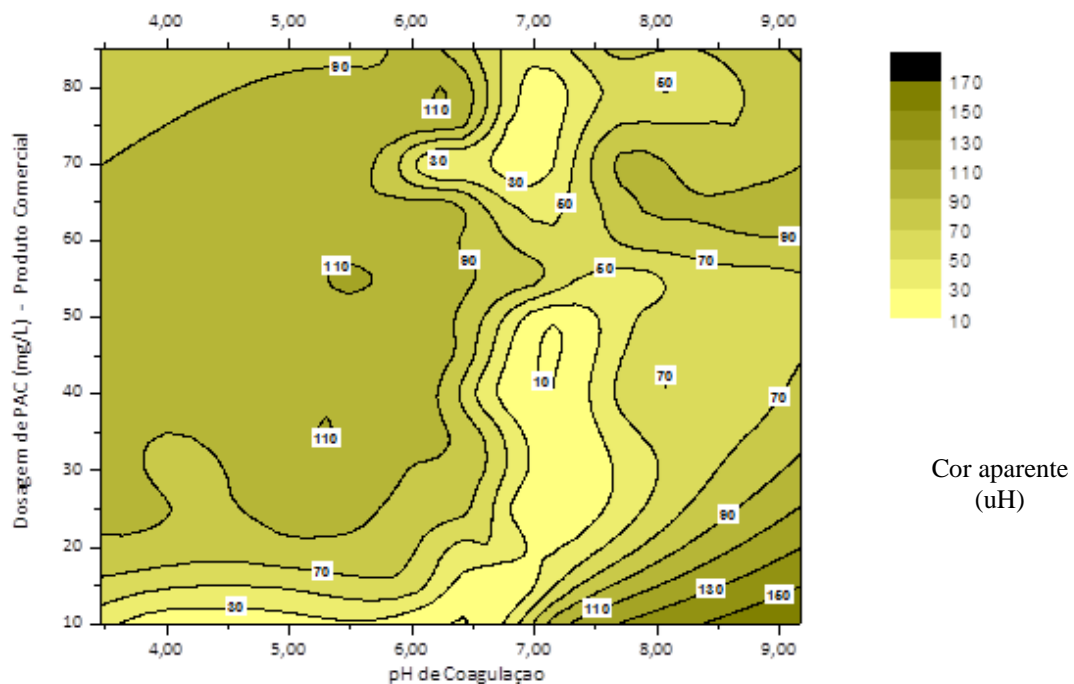


Figura 5 – Curvas de cor aparente (uH) remanescente após adição de cloreto de polialumínio líquido (produto comercial) e pH de coagulação. Fonte: Os autores (2011).

Desse modo, a dosagem mais econômica e operacionalmente viável selecionada foi de 15 mg/L porque apresentou maiores remoções de 81% para turbidez e 86% para cor aparente.

Nessa concentração não houve a necessidade de adição de substâncias acidificantes ou alcalinizantes para correção do pH da mistura.

Outra concentração em que também não foi necessária a adição dessas substâncias e que poderia ser recomendada como condições de coagulação é a concentração de 10 mg/L de cloreto de polialumínio e pH de 6,6. Nessas condições operacionais, remoções um pouco inferiores foram obtidas: 79% para turbidez e 83% para cor aparente.

4.4. Otimização da dosagem de carvão ativado em pó

Com diferentes concentrações de carvão ativado em pó e a concentração fixa de 20 mg/L de sulfato de alumínio construiu-se o gráfico da Figura 6. O resultado com maior remoção de turbidez (88%), foi observado na amostra com 10 mg/L de carvão ativado em pó e a maior de cor aparente (94%), ficou com a amostra que continha 5 mg/L de carvão ativado em pó. Como a amostra de 5 mg/L de carvão ativado em pó também apresentou eficiência na remoção de turbidez (85%), a mesma foi estabelecida como parâmetro para a seqüência dos ensaios.

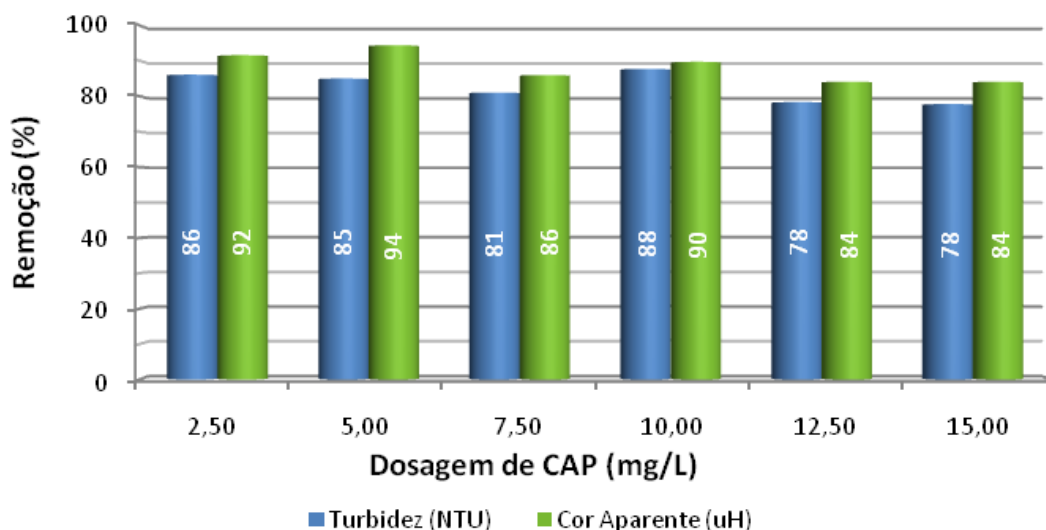


Figura 6 – Remoção de turbidez e cor aparente para otimização da dosagem de carvão ativado em pó com sulfato de alumínio líquido como coagulante. Fonte: Os autores (2011).

No ensaio para definição da dosagem de carvão ativado em pó e concentração fixa de 15 mg/L de cloreto de polialumínio, foram obtidos os resultados apresentados na Figura 7.

O cloreto de polialumínio associado ao carvão ativado em pó apresentou menor eficiência de remoção para as dosagens de 12,5 e 15,0 mg/L, sendo que as maiores remoções tanto para a turbidez (80%) como para cor (78%) no jarro com dosagem de 10,00 mg/L de carvão ativado em pó, sendo esta a dosagem escolhida para prosseguir com os ensaios da pesquisa.

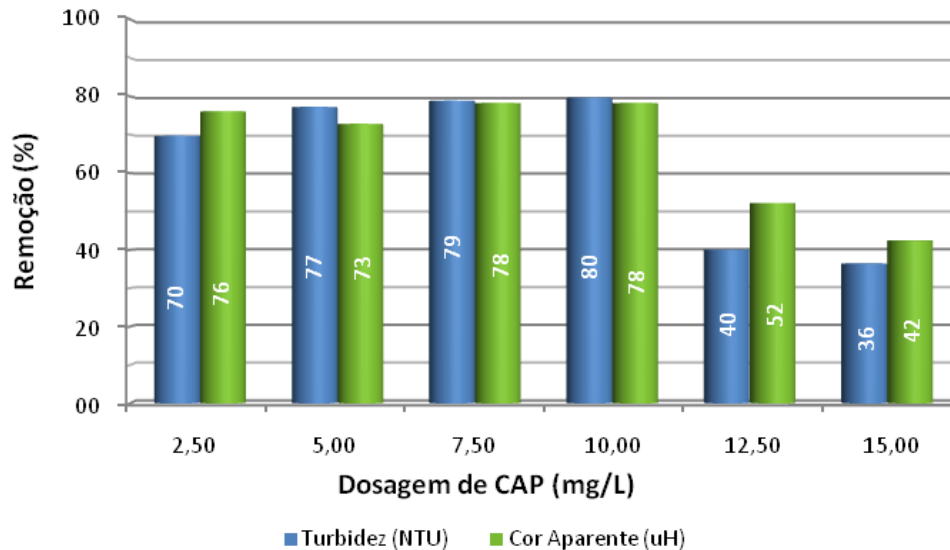


Figura 7 – Remoção de turbidez e cor aparente para otimização da dosagem de carvão ativado em pó com cloreto de polialumínio líquido como coagulante. Fonte: Os autores (2011).

4.5. Otimização do tempo de contato do carvão ativado em pó

Após fixação da concentração de 20 mg/L de sulfato de alumínio e 5 mg/L de CAP, o tempo de contato do carvão ativado em pó foi avaliado (Figura 8). Como pode ser observado na Figura 8, 5 minutos foram suficientes para promover remoções de 86% de turbidez e 93% de cor aparente. Em 15 minutos foi possível um aumento de 1% na remoção de cor, porém, o acréscimo de 10 minutos não seria viável para a ETA.

O tempo de 15 minutos foi suficiente para remoção de 81% de turbidez e 87% de cor aparente usando 15 mg/L de cloreto de polialumínio e 10 mg/L de carvão ativado em pó (Figura 9).

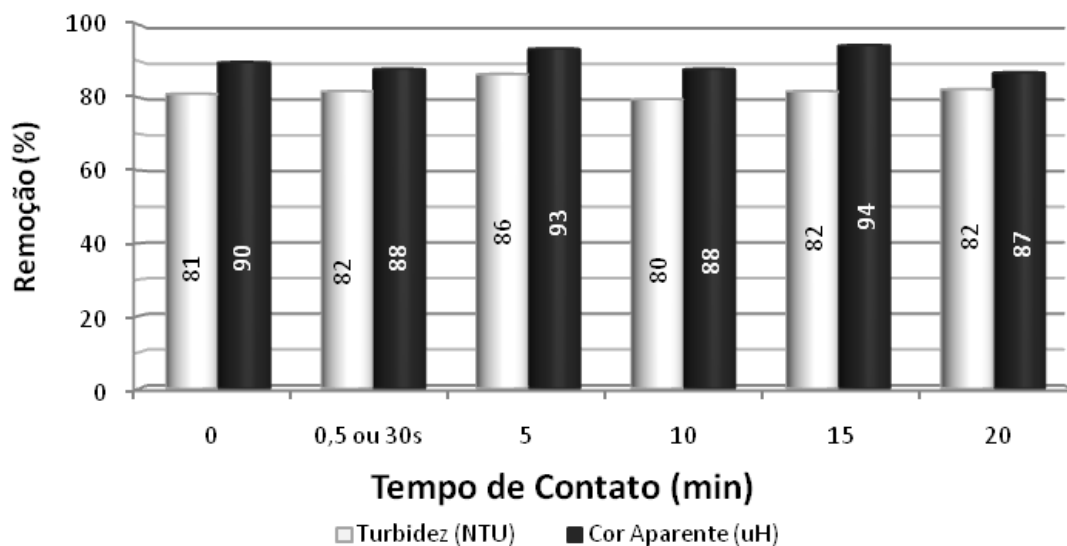


Figura 8 – Remoção de turbidez e cor aparente para otimização do tempo de contato do CAP para o sulfato de alumínio líquido. Fonte: Os autores (2011).

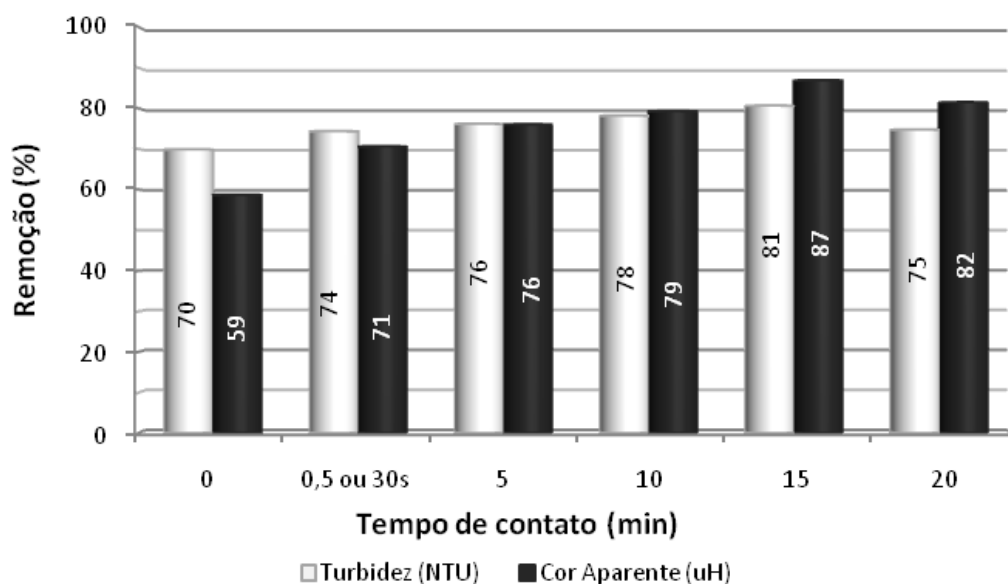


Figura 9 – Remoção de turbidez e cor aparente para otimização do tempo de contato do CAP para o cloreto de polialumínio líquido. Fonte: Os autores (2011).

Ressalta-se que os tempos de contato devem ser escolhidos de acordo com as condições de custo/benefício da ETA, já que com o sulfato de alumínio apenas 30 s de contato do carvão ativado em pó com a água já promoveu remoções acima de 80%. Esses valores de remoção, utilizando carvão ativado em pó associado ao cloreto de polialumínio só foram observados com tempos de contato acima de 10 minutos, tanto no que se refere a remoção de cor como na remoção de turbidez.

5. Conclusões

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que as dosagens de coagulantes mais econômicas foram de 20 mg/L para o sulfato de alumínio associado a 5 mg/L de carvão ativado em pó com tempo de contato de 5 minutos e, de 15 mg/L para o cloreto de polialumínio associado a 10 mg/L de carvão ativado em pó com tempo de contato de 15 minutos.

Nessas dosagens não foi necessária a adição de substâncias alcalinizantes ou acidificantes para correção de pH da água misturada com os coagulantes.

O sulfato de alumínio é um produto de menor custo e mostrou maior regularidade nos resultados comparados aos obtidos com o cloreto de polialumínio.

Agradecimentos

Os autores agradecem à SANEPAR e aos funcionários pela ajuda na execução deste trabalho.

Referências

APHA, AWWA, WPCF *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19th edition, Washington, USA, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR12216 - Projeto de estações de tratamento de água para abastecimento público*, Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL. Ministério da Saúde. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. *Portaria nº518/2004*. Brasília, 2004. Legislação Federal e marginalia.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Resolução CONAMA 357/2005*. Brasília, 2005.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO., P.L. *Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. São Carlos: RiMA. 237p., 2002.

FALEIROS, R. J R. *Uso de Carvão Ativado Pulverizado para a Remoção dos Herbicidas Diuron e Hexazinona de Água Superficial*. 101p. Dissertação de Mestrado. Tecnologia Ambiental, UNAERP. Ribeirão Preto, 2008.

LIBÂNIO, M. *Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água*. Campinas: Átomo, 2005.

SANEPAR , Companhia de Saneamento do Paraná. USAV Unidade de Serviço de Avaliação e Conforidade. *Relatório de ensaio*, Ponta Grossa, 2010.

SANTOS, E.P.C.C. DOS; TEIXEIRA, A.R.; ALMEIDA, C.P.; LIBÂNIO, M.; PÁDUA, V.L. DE. *Estudo da coagulação aplicada à filtração direta descendente*. Revista Engenharia Sanitaria e Ambiental. Vol. 12, n. 4, 2007.

SELHORST FILHO, O. *Otimização dos parâmetros operacionais das unidades do sistema de clarificação Actiflo® com água da estação de tratamento de água de Ponta Grossa-PR*. 117 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Civil, UEPG. Ponta Grossa, 2010.

VUITIK, G. A.; MALKOWSKI, B.L.; WIECHETECK, G.K. *Eficiência dos processos de clarificação de água aplicados no sistema de tratamento de Ponta Grossa (PR)*. Revista de Engenharia e Tecnologia. Vol. 2, n. 3, p. 77-89, 2010.