

II-253 - ENSAIO DE TRATABILIDADE DE VINHAÇA COM VISTAS À SUA UTILIZAÇÃO COMO MEIO DE CULTIVO DE MICROALGA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Gabriel Dibbern Sacchi⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Bolsista de Doutorado Direto da FAPESP. Doutorando em Ciências, Programa de Engenharia Hidráulica e Saneamento na EESC/USP.

Andressa Bichara⁽²⁾

Bióloga pela Universidade Federal de São Carlos. Bolsista de Mestrado do CNPq. Mestranda em Ciências, Programa de Engenharia Hidráulica e Saneamento na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

Marco Antonio Penalva Reali⁽³⁾

Professor Doutor da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Engenheiro Civil pela EESC/USP. Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP.

Mirna Helena Regali Seleglim⁽⁴⁾

Professora Adjunta na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Bióloga pela UFSCar. Mestre em Ecologia e Recursos Naturais pela UFSCar. Doutora em Ecologia e Recursos Naturais pela UFSCar.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Trabalhador São-carlense, 400 - Centro - São Carlos - SP - CEP: 13566-590 - Brasil - Tel: +55 (16) 3373-9558 - e-mail: gabrielsacchi@gmail.com

RESUMO

A vinhaça é um efluente do processo de produção do álcool, obtido a partir da fermentação e destilação de açúcares provenientes, por exemplo, da cana de açúcar. Altamente variável em um dia de produção e com elevada DQO e DBO, sua destinação é um problema para os produtores de etanol, que buscam alternativas à fertirrigação, que é sua disposição no solo. Sua elevada concentração de nutrientes desperta interesse em sua utilização como fonte nutricional para o cultivo de microrganismos, dentre eles as microalgas, que vem sendo estudadas devido ao seu potencial para a produção de biodiesel. Contudo, o cultivo fotoautotrófico destes microrganismos em vinhaça é prejudicado pelos altos valores de cor e turbidez, os quais podem ser reduzidos com o emprego de técnicas físico-químicas utilizadas no tratamento de águas de abastecimento e residuárias. O desafio maior, e objetivo do trabalho em questão, foi encontrar produtos químicos capazes de desempenhar um papel eficiente na clarificação deste efluente em baixas dosagens e, na medida do possível, que não exija controle do pH. Com base nisto, 14 produtos químicos e dois valores de pHs foram avaliados na clarificação da vinhaça por sedimentação em centrífuga. Pode-se verificar o bom desempenho dos produtos a base de Tanino na remoção de cor (65% para o melhor produto), contudo para uma dosagem de aproximadamente 9.870mg/L. Por outro lado, dentre os polímeros sintéticos testados, foi observado que um dos polímeros catiônicos de alto peso molecular proporcionou os melhores resultados em termos de remoção de turbidez (87%) associados a remoção de 37% da cor com uma dosagem de 34mg/L sem alteração do pH, demonstrando ser adequado para o objetivo em pauta.

PALAVRAS-CHAVE: Vinhaça, Centrifugação, Polímero Catiônico.

INTRODUÇÃO

A vinhaça representa uma enorme fonte de poluição que se avoluma a cada ano, haja vista sua composição (alto teor de matéria orgânica e minerais), e outras características como baixo valor de pH, com alto poder de corrosão, temperatura elevada na saída do processo de destilação, valores elevadíssimos de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), e extrema variabilidade ao longo de um dia de produção (CENTURIÓN et al., 1983; BONINI, 2012).

Este efluente do processo de produção de álcool a partir da fermentação e destilação de açúcares é gerado na proporção de 10 litros para cada 1 litro de etanol aproximadamente (UNICA, 2011). Deste total, cerca de 93% é água e 5% matéria orgânica, constituída de pequenas quantidades de açúcares não fermentáveis e quantidades relativamente elevadas de dextrinas, melanoidinas, resinas, gomas, amidos, ácidos orgânicos e aminoácidos, que

entram rapidamente em decomposição quando este material é armazenado por algum tempo (CENTURIÓN et al., 1983).

A utilização da vinhaça como meio de cultura se baseia na utilização dos nutrientes, da matéria orgânica, e dos sais dissolvidos neste resíduo. Contudo, um dos principais obstáculos ao cultivo de microalgas em vinhaça a concentrações elevadas é a presença de cor e turbidez, que atuam reduzindo de forma acentuada a penetração de luz no meio, inviabilizando a realização de fotossíntese por esses organismos. A clarificação e/ou diluição desse efluente garante uma maior penetração de luz, permitindo a realização de fotossíntese pelas microalgas. Há, portanto, a necessidade de se investigar técnicas eficientes para a redução de cor e turbidez desse efluente, possibilitando alternativa vantajosa de uso desse resíduo líquido, de preferência sem diluição, como meio para o cultivo de microalgas.

O sucesso dos processos físicos de clarificação da vinhaça pode estar diretamente relacionado com um bom condicionamento químico da amostra. Com o objetivo de reduzir o volume de amostras, e acelerar o processo de escolha de um produto químico, ensaios de centrifugação foram realizados com o intuito de verificar quais produtos químicos, a partir de uma lista de produtos pré-selecionados, e quais dosagens e pH de coagulação trariam benefícios a um processo físico-químico de tratamento.

A centrifugação é uma técnica de separação de fases cujos princípios básicos são os mesmos da sedimentação por gravidade, entretanto a intensidade das forças atuantes são usualmente centenas ou milhares de vezes maiores que a força gravitacional (REALI, 1999). A separação de fases realizadas neste processo é extremamente acelerada, e está diretamente relacionada com o tamanho dos flocos. Flocos grandes atingem rapidamente a parede da centrífuga, aderindo-se a ela e consequentemente se separando da solução, formando uma torta bastante espessa. Flocos pequenos além de demorarem um tempo maior para atingir a parede da centrífuga, podem sofrer o arraste pelo líquido tornando baixa a eficiência do processo.

Espera-se com a realização deste ensaio obter uma listagem de produtos químicos e condições operacionais eficientes, para então serem avaliados em ensaios de filtração e flotação.

MATERIAIS E MÉTODOS

- **Vinhaça**

Para a realização do ensaio de tratabilidade foi utilizada uma amostra de vinhaça coletada na Usina do grupo Raizen, unidade da Serra, em Ibaté. Esta vinhaça foi mantida sobre refrigeração (4 – 8°C) por 10 meses para evitar, ou ao menos minimizar, a degradação da amostra até que o ensaio fosse realizado. Este armazenamento por um longo período foi necessário para que a mesma vinhaça fosse utilizada nas diversas pesquisas realizadas no laboratório, e para que as mesmas não fossem paralisadas durante a entressafra.

- **Produtos Químicos**

A escolha dos produtos químicos testados foi baseada na literatura, na sua eficiência comprovada no tratamento de águas residuárias e no tratamento de água para abastecimento. Na Tabela 1 são apresentados os produtos testados.

Os produtos a base da casca da acácia negra, Acquapol, possuem uma ampla aplicação sendo: Acquapol Floc indicado para a remoção de cor de efluentes; Acquapol C118 na redução de cor, turbidez e condutividade de água para abastecimento; Acquapol T832 indicado para a redução de fósforo e outros contaminantes de efluentes; Acquapol WW na remoção de óleos de graxas também de efluentes.

Os polímeros sintéticos catiônicos, Lab Tae, são indicados para o tratamento de águas em geral com elevada capacidade de retenção de sólidos, sendo mantido em sigilo pelos fabricantes as características mais específicas sobre cada produto.

Os sais metálicos, por sua vez apresentam diversas aplicações na literatura, inclusive sendo aplicado no tratamento da vinhaça com resultados controversos, sendo esta a razão de estudá-los novamente (SATYAWALI; BALAKRISHNAN, 2008).

Os polímeros naturais vêm sendo aplicados no tratamento de águas residuárias como uma alternativa ao uso de polímeros sintéticos devido a não utilização de processos químicos complexos e vantagens econômicas (FAGUNDES, 2010).

Tabela 1: Produtos químicos testados bem como as concentrações das respectivas soluções estoque preparadas.

Produto químico	Concentração da solução dosada	Produto químico	Concentração da solução dosada
Aluminato de Sódio (produto comercial)	1,38% e 13,8% (vol/vol)	Lab Tae 408 (polímero comercial catiônico)	0,1% e 0,2% (massa/vol)
Cloreto Férrico ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	2% (massa/vol)	Lab Tae 409 (polímero comercial catiônico)	0,1% e 0,2% (massa/vol)
Sulfato Ferroso (FeSO_4)	2% (massa/vol)	Lab Tae 416 (polímero comercial catiônico)	0,1% e 0,2% (massa/vol)
Acquapol Floc (produto comercial a base da acácia negra)	2,14% e 21,4% (vol/vol)	Araruta (produto de uso culinário)	0,2% e 1,0% (massa/vol)
Acquapol C1 18 (produto comercial a base da acácia negra)	2,22% e 22,2% (vol/vol)	Amido de Milho (produto de uso culinário)	0,2% e 1,0% (massa/vol)
Acquapol T 832 (produto comercial a base da acácia negra)	2,24% e 22,4% (vol/vol)	Fécula de Batata (produto de uso culinário)	0,2% e 1,0% (massa/vol)
Acquapol WW (produto comercial a base da acácia negra)	2,34% e 23,4% (vol/vol)	Fécula de Mandioca (produto de uso culinário)	0,2% e 1,0% (massa/vol)

Cada um dos produtos testados foram avaliados em dois diferentes valores de pH de coagulação para um total de 15 dosagens cada. Este número de dosagens foi definido em função da capacidade do equipamento de centrifugação (16 amostras de 50 mL), de forma que em todo o ensaio fosse adicionado uma amostra controle, ou seja, sem a adição de produto químico para a coagulação.

Em relação aos valores de pH, foram avaliados o pH resultante da adição direta do coagulante à vinhaça, e um pH de coagulação próximo a 7. Este ajuste do valor do pH foi realizado com uma solução padrão de Hidróxido de Sódio (NaOH) ou Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) quando necessário. É importante ressaltar que a correção do pH foi realizada antes da adição do coagulante.

Para permitir a avaliação de uma ampla faixa de dosagens adotou-se a sequência de Fibonacci para a escolha das dosagens, 0; 1; 2; 3; 5; ... ; 610; 987 mg/L para os polímeros, araruta, amido de milho e féculas de batata e mandioca, e uma dosagem 10 vezes maior para os sais metálicos e para os produtos a base da acácia negra (Acquapol).

Uma vez que existe uma ampla variação de dosagens, optou-se por preparar mais de uma solução estoque para que fossem dosados os produtos químicos (Tabela 1), soluções mais diluídas facilitam a dosagem de concentrações muito baixas, e soluções mais concentradas evitam o efeito de diluição da amostra pelo produto químico. No caso dos polímeros não foram preparadas soluções ainda mais concentradas devido à dificuldade de prepara-las e manuseá-las. Para a utilização da araruta, do amido de milho e das féculas de bata e mandioca,

foi necessária uma etapa de gelatinização, para permitir que as mesmas atuem como polímero. Neste trabalho, optou-se pela gelatinização a frio segundo Di Bernardo e Campos (1991).

As soluções de polímero sempre foram preparadas na tarde anterior dos ensaios e mantidas em repouso durante a noite para que as bolhas de ar formadas durante o processo de agitação saíssem. As dosagens utilizadas apresentaram uma leve variação, uma vez que existe a limitação das micropipetas utilizadas. Esta variação apresentada é diferente para cada produto químico, pois esta diretamente relacionada com a concentração da solução estoque utilizada.

- **Ensaio de tratabilidade**

Os ensaios de tratabilidade foram realizados em escala de bancada para permitir com que fossem avaliados diferentes dosagens com um gasto reduzido de amostra de vinhaça. Amostras de 100 mL de vinhaça foram submetidas ao processo de coagulação por 10 segundos, e em seguida, uma alíquota de 40 mL foi submetida ao processo de sedimentação em centrífuga. A centrifugação foi realizada por 15 minutos com uma Força Centrífuga Relativa de 1811 g.

Devido ao volume reduzido, foi necessária a utilização de um mixer manual de uso doméstico, com bateria, para a realização da mistura rápida, uma vez que o laboratório não possuía um equipamento capaz de realizar a mistura de um volume tão pequeno de amostra. Tal mixer não permitiu o controle da agitação.

- **Análises realizadas**

Após a etapa da mistura rápida, uma alíquota de 40 mL da amostra foi acondicionada no tubo de centrífuga e a outra parte utilizada para a determinação do valor do pH. Ao finalizar a centrifugação, as amostras foram submetidas às análises de cor aparente em um espectrofotômetro HACH modelo 2010 com comprimento de onda (λ) de 465nm e turbidez em turbidímetro HACH modelo 2100P, para que fosse possível a realização de análises comparativas entre os produtos químicos testados. Os valores de cor e turbidez residuais apresentados foram corrigidos em termos da diluição resultante da adição dos produtos químicos, coagulante e ácido/ álcali.

RESULTADOS

Devido à grande variabilidade da vinhaça, e a dificuldade de homogeneização de grandes volumes da mesma, optou-se por medir a eficiência do processo de clarificação tendo como valor de referência a amostra sem coagulante presente em cada batelada, de forma que possíveis variações existentes entre as amostras de vinhaça tivessem a menor influência no resultado. Em cada batelada avaliou-se um produto químico em uma condição de pH.

Na Tabela 2 são apresentados para cada produto químico avaliado, a melhor dosagem para o processo de clarificação para cada um dos parâmetros (cor e turbidez), e para cada um dos dois valores de pH avaliados. Os dados são apresentados em porcentagem de remoção em função da amostra sem coagulante presente em cada uma das bateladas. Em algumas situações, não são apresentados resultados pois não foram verificadas, para as concentrações avaliadas, melhora em relação à amostra de referência (sem coagulante).

Tabela 2 – Dosagens ótimas e respectivas porcentagem de remoção de cor e turbidez para cada um dos produtos químicos ensaiados nas duas condições de pH, em relação à amostra de referência (amostra de referência é a amostra em que não foi adicionado o coagulante presente em cada uma das bateladas; “-” indica que não foram verificadas melhora com relação à amostra de referência)

Produto	Sem ajuste de pH				Com pH próximo a 7			
	[] (mg/L)	Cor	[] (mg/L)	Turbidez	[] (mg/L)	Cor	[] (mg/L)	Turbidez
Aluminato de Sódio	50	5%	1440	15%	-	-	10	2%
Cloreto Férrico	6100	0,4%	9870	72%	-	-	130	24%
Sulfato Ferroso	50	4%	340	21%	-	-	890	3%
Acquapol Floc	9870	67%	9870	85%	9870	49%	130	15%
Acquapol C118	9870	59%	9870	55%	9870	55%	9870	11%
Acquapol 832	9870	47%	9870	35%	9870	30%	50	7%
Acquapol WW	9870	61%	9870	65%	9870	40%	130	12%
Lab Tae 408	144	30%	233	66%	610	31%	610	42%
Lab Tae 409	34	38%	34	87%	34	17%	89	77%
Lab Tae 416	233	33%	233	78%	610	39%	610	51%
Araruta	1	2%	233	4%	8	7%	8	7%
Amido de Milho	233	9%	233	17%	5	5%	-	-
Fécula de Batata	3	4%	2	1%	21	3%	13	6%
Fécula de Mandioca	377	12%	377	14%	21	6%	21	6%

Na Tabela 3, por sua vez, é apresentado um exemplo dos resultados obtidos em duas bateladas, para o mesmo produto químico, com os dois valores de pH avaliados. Além disto, é apresentado na Tabela 3 a concentração da solução estoque utilizada para a dosagem do coagulante bem como a dosagem real aplicada devido às limitações das micropipetas utilizadas.

Tabela 3 – Resultados de cor e turbidez para os ensaios realizados com o polímero Lab Tae 409, bem como o pH de coagulação, a concentração da solução estoque de polímero utilizada, e as dosagens teórica e real testadas

Dosagem teórica/ Dosagem real	Concentração da Solução Estoque	pH	Cor	Turbidez	Concentração da Solução Estoque	pH	Cor	Turbidez
mg/L	g/L	-	UC	NTU	g/L	-	UC	NTU
0 / 0	-	4,8	13800	299	-	6,9	16503	213
1 / 1	1	4,8	12613	218	2	6,9	16305	187
2 / 2	1	4,8	10922	162	2	6,8	15493	163
3 / 3	1	4,8	10933	159	2	6,8	15911	154
5 / 5	1	4,8	9648	95	2	6,8	15515	116
8 / 8	1	4,8	9072	58	2	6,8	15023	98
13 / 13	2	4,8	8958	58	2	6,8	14544	71
21 / 22	2	4,8	8998	42	2	6,8	15126	64
34 / 34	2	4,8	8543	38	2	6,8	13754	52
55 / 56	2	4,8	8841	39	2	6,8	14110	51
89 / 90	2	4,8	9092	48	2	6,8	14338	49
144 / 144	2	4,8	9434	53	2	6,8	15248	61
233 / 240	2	4,8	10304	67	2	6,8	15000	71
377 / 380	2	4,8	11543	76	2	6,8	15431	89
610 / 620	2	4,8	13755	96	2	6,7	17889	115
987 / 980	2	4,8	14006	127	2	6,8	23331	131

Como pode ser observado na Tabela 3, o aumento do valor pH não trouxe melhora no processo de clarificação utilizando o Lab Tae 409. Isto fica mais claro quando os valores são observados em termos de porcentagem residual em função da amostra em que não foi adicionado o produto químico, de cada uma das bateladas (Figura 1). É possível verificar que para as dosagens mais elevadas, a porcentagem residual de cor é superior a 100%, o que permite afirmar que a adição de dosagens elevadas do polímero reduz a eficiência do processo de centrifugação se comparado com a não aplicação do produto.

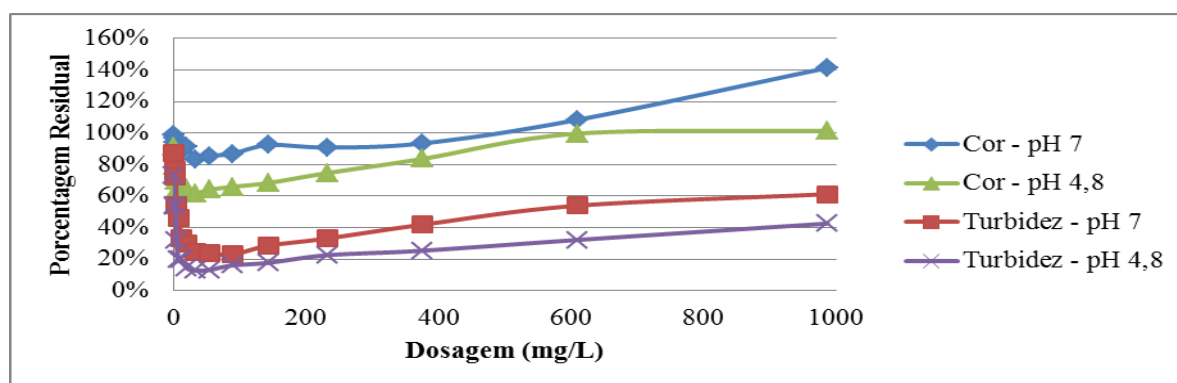


Figura 1 – Residual (%) de cor e turbidez versus dosagem do polímero Lab Tae 409 para os dois valores de pH investigados, sendo o valor de referência para o cálculo da porcentagem residual a amostra sem a adição do produto químico de cada batelada.

Nas Figuras 2 a 5 são apresentados a porcentagem residual de cor para todos os ensaios realizados, sendo dois gráficos para os ensaios sem ajuste prévio do pH, e mais dois gráficos para os ensaios onde foram realizados o ajuste prévio do mesmo para que o pH de coagulação ficasse próximo a 7. Os produtos químicos não foram agrupados em um único gráfico pois os polímeros sintéticos e os naturais apresentaram uma dosagem 10 vezes menor que as dosagens avaliadas para os sais metálicos e os produtos a base de acácia negra. Nas Figuras 6 a 9 por sua vez são apresentados os resultados de residual de turbidez, também agrupados em função do pH e das dosagens estudadas.

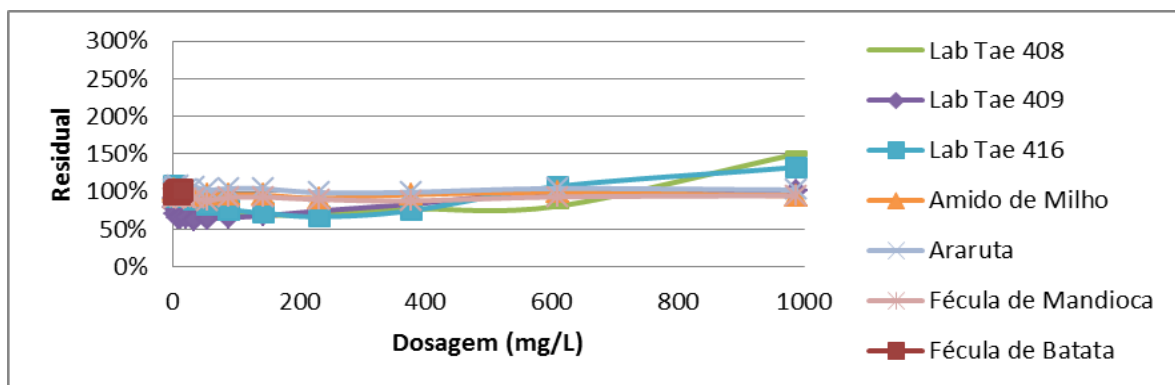


Figura 2 – Cor residual (%) versus dosagem dos polímeros sintéticos e naturais para os ensaios sem ajuste de pH, sendo o valor de referência para o cálculo da porcentagem residual a amostra sem a adição do produto químico de cada batelada.

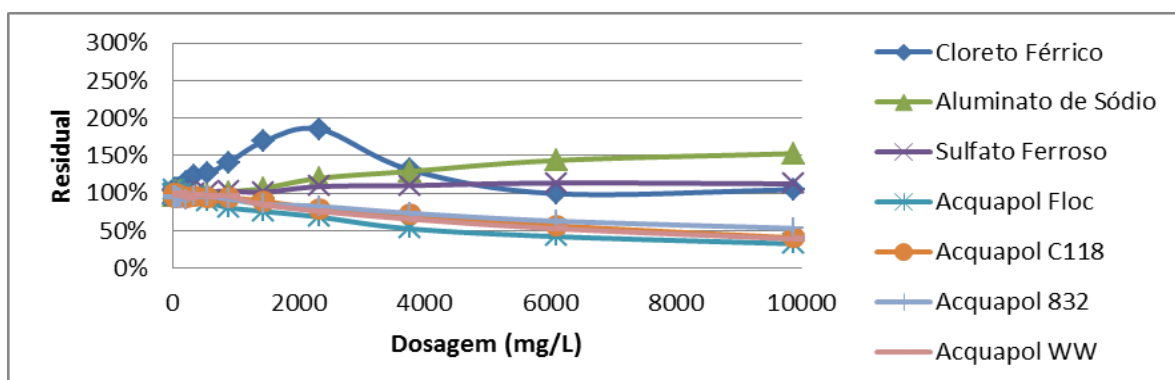


Figura 3 – Cor residual (%) versus dosagem dos sais metálicos e produtos a base de Tanino para os ensaios sem ajuste de pH, sendo o valor de referência para o cálculo da porcentagem residual a amostra sem a adição do produto químico de cada batelada.

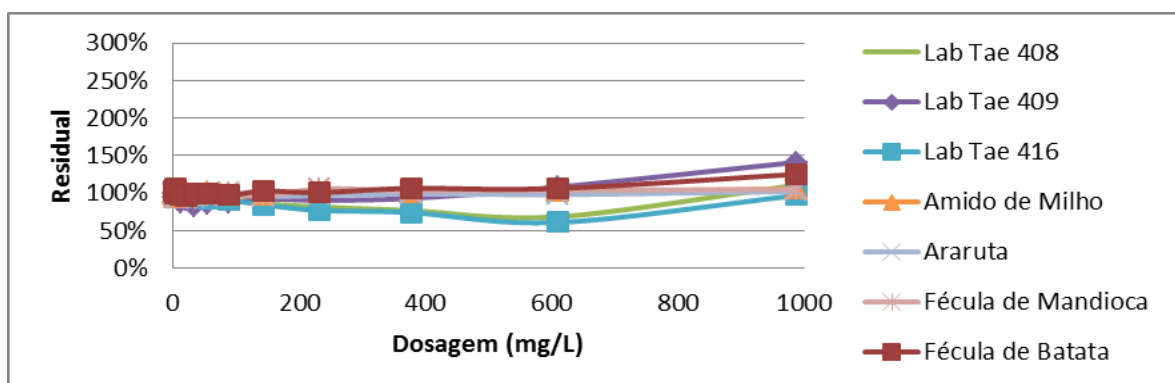


Figura 4 – Cor residual (%) versus dosagem dos polímeros sintéticos e naturais para os ensaios com ajuste de pH (pH coagulação ≈ 7), sendo o valor de referência para o cálculo da porcentagem residual a amostra sem a adição do produto químico de cada batelada.

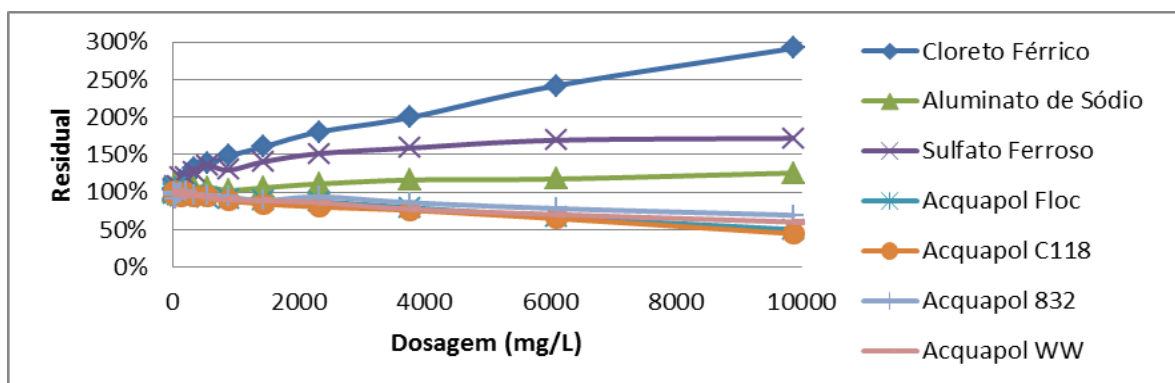


Figura 5 – Cor residual (%) versus dosagem dos sais metálicos e produtos a base de Tanino para os ensaios com ajuste de pH (pH coagulação \approx 7), sendo o valor de referência para o cálculo da porcentagem residual a amostra sem a adição do produto químico de cada batelada.

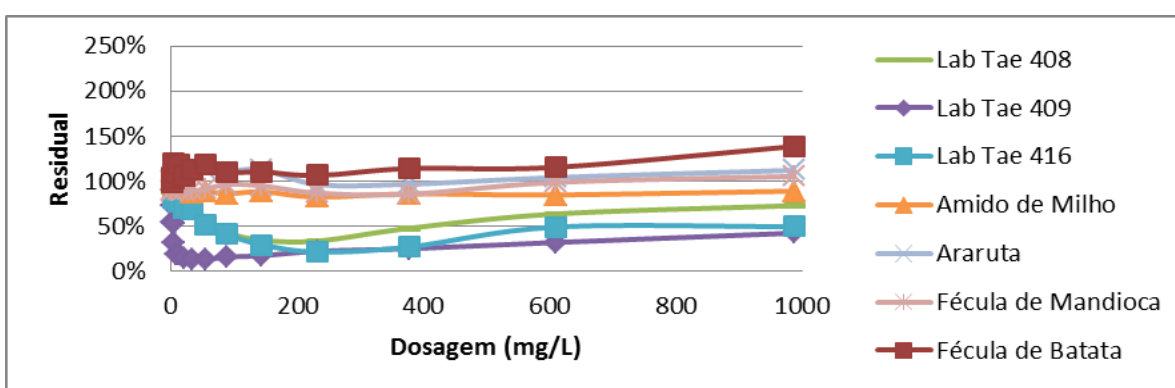


Figura 6 – Turbidez residual (%) versus dosagem dos polímeros sintéticos e naturais para os ensaios sem ajuste de pH, sendo o valor de referência para o cálculo da porcentagem residual a amostra sem a adição do produto químico de cada batelada.

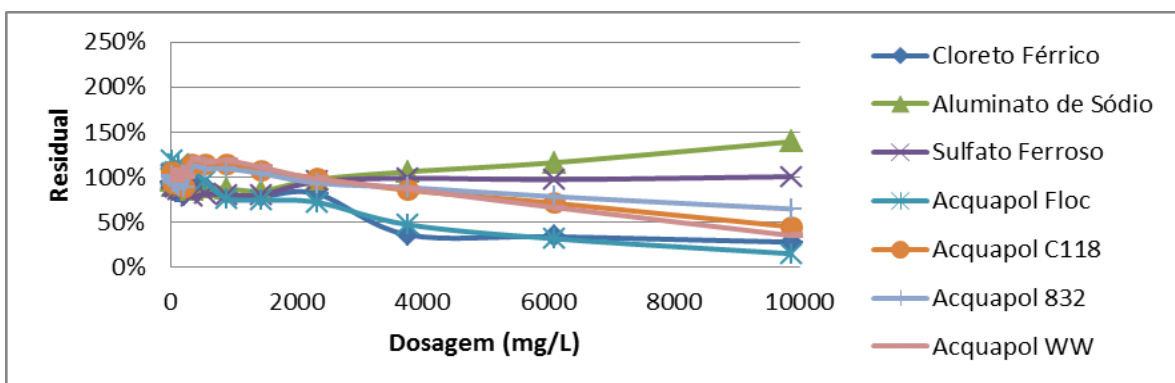


Figura 7 – Turbidez residual (%) versus dosagem dos sais metálicos e produtos a base de Tanino para os ensaios sem ajuste de pH, sendo o valor de referência para o cálculo da porcentagem residual a amostra sem a adição do produto químico de cada batelada.

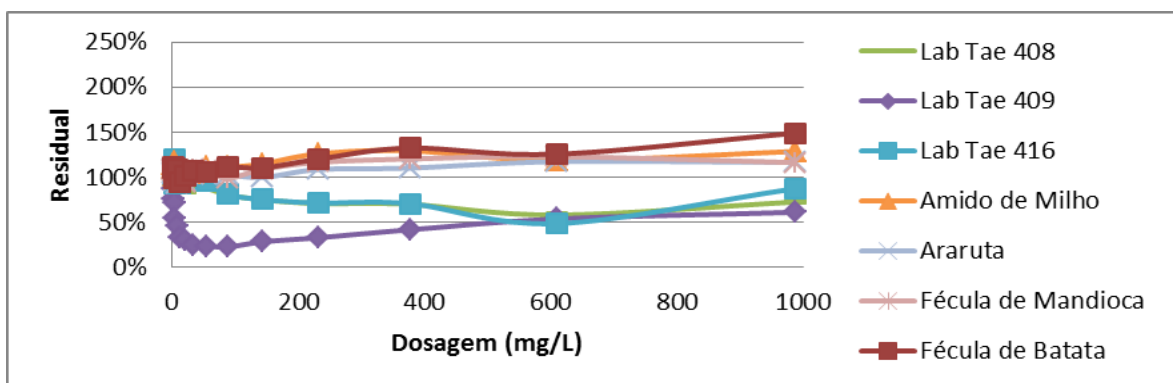


Figura 8 – Turbidez residual (%) versus dosagem dos polímeros sintéticos e naturais para os ensaios com ajuste de pH (pH coagulação \approx 7), sendo o valor de referência para o cálculo da porcentagem residual a amostra sem a adição do produto químico de cada batelada.

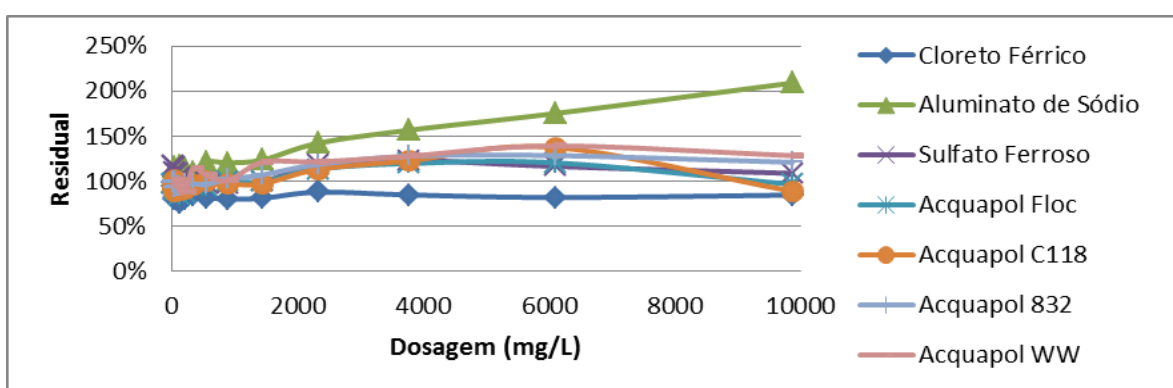


Figura 9 – Turbidez residual (%) versus dosagem dos sais metálicos e produtos a base de Tanino para os ensaios com ajuste de pH (pH coagulação \approx 7), sendo o valor de referência para o cálculo da porcentagem residual a amostra sem a adição do produto químico de cada batelada.

Nas Figuras 10 a 13 são apresentados para cada produto químico avaliado, a melhor dosagem para o processo de clarificação para cada um dos parâmetros (cor e turbidez), e para cada um dos dois pHs avaliados. Os dados são apresentados em porcentagem de remoção em função da amostra sem coagulante presente em cada uma das bateladas. Em algumas situações, não são apresentados resultados pois não foram verificadas, para as concentrações avaliadas, melhora em relação à amostra de referência. Estes gráficos tem o objetivo de facilitar a visualização dos resultados para cada um dos parâmetros avaliados.

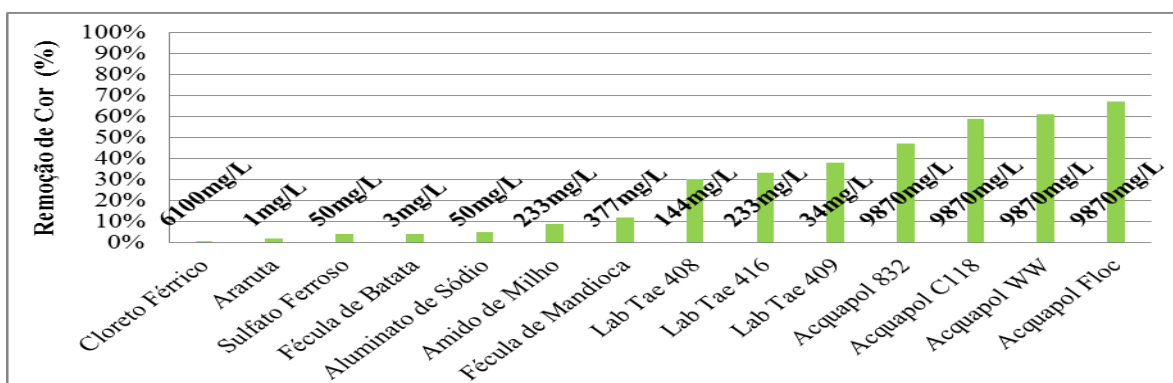


Figura 10 – Melhor remoção de cor (%) para cada um dos produtos químicos ensaiados, SEM ajuste de pH, com as respectivas dosagens para a obtenção de tal resultado.

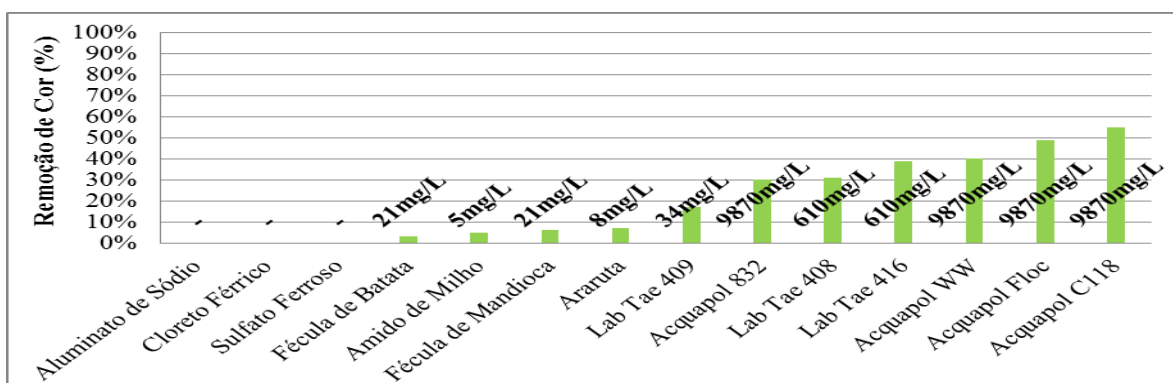


Figura 11 – Melhor remoção de cor (%) para cada um dos produtos químicos ensaiados, COM ajuste de pH, com as respectivas dosagens para a obtenção de tal resultado, “-” indica que não foi verificada melhora em relação à amostra de referência.

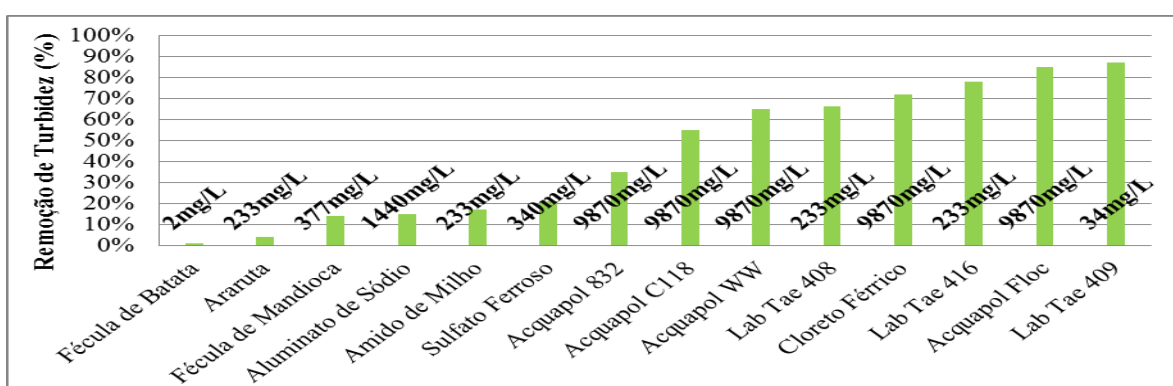


Figura 12 – Melhor remoção de turbidez (%) para cada um dos produtos químicos ensaiados, SEM ajuste de pH, com as respectivas dosagens para a obtenção de tal resultado.

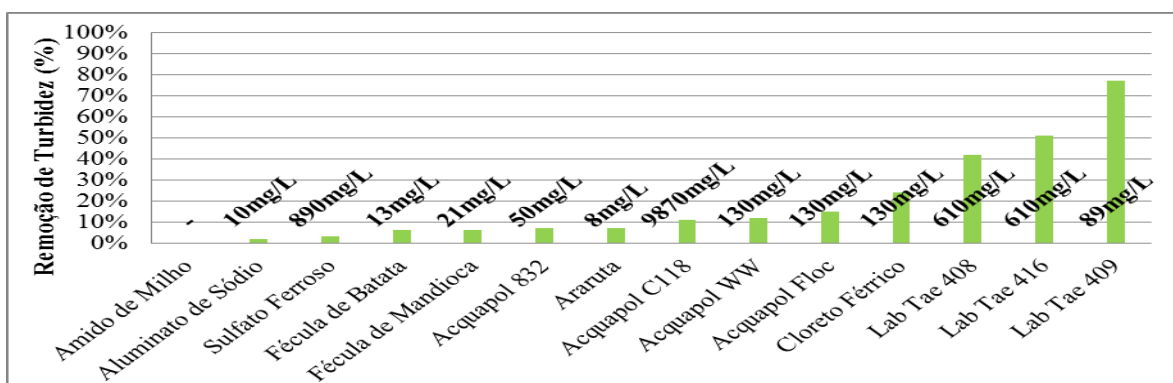


Figura 13 – Melhor remoção de turbidez (%) para cada um dos produtos químicos ensaiados, COM ajuste de pH, com as respectivas dosagens para a obtenção de tal resultado, “-” indica que não foi verificada melhora em relação à amostra de referência.

Ao analisar os dados da Tabela 2 e das Figuras 10 a 13 pode-se observar que o aumento do pH praticamente não proporcionou melhora na remoção de cor e turbidez. A única exceção foi para o polímero natural à base de Araruta, Acquapol WW, o qual apresentou resultados melhores de remoção de cor e turbidez no pH elevado. Os polímeros Lab Tae 408 e 416 tiveram uma pequena melhora na remoção de cor quando houve o aumento do pH, mas associado a um aumento da dosagem. O polímero a base de fécula de batata por sua vez apresentou melhoras em termos de remoção de turbidez, com o aumento do pH e também associado com um aumento na dosagem.

Ao analisar a Figura 10 fica evidente a superioridade dos produtos Acquapol, produtos à base de tanino, mas com uma dosagem extremamente elevada, 9,870mg/L. Analisando a Figura 12 por sua vez, verifica-se que o

polímero Lab Tae 409 apresentou melhor remoção de turbidez e, ao se comparar com o Acquapol Floc, o segundo melhor produto, nota-se uma enorme diferença de grandeza nas dosagens requeridas. Desta forma, pode-se afirmar que o polímero Lab Tae 409, produto com melhor remoção de turbidez e o quinto melhor em termos de cor, é o mais indicado para a remoção de cor e turbidez, em ensaios sem o ajuste de pH, dentre os produtos analisados, devido a baixa concentração utilizada e a não necessidade de ajuste prévio do pH.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

- A elevação do pH para os produtos químicos analisados não apresentou melhoras de maneira geral, além de agregar custo ao processo devido a necessidade de produto químico para realizar tal correção.
- O polímero catiônico de alto peso molecular, Lab Tae 409, se mostrou satisfatório na remoção de cor aparente e turbidez, por sedimentação, com eficiência de 38% na remoção de cor, e 87% na remoção de turbidez para uma dosagem de 34mg/L com relação à amostra de vinhaça em que não foi feita a adição de produto químico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BONINI, M. A. Cultivo heterotrófico de *Aphanothece microscopica* Nägeli e *Chlorella vulgaris* em diferentes fontes de carbono e em vinhaça. 2012. 96f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.
2. CENTURIÓN, R. E. B.; MORAES, V. A.; PERCEBON, C. M.; RUIZ, R. T. Destinação final da vinhaça produzida por destilarias de álcool. Revista DAE, n. 134, p. 107-112, 1983.
3. DI BERNARDO, L.; CAMPOS, J. R. Uso de Polímeros Naturales en el Tratamiento de Aguas para Abastecimiento. Colombia: Ultratextos LTDA, 1991.
4. FAGUNDES, T. S. Uso de polímero natural a base de amido como auxiliar de floculação no pós-tratamento de efluentes UASB com flotação por ar dissolvido. 2010. 110 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
5. REALI, M. A. P. Principais características quantitativas e qualitativas do lodo de ETAs. In: _____ (Org.). Noções Gerais de tratamento e Disposição Final de Lodos de estações de Tratamento de Água. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária - ABES, 1999, v. 1, p. 21-39.
6. SATYAWALI, Y.; BALAKRISHNAN, M. Wastewater treatment in molasses-based alcohol distilleries for COD and color removal: A review. Journal of Environmental Management, v. 86, p. 481-497, 2008.
7. ÚNICA – União da Indústria de Cana de Açúcar. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/>>. Acesso em: 20 de setembro de 2012.