

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

USO DO COAGULANTE ORGÂNICO TANINO NO TRATAMENTO
DE EFLUENTE DE ABATEDOURO AVÍCOLA

Jessica Camile da Costa

Palotina, 2016

RESUMO

A indústria de abate avícola vem crescendo cada vez mais nos últimos anos, a qual possui um elevado consumo de água, cerca de 25 a 50 litros de água por cabeça de frango, produzindo um efluente com uma elevada carga orgânica que varia de 1.000 a 3.700 mg L⁻¹ e poder poluente. Para o tratamento desse tipo de coagulante pode ser utilizado o método de coagulação físico-químico, que consiste na adição de um agente coagulante que faz com que as superfícies suspensas se aglutinem formando flocos maiores. Um dos coagulantes químicos mais utilizado é o sulfato de alumínio, pela sua facilidade de manejo, transporte, baixo custo e elevada eficiência. Porém sua utilização pode ocasionar problemas, como, a geração de lodo contendo o cátion Al³⁺ dificultando a sua disposição final. Uma solução para facilitar a destinação do lodo é a utilização de coagulantes orgânicos. Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo de avaliar e comparar os coagulantes sulfato de alumínio e tanino SG no tratamento de coagulação, floculação e sedimentação de efluente gerado em abatedouro avícola. Para isso foram testados, para comparação os coagulantes em cinco concentrações diferentes (50; 75; 100; 125 e 150 mg L⁻¹). O tratamento que apresentou maior eficiência de remoção de cor foi tanino SG 100 mg L⁻¹ (98,04%). Para a eficiência de remoção de turbidez o tratamento tanino SG 125 mg L⁻¹ (98,75%) e para a demanda química de oxigênio (DQO) o tratamento mais eficiente foi tanino SG 125 mg L⁻¹ (80,90%). Não foi constatada diferença significativa na produção de lodo entre os coagulantes avaliados. Os resultados indicam que o coagulante orgânico tanino SG pode ser uma alternativa viável ao tratamento de efluentes, podendo substituir o uso do coagulante químico sulfato de alumínio gerando um lodo com menor potencial poluidor, facilitando sua disposição final.

Palavras-chave: coagulante orgânico, eficiência de remoção, produção de lodo.

ABSTRACT

The poultry industry has been growing more and more in recent years, which has a high consumption of water, about 25 to 50 liters of water per head of chicken, producing an effluent with a high organic load and polluting power. For a particular treatment of this type of coagulant, the physico-chemical coagulation method can be used, which consists of the addition of a coagulating agent which causes the suspended surfaces to

agglutinate to form larger flakes. One of the most commonly used chemical coagulants is aluminum sulphate, for its ease of handling, transportation, low cost and high efficiency. However, its use can cause problems, such as, the generation of sludge containing the Al^{3+} cation making its final disposal difficult. A solution to facilitate the disposal of sludge is the use of organic coagulants. Therefore, the present work had the objective of evaluating the treatment of coagulation, flocculation and sedimentation of effluent generated in poultry slaughterhouse. For this purpose, the coagulant aluminum sulphate and the organic tannin SG coagulant were tested in five different concentrations (50, 75, 100, 125 and 150 mg L⁻¹), and the treatment with the highest color removal efficiency was SG tannin 100 mg L⁻¹ (98.04%) and the chemical treatment of oxygen (COD) for tannin removal efficiency was 125 mg L⁻¹ (98.75%) and tannin. The results indicated that the organic tannin coagulant SG can be a viable alternative to the treatment of effluents, being able to substitute the use of the chemical coagulant aluminum sulfate generating a sludge with less polluting potential, facilitating its final disposal.

Key words: organic coagulant, efficiency of removal, production of sludge.

1. INTRODUÇÃO

A elevada quantidade de atividades industriais leva a um alto consumo de água em várias etapas dos processos industriais, ocasionando uma grande geração de efluente, o qual pode contaminar corpos hídricos e o solo.

Neste contexto há uma grande preocupação, especialmente no segmento agroindustrial, em se realizar um tratamento adequado para cada tipo de efluente, para que seu despejo não cause alterações negativas ao meio ambiente e para evitar eventuais problemas legais e sociais. As indústrias vêm investindo cada vez mais em tratamentos eficazes para seus efluentes líquidos, para que assim possam atender de maneira correta as legislações ambientais vigentes.

Um dos pólos industriais em plena expansão é o da indústria de abate de frango, a qual possui um elevado consumo de água em diversas etapas do processo de abate, principalmente na etapa de resfriamento que produz um efluente com uma elevada carga orgânica. Este possui um elevado poder poluente, pois é composto por gorduras,

sangue, vísceras e pedaços de carcaça (GIORDANO, 2005). Devido a isto a legislação vigente no Brasil (CONAMA, 2011) atualmente estabelece padrões de lançamento, sendo assim necessário adotar combinações de níveis de tratamentos.

Existem inúmeros processos para o tratamento de efluente líquidos, que variam de acordo com as características de efluente bruto gerado no processo que varia de acordo com a matéria prima e com a planta processadora, e também deve-se levar em consideração as condições em que se encontram o corpo hídrico receptor (LUCYK et al., 2015). Em geral as agroindústrias utilizam processos tradicionais que combinam o tratamento físico-químico ao tratamento biológico (KUSHWAHA *et al.*, 2010).

O tratamento químico de coagulação é utilizado quando o tratamento físico não demonstra eficiência, neste processo é utilizado coagulantes, que podem ser orgânicos ou inorgânicos. O coagulatege desestabilizando as partículas coloidais em suspensão ou dissolvidas, que se apresentam como partículas muito finas. A floculação ocorre após o processo de coagulação, que se dá pela aglomeração das partículas coaguladas formando flocos e posteriormente ocorre a sedimentação, flotação ou filtração dessas partículas. (SPINELLI, 2001; LUCYK et al., 2015; VAZ, 2009).

No Brasil um dos coagulantes químicos mais utilizado é o sulfato de alumínio, devido a sua facilidade de manejo e transporte e também pelo baixo custo e elevada eficiência que possui. Porém a sua utilização pode ocasionar alguns problemas, entre eles, a geração de um elevado volume de lodo contendo o cátion Al^{3+} dificultando a sua disposição final, pois o mesmo pode causar efeitos nocivos à saúde e ao meio ambiente (MONACO et al., 2010).

Uma solução para que não haja dificuldade na disposição final do lodo gerado, seria a utilização de coagulantes orgânico como por exemplo o tanino. Este é extraído de vegetais apresenta como vantagens uma matéria prima renovável, geração de lodo orgânico facilitando a sua disposição final, assim como uma menor geração do mesmo, além de apresentar alta eficiência na remoção de parâmetros como cor, turbidez e demanda química de oxigênio(DQO) (PINTÁ, 2008).

Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o tratamento de coagulação, floculação e sedimentação de efluente gerado em abatedouro avícola com a aplicação dos coagulantes sulfato de alumínio e tanino SG para comparação.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Uso da água na indústria

O crescimento industrial nas últimas décadas tem sido um dos responsáveis pelo aumento das atividades antrópicas sobre os recursos naturais, principalmente causando a poluição dos corpos hídricos. Essa poluição é causada pela introdução de matéria e/ou energia que altera as características físicas e químicas da água, podendo afetar a biota (NAGALLI e NEMES, 2009).

Segundo Giordano (2005) a água pode ser utilizada pelas indústrias de diversas formas e em diversas etapas e processos, como na incorporação ao produto; lavagens de maquinários, tubulações e pisos; águas de sistemas de resfriamento e geradores de vapor; águas utilizadas diretamente nas etapas do processo industrial ou incorporadas aos produtos; esgotos sanitários dos funcionários. Com exceção da água que é incorporada aos produtos e a as perdas por evaporação, esta água se torna contaminada por resíduos que fazem parte do processo industrial ou pela perda de energia térmica, dando origem assim aos efluentes líquidos.

Existe um elevado interesse por parte das indústrias em reduzir a poluição decorrente dos processos industriais, não somente nas estações de tratamento, mas também em cada etapa da cadeia produtiva, através do reuso da água e da recuperação de produtos e subprodutos (FREITAS, 2002).

2.2 Caracterização dos efluentes industriais

De acordo com Giordano (2005) a caracterização dos efluentes industriais se dá por parâmetros de controle, como: cor, turbidez, pH, DQO, alcalinidade, entre outros.

2.2.1 Características Físicas

A cor da água é decorrente do reflexo da luz sobre substâncias dissolvidas e coloidais. Esta cor pode ser originada por corantes orgânicos sintéticos e ou residuais,

inorgânicos (metais pesados), decomposição da matéria orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos), e outros subprodutos de biodegradação. Após o processo de tratamento a redução da cor podendo indicar diminuição das partículas dissolvidas na água (LIBÂNIO, 2008; GIORDANO, 2005; VON SPERLING, 2005).

A turbidez é consequência de partículas suspensas na água de tamanhos variados, provenientes da matéria orgânica, seja decorrente de partículas de rocha, argila e silte, algas e outros microrganismos, despejos domésticos e industriais e erosão. A turbidez pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos. Essas partículas levam a uma interferência na passagem de luz através da água, conferindo assim uma aparência turva a mesma, e em corpos hídricos pode prejudicar a fotossíntese (VON SPERLING, 2005).

2.2.2 Características Químicas

O parâmetro pH representa a concentração de íons hidrogênio H^+ no meio analisado, o qual indica sobre a condição da acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Sua origem pode ser natural através da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, ou pode ser de origem antropogênica, que se dá pelos despejos domésticos e industriais (VON SPERLING, 2005). Um pH relativamente baixo interfere na velocidade de oxidação de metais, processo que causa a corrosão e entupimento de tubulações (FRANCO, 2009).

A alcalinidade refere-se a quantidade de íons na água que reagem para neutralizar os íons hidrogênio ou seja a capacidade da água em neutralizar ácidos (capacidade tampão). São os principais constituintes da alcalinidade os bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e os hidróxidos (OH^-). Sua origem se dá pela dissolução de rochas, reação do CO_2 com a água e por despejos industriais (SPINELLI, 2001; LUCYK et al., 2015; SPERLING, 2005).

ADQO é um indicador de matéria orgânica que se baseia na concentração de oxigênio consumido para que a matéria orgânica seja oxidada, em meio ácido e condições energéticas por ação de um agente químico oxidante forte. Esta técnica mostra a concentração de matéria orgânica em termos de oxigênio consumido (VALENTE et al., 1997). Embora a resolução 430 (CONAMA 2011) não faça nenhuma

referência ao parâmetro DQO na classificação dos corpos hídricos e nos padrões de lançamento de efluentes líquidos, existem algumas legislações ambientais estaduais que estabelecem limites máximos para este parâmetro em seus padrões de lançamento. Este parâmetro é particularmente importante por estimar o potencial poluidor de efluentes domésticos e industriais, assim como o impacto dos mesmos sobre os ecossistemas aquáticos (AQUINO et al., 2006).

A Tabela 1 apresenta os padrões de lançamento de efluentes líquidos em corpos hídricos estabelecidos pela resolução CONAMA 430/2005 e Resolução SEMA 024/2008.

Tabela 1. Padrões de lançamento de efluente líquidos estabelecidos pelo CONAMA e SEMA.

Parâmetro	CONAMA	SEMA
pH	5 – 9	5 – 9
DQO (mg L ⁻¹)		150 mg L ⁻¹

Fonte: O autor

2.3 Efluente de abatedouro avícola

Segundo Lucyk et. al. (2015) os abatedouros de aves se caracterizam pelo elevado consumo de água, principalmente na etapa de resfriamento das carcaças, promovendo alta geração de efluentes com elevada carga orgânica que varia de 1.000 a 3.700 mg L⁻¹ (GIORDANO, 2004). A média de água utilizada por cabeça de frango é de 25 a 50 litros (LUCYK et al., 2015) e cerca de 60 a 70% da água que é utilizada em frigoríficos entra em contato com produtos cárneos (CIKOSKI et al. 2008).

No 2º trimestre de 2016 foram abatidas 1,49 bilhão de cabeças de frangos no Brasil. Resultando em um aumento de 1,0% em relação ao trimestre anterior e de 6,5% na comparação com o mesmo período de 2015. O lidera amplamente o abate de frangos (+37,85 milhões de cabeças), seguido por Santa Catarina e Rio Grande do Sul (IBGE, 2016).

A Tabela 2 traz algumas características físico-químicas de efluente de abatedouro avícola encontradas na literatura.

Tabela 2. Características físico-químicas típicas de um efluente de abatedouro avícola.

Parâmetro	Média	Valores
pH	7,03	6,24-7,85
DQO (mg L ⁻¹)	5.398	3.979-7.125
DBO ₅ (mg L ⁻¹)	2.763	2.035-4.200
Nitrogênio amoniacal (mg L ⁻¹)	22,1	5,5-61,8
Nitrogênio Total de Kjeldahl (mg L ⁻¹)	71,7	54,7-99,8
Sólidos Suspensos (mg L ⁻¹)	1.271	284-2.660
Fósforo total (mg L ⁻¹)	71,5	53,9-91,7
Alcalinidade (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	416	366-512
Óleos e graxas (mg L ⁻¹)	201,0	170,0 – 230,0

Fonte: Morés (2006); EPA (1973)

O efluente gerado em abatedouro avícola possui um elevado poder poluente, pois em sua composição há elevado teor de gorduras, sangue, conteúdo visceral pedaços de carcaças (BEUX, 2005; RIGO, 2004; SALMINEM e RINTALA, 2002; ALVAREZ e LIDÉN, 2008; CHEN et al., 2008).

Devido à alta complexidade da composição destes efluentes, faz-se necessário o uso de uma combinação de diversos níveis de tratamento para atender aos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação vigente (LUCYK et al., 2015).

2.4 Tratamentos aplicados aos efluentes líquidos

Em geral as agroindústrias utilizam processos tradicionais que combinam o tratamento físico-químico ao tratamento biológico (KUSHWAHA et al., 2010). Os métodos mais utilizados para tratamento de efluentes líquidos são compostos por até quatro níveis, sendo eles, preliminar, primário, secundário e terciário (GIORDANO, 2005).

Segundo Giordano (2005) a etapa preliminar consiste na remoção de sólidos sedimentáveis grosseiros, como areia, terra diatomácea, carvão, pó de pedra e similares, em caixas de areia; os sólidos que possuem diâmetros superiores a 1 mm, sendo eles penas, plásticos, fios e similares, são removidos em peneiras; já para os sólidos com diâmetros superiores a 10 mm podem ser utilizados grades para sua remoção. Os óleos e

graxas livres também são removidos nesta etapa, através da remoção por diferença de densidade em separadores de água e óleo.

A etapa primária é ideal para a eliminação de sólidos pelos processos de sedimentação ou floculação, ou até mesmo pela associação do processo de coagulação e floculação química, que consiste na clarificação físico-química do efluente. Nesta etapa podem ser removidos componentes tóxicos, matéria orgânica, gorduras e metais pesados.

Já a etapa secundária utiliza-se reatores anaeróbios, filtros biológicos e lagoas de estabilização (VON SPERLING, 2005). Caso não haja a disponibilidade de espaço para a implantação de lagoas o processo preliminar deve ser complementado com o tanque de equalização, clarificação físico-química (flotação) e o tratamento biológico por lodos ativados. Esta etapa destina-se principalmente a remoção da matéria orgânica biodegradável dissolvida ou coloidal e nutrientes como nitrogênio e/ou fósforo. A etapa terciária consiste na melhoria da qualidade dos efluentes tratados através da remoção da cor residual, turbidez e desinfecção do efluente tratado (GIORDANO, 2005).

Entre os vários processos para tratamento, destacam-se os seguintes tratamentos físicos: sedimentação, decantação, filtração, centrifugação ou flotação dos resíduos (SCHOENHALS, 2006). Esses métodos correspondem à transferência dos resíduos para uma nova fase (DI BERNARDO, 1993). Quando o efluente apresenta partículas em suspensões coloidais (finas) os métodos físicos de separação não são efetivos. Para desestabilizar essas suspensões é utilizado o método de coagulação através da adição de coagulantes químicos ou orgânicos (SCHOENHALS, 2006). Esses processos são eficientes na remoção de sólidos em suspensão coloidal ou mesmo dissolvidos, substâncias que causam cor e turbidez, substâncias odoríferas, metais pesados, óleos emulsionados, ácidos e álcalis (SANTOS, 2006; PHILIPPI et al., 2007).

Os processos físico-químicos têm por objetivo a clarificação dos efluentes por meio da desestabilização dos coloides por coagulação/floculação seguida de um processo de sedimentação ou flotação para separação de fases (SILVA et al., 2012).

2.5 Coagulação, floculação e sedimentação

O termo “coagulação” vem do latim *coagulare*, que significa “manter-se junto” (SCHOENHALS, 2006) e tem por finalidade remover substâncias coloidais (material sólido) em suspensão e/ou dissolvido. Este normalmente é considerada o pré-tratamento que tem por objetivo o condicionamento do despejo para o tratamento subsequente. Segundo Ritcher Netto (2003) afirmam que os termos coagulação e floculação são como sinônimos, ambos significam o processo integral de aglomeração das partículas.

A coagulação é o processo pelo qual o agente coagulante adicionado ao efluente, diminui as forças que mantêm separadas as superfícies em suspensão (VAZ, 2009). Este processo ocorre devido ao efeito produzido pela adição de um coagulante químico, geralmente a base de ferro e alumínio (MONACO et al., 2010) que promove a desestabilização das partículas coloidais e finamente divididas (SCHOENHALS et al., 2006). Esta desestabilização por meio da adição de coagulantes adequados na água provoca a aglomeração das partículas para facilitar a remoção por meio de sedimentação, flotação ou filtração (CARDOSO, 2003).

Di Bernardo e Dantas (2005) afirmam que para que o processo de coagulação seja eficiente deve ser realizado por meio de agitação intensa, denominado de mistura rápida, para que possa ocorrer a interação entre o coagulante e o efluente. Há dois fenômenos que resultam na coagulação: o primeiro um fenômeno químico, onde há reações do coagulante com o efluente e a formação de espécies hidrolisadas com carga positiva e o segundo que consiste em um fenômeno físico, onde ocorre o transporte das espécies hidrolisadas para que haja contato com as impurezas presentes na água.

Nas indústrias o tratamento de água e efluentes por coagulação é realizado pela adição de sais de alumínio ou de ferro ou outros polímeros sintéticos. Na literatura encontra-se quatro principais formas de desestabilizar as partículas coloidais (FERREIRA et al. 1997; CUBAS, 1999; HASSEMER, 2000): a) compressão da camada difusa, b) adsorção e neutralização, c) varredura, d) adsorção e formação de pontes (SCHOENHALS, 2006).

Segundo Paula (2004) na floculação ocorre à agregação das partículas em suspensão já coaguladas, em função das forças de Van Der Waals, formando partículas maiores, flocos, que possam sedimentar (RITCHER e NETO, 2003). A velocidade de

formação dos flocos depende da agitação mecânica do meio, agitação esta que deve ser em nível moderado, denominada mistura lenta, o que aproxima os colóides desestabilizados pelo coagulante, favorecendo assim a aglutinação formando flocos maiores, caso não haja a agitação de forma moderada poderá ocorrer à desagregação desses flocos, dificultando assim a sua remoção (CARDOSO, et al., 2008; SPINELLI, 2001; LUCYK et al., 2015). Após o processo de coagulação/floculação ocorre a sedimentação, que assim propicia a remoção de cor e turbidez do efluente tratado com os coagulantes (VAZ, 2009).

Segundo Giordano (2005) a sedimentação é uma das etapas de clarificação, deve ser aplicada conforme as características de cada efluente e do processo de tratamento. Se o processo gera lodo orgânico não deve haver a permanência por longo período de tempo desses no fundo dos decantadores para que não haja anaerobiose que leva a formação de gases que causam a flutuação de aglomerados de lodos. Nos casos de lodos gerados nos processos químicos ou com efluentes originados em processos industriais inorgânicos pode-se permitir um tempo de retenção maior dos lodos no fundo dos decantadores.

Alguns fatores podem influenciara coagulação e floculação como o pH que deve estar dentro de um limite onde ocorre a melhor atuação dos coagulantes, pois estando fora desse limite os processos de coagulação e floculação podem apresentar baixa eficiência (SPINELLI, 2001; LUCYK et al., 2015). A alcalinidade também pode influenciar consideravelmente na coagulação química, pois os principais coagulantes (sulfato de alumínio e cloreto férrico) são doadores de prótons em solução, sendo assim se a alcalinidade estiver baixa a eficiência da coagulação pode se dar através de um ajuste no pH, porém se a alcalinidade e o pH estiverem relativamente altos, é provável que o sulfato de alumínio não seja um bom coagulante (SPINELLI, 2001; LUCYK et al., 2015; SPERLING, 2005).

2.6 Coagulantes aplicados no tratamento de efluentes

As indústrias na sua maioria utilizam coagulantes inorgânicos como sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato férrico e aluminato de sódio (SILVA, 1999). Podem também ser utilizados coagulantes orgânicos com densidade de carga positiva

(polímeros catiônicos), podendo ser sintéticos ou naturais. A diferença entre os coagulantes inorgânicos e orgânicos está na sua reação hidrolítica com a água. Nos inorgânicos as cadeias polimerizadas já estão formadas quando entram em contato com a água. Já nos coagulantes orgânicos, a polimerização se inicia depois de adicionados ao meio líquido, só assim ocorrendo à adsorção dos colóides presentes no meio (SCHOENHALS, 2006).

Várias pesquisas têm avaliado o uso de coagulantes orgânicos no tratamento de efluentes (VAZ et al., 2010; SILVA et al., 2012; POZZOBON e KEMPKA, 2015; SCHMITT et al., 2014; STROHER et al., 2013). O uso desse tipo de coagulante tem mostrado diversas vantagens quando comparado aos químicos em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodo e também ao baixo risco associado a este lodo (YIN et al., 2010), o qual posteriormente pode ser utilizado como fertilizante (BHUPTAWAT et al., 2007).

2.6.1 Sulfato de Alumínio

Um dos coagulantes mais utilizados e produzidos no Brasil é o sulfato de alumínio, isso se dá pela sua facilidade de transporte e manejo, baixo custo e eficiência. Sua obtenção se dá devido ao contato do ácido sulfúrico e a bauxita e sua fórmula final é $Al_2(SO_4)_3$. Apresenta-se solúvel em água e possui a capacidade de coagulação efetiva em faixas de pH que vão de 5,5 a 8,0 (FRANCO, 2009).

A utilização de coagulantes químicos a base de alumínio traz alguns problemas como a geração de um elevado volume de lodo contendo o cátion Al^{3+} dificultando a disposição final e também apresenta efeitos nocivos à saúde (MONACO et al., 2010).

Em estudo realizado por Vaz (2009) com efluente proveniente da indústria de galvanoplastia, o coagulante químico sulfato de alumínio obteve excelentes resultados comparados a coagulantes orgânicos, tanino e quitosana, obtendo 98,13% de eficiência na remoção de cor e 98,78% na remoção da turbidez. Porém apresentou elevada produção de lodo, sendo este um lodo com elevada concentração de cátion Al^{3+} , levando a um problema para a sua disposição final.

Já em pesquisa realizada por Lucyk et al. (2015) para efluentes de abatedouro avícola e amidonaria, o sulfato de alumínio não obteve resultados satisfatórios em relação ao coagulante orgânico tanino.

2.6.2 Tanino

O tanino é um polímero orgânico-catiônico de baixo peso molecular (TANAC, 2016). De acordo com Silva (1999) os taninos pertencem ao grupo de compostos polihidroxifenólicos diferentes, que se encontram misturados, constituídos por polifenóis simples, carboidratos, aminoácidos e gomas hidroxidolodais e são aplicados no curtimento de peles, produção de plásticos, anticorrosivos, cola, floculantes, entre outras propriedades.

Os taninos são extraídos de árvores de grande e pequeno porte. Ele pode ser encontrado em várias partes das árvores, como raízes, galhos, folhas, flores, frutos, sementes, porém a parte mais utilizada para a extração da substância é a casca. Ele é composto por carboidratos simples, goma hidroxidoloidais, fenóis e aminoácidos (SILVA, 1999). Segundo Mangrich (2014) no Brasil o tanino utilizado como coagulante é extraído da *Acacia mearnsii* (acácia negra), planta de origem australiana cultivada no Brasil somente no estado do Rio Grande do Sul. As plantas são desenvolvidas e cultivadas com tecnologia de ponta, a sua colheita é feita de forma mecanizada. Cerca 20 a 30% do tanino extraído da acácia negra é proveniente da casca do vegetal.

Segundo Piantá (2008), a aplicação de coagulantes de origem vegetal à base de tanino no tratamento por coagulação/floculação tanto de efluentes industriais como em águas destinadas ao consumo humano, tem mostrado resultados vantajosos, pois apresentam menor custo no uso de uma matéria prima renovável, menor contribuição de ânions sulfatos ao efluente final, menor geração de massa de lodo e obtenção de um lodo orgânico e com maior facilidade de destinação final.

Segundo Mangrich et al. (2014) o tanino oriundo da acácia negra (*Acacia mearnsii*) combinado com dietanolamina, cloreto de glicidiltrimetilamônio ou cloreto de amônio produz eficientes coagulantes. Estudos em planta piloto de tratamento de águas e de diferentes tipos de despejos mostraram redução de cor em até 50%, de surfactantes em até 75% e de matéria orgânica representada pela diminuição de DQO(40%) e de

DBO₅ (60%). Em relação à tecnologia na produção do tanino, o Brasil é um país privilegiado considerando sua produção de *Acacia mearnsii* no Estado do Rio Grande do Sul.

Pedroso et al. (2012), analisaram a eficiência do composto tanino no tratamento de lixiviado de um aterro sanitário, obtendo um resultado satisfatório no processo físico-químico de coagulação principalmente com a redução da cor e turbidez do lixiviado.

Lucyk et. al. (2015) em um estudo com o objetivo de comparar a eficiência de quatro coagulantes diferentes: sulfato de alumínio, quitosana, tanino SG e tanino SL, em dois efluentes agroindustriais sendo eles abatedouro avícola e amidonaria, constataram que os tratamentos que utilizaram tanino SG e SL com concentração de 100 mg L⁻¹ apresentaram melhores resultados na remoção de cor e turbidez.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta e caracterização inicial do efluente de abatedouro avícola

O efluente utilizado nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, foi proveniente de um abatedouro de aves da região Oeste do Paraná, sendo este coletada após o tratamento preliminar composto por uma peneira rotativa. O efluente foi conduzido ao Laboratório de Química Analítica e Análises Ambientais da UFPR – Setor Palotina, sendo armazenado em frascos plásticos, refrigerado em freezer e uma amostra foi separada para sua caracterização.

Para a caracterização inicial do efluente foram analisados os parâmetros pH, acidez, alcalinidade, cor, turbidez, sólidos totais, fixos e voláteis, e DQO. As metodologias e equipamentos utilizados constam na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros analisados, equipamentos e metodologias utilizadas

Parâmetro	Equipamento	Metodologia	Referência
Ph	pHmêtro	Potenciometria	-
Acidez	pHmêtro	Titulometria	APHA (2005)
Alcalinidade	pHmêtro	Titulometria	APHA (2005)
Cor	Colorímetro	Colorimetria	-
Turbidez	Turbidímetro	Turbidimetria	-
Sólidos Totais, Fixos e Voláteis	Mufla e estufa	Gravimetria	APHA (2005)
DQO	Espectrofotômetro	Espectrofotometria	APHA (2005)

Fonte: O autor

3.2 Ensaios de coagulação, floculação e sedimentação

Para os ensaios foram utilizados dois coagulantes comerciais, sendo o sulfato de alumínio e o tanino SG, este cedido pela empresa TANAC. Ambos os coagulantes são comercialmente utilizados e se apresentam em pó. Os mesmos foram testados em cinco concentrações diferentes, totalizando 10 tratamentos (Tabela 4), realizados em triplicata.

Tabela 4. Composição dos tratamentos aplicados nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação.

Tratamento	Coagulante	Concentração (mg L ⁻¹)
1	Sulfato de Alumínio	50
2	Sulfato de Alumínio	75
3	Sulfato de Alumínio	100
4	Sulfato de Alumínio	125
5	Sulfato de Alumínio	150
6	Tanino SG	50
7	Tanino SG	75
8	Tanino SG	100
9	Tanino SG	125
10	Tanino SG	150

Fonte: O autor.

Para a condução dos ensaios foi utilizado o equipamento Jar test, marca Milan 203 M (Figura 1), sendo adotado o volume de 1 L de efluente para todos os tratamentos. As condições dos ensaios foram: tempo de mistura rápida (coagulação) de 2 minutos com velocidade de 120 rpm, tempo de mistura lenta (floculação) de 20 minutos e velocidade de 20 rpm e tempo de sedimentação de 40 minutos. Estas foram definidas a

partir de pesquisas realizados por Ströheret al., 2013; Piantá, 2008; Matos et al., 2007; Capelete, 2011.



Figura 1. Aparelho Jar test utilizado nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação.

Fonte: O autor.

3.3 Caracterização do efluente de abatedouro avícola tratado

Após os ensaios, retirou-se o sobrenadante já clarificado, os mesmos foram armazenados em frascos plásticos e realizadas as análises dos parâmetros de pH, cor, turbidez e DQO, e posteriormente avaliada a eficiência de remoção dos três últimos em relação à caracterização inicial do efluente.

A determinação do pH realizou-se em temperatura ambiente, sendo utilizado pHmêtro da marca LUCA-210. O parâmetro cor foi mensurado através de um colorímetro (HI 83099), em temperatura ambiente e a turbidez foi determinada através de turbidímetro DLT-WV. Para a determinação da DQO utilizou-se os equipamentos bloco digestor Adamo Dry-bloch N480D e espectrofotometro Edutec UVS 752N.

3.4 Quantificação do lodo gerado

Após os ensaios de coagulação, floculação, sedimentação e a retirada do sobrenadante clarificado colocou-se o lodo gerado em cada tratamento em béquersde 250 ml, anteriormente secados em estufa até peso constante em balança semi-analítica (BL 3200H). Na sequênciao lodo armazenado nos béquers foi colocado em estufa para

secagem por 24 horas a uma temperatura de 105°C e posteriormente o tempo de secagem do lodo foi realizada nova pesagem para sua quantificação.

3.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos de eficiência de remoção de cor, turbidez e DQO e quantificação de lodo foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo software Statistica versão 7.0, para que fosse determinada a influência do tipo de coagulante e das concentrações testadas. O desvio padrão para eficiência foi calculado através do software Bioestat versão 5.3.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização inicial do efluente de abatedouro avícola

Comparando a caracterização inicial do efluente de abatedouro avícola encontrado com estudos realizados anteriormente por Lucyk et al. (2015), Schoenhals (2006) e Oliveira et al. (2011) pode-se observar valores de pH de 6,99, 6,7 e 6,9 respectivamente, assemelhando-se aos valores obtidos no presente trabalho (Tabela 5).

Tabela 5. Caracterização inicial do efluente de abate avícola e comparação com os dados da literatura.

Parâmetro	Dados Obtidos	Lucyk et al. (2015)	Schoenhals (2006)	Oliveira et. al. (2011)	Macnan (2010)
pH	6,70	6,99	6,70	6,90	-
Cor (UC)	7320	5720	2257	-	-
Turbidez (UNT)	1810	819	920	-	984
DQO (mg L ⁻¹)	2860	-	771	2490	6718
ST (mg L ⁻¹)	1700	2558	1740	1500	-
SF(mg L ⁻¹)	395	455	-	-	-
SV (mg L ⁻¹)	1305	2103	318	1290	-

Fonte: O autor.

O valor da DQO encontrado por Oliveira et al. (2011) foi de 2490 mg L⁻¹. Schoenhals (2006) encontrou para cor o valor de 2257 UC e turbidez 920 UNT, valores abaixo dos encontrados no presente estudo. Em estudo realizado por Dallago et al.

(2012) na caracterização de efluente de abatedouro de aves obtiveram valor de DQO de 7.208,63 mg L⁻¹ e pH de 7,64, valores estes acima do encontrado no presente estudo.

4.2 Valores de pH após os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação

Segundo Piantá (2008) o pH é um fator que interfere nos processos de coagulação e floculação. A Figura 2 apresenta os valores médios do pH após o tratamento.

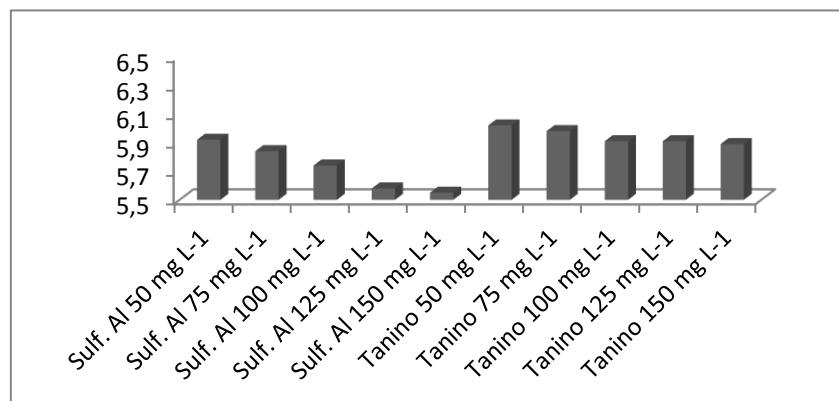


Figura 2. Valores médios do pH após os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação.

Fonte: O autor

Pode-se observar que o valor de pH obteve uma queda após os ensaios, sendo o valor inicial 6,7. O tratamento que obteve valor mais elevado para pH foi o tanino SG de concentração 50 mg L⁻¹ com 6,02, seguido pelo sulfato de alumínio 50 mg L⁻¹ com 5,92. O menor valor encontrado para tanino SG foi na concentração 150 mg L⁻¹ com 5,89 e para sulfato de alumínio na concentração de 150 mg L⁻¹ o valor de 5,55. Observa-se que o coagulante sulfato de alumínio obteve menores valores de pH em relação ao coagulante tanino SG e que os valores diminuíram conforme o aumento da concentração dos coagulantes.

Piantá (2008) em um estudo realizado com tratamento de água para abastecimento público obteve para o coagulante tanino SG nas concentrações de 5 mg L⁻¹ e 30 mg L⁻¹ os valores para pH de 6,7 e 6,54 respectivamente. Para o coagulante sulfato de alumínio com concentrações de 22,5 mg L⁻¹ e 30 mg L⁻¹ os valores 6,44 e 6,04. Nota-se que o coagulante sulfato de alumínio obteve valores de pH menores em relação ao tanino SG, assim como constatado no presente estudo. Este também verificou

que o coagulante tanino SG apresentou maior eficiência de remoção de cor e turbidez com o valor de pH igual a 6,6 e que o valores de pH diminuía com o aumento das concentrações de ambos os coagulantes

Konradt-Moraes (2007) e Tanac (2016) afirmam que o coagulante tanino SG é mais efetivo em uma faixa extensa de pH que varia entre 4,5 a 8,0. O coagulante tanino comumente não atará o valor de pH (TANAC, 2016). De acordo com Rosalino (2011) o sulfato de alumínio mostra eficiência com valores de pH entre 5,5 a 8,5; abaixo de 5,5 e acima de 8,5 os íons de alumínio se tornam solúveis e não precipitam levando a uma ineficiência do processo de coagulação.

O pH encontrado para o efluente bruto amostrado (6,7), estava dentro da faixa limite para a atuação efetiva dos coagulantes tanino SG e sulfato de alumínio.

4.3 Remoção de cor e turbidez após os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação

A Figura 3 apresenta as concentrações finais de cor (A) e turbidez (B) e a Tabela 6 demonstra a eficiência de remoção (%) da cor.

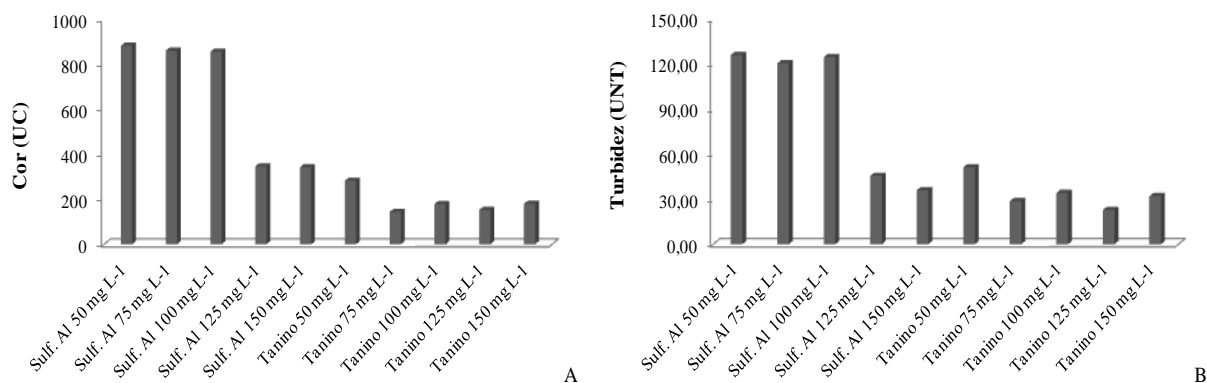


Figura 3. Concentrações finais de cor (UC) e turbidez (UNT)

Fonte: O autor.

Tabela 6. Eficiência de remoção (%) da cor.

Coagulante	Concentração				
	50 mg L ⁻¹	75 mg L ⁻¹	100 mg L ⁻¹	125 mg L ⁻¹	150 mg L ⁻¹
Sulfato de Al	87.91 ± 1.71	88.25 ± 2.62	88.31 ± 0.81	95.27 ± 0.97	95.31 ± 1.18

Tanino SG	96.14 ± 0.89	98.04 ± 0.68	97.56 ± 0.26	97.92 ± 0.38	97.55 ± 0.59
-----------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Fonte: O autor.

O tratamento tanino SG 75 mg L⁻¹ apresentou uma eficiência na remoção de cor mais elevada 98,04% em relação ao tratamento sulfato de alumínio com a mesma concentração (75 mg L⁻¹) com eficiência de 88,25%. O tratamento que obteve eficiência mais baixa foi sulfato de alumínio 50 mg L⁻¹ com eficiência de 87,91%.

A partir da análise de variância (ANOVA) (Tabela 7), pode-se observar que há diferença significativa na eficiência de remoção (%) de cor entre os coagulantes e concentrações testadas. Com p-valor < 0,05 (0,000014), demonstrando que a interação entre concentração de coagulante e coagulante é significativa e, neste caso, os efeitos das concentrações mudaram os valores de cor entre os tipos de coagulantes. O coagulante que mostrou maior eficiência de remoção de cor foi o tanino SG, onde o melhor tratamento para tanino foi na concentração de 75 mg L⁻¹ (98,04%) e o tratamento que obteve a eficiência de remoção mais baixa foi o sulfato de alumínio 75 mg L⁻¹ (88,25%).

Tabela 7. Análise de variância (ANOVA) para eficiência de remoção (%) de cor

Efeito	SQ	GL	QM	F	p-valor
Conc. Coagulante	108,5	4	27,1	18,5	0,000002
Coagulante	309,7	1	309,7	211,7	0,000000
Conc. Coagulante*coagulante	81,4	4	20,4	13,9	0,000014
Resíduos	29,3	20	1,5		
Total	528,9	29			

Fonte: O autor.

A Tabela 8 apresenta a eficiência de remoção da turbidez e a Tabela 8 análise de variância (ANOVA) para eficiência de remoção (%) de turbidez após o processo de coagulação, floculação e sedimentação nos tratamentos aplicados.

Tabela 8. Eficiência de remoção (%) da Turbidez

Coagulante	Concentração				
	50 mg L ⁻¹	75 mg L ⁻¹	100 mg L ⁻¹	125 mg L ⁻¹	150 mg L ⁻¹
Sulfato de Al	93.06±0.28	93.36±2.29	93.13 ± 1.15	97.50 ±0.81	98.02 ±0.30
Tanino SG	97.18 ± 0.18	98.42 ±0.49	98.12 ±0.66	98.75 ± 0.29	98.24 ± 0.32

Fonte: O autor.

Para a eficiência de remoção de turbidez o tratamento que obteve maior eficiência após os ensaios foi o tanino SG 125 mg L⁻¹ (98,75%) e para o tratamento sulfato de alumínio o melhor tratamento foi de concentração 150 mg L⁻¹ (98,02%). O tratamento que obteve o pior resultado em relação à eficiência de remoção (%) de turbidez foi o sulfato de alumínio nas concentrações 50 mg L⁻¹ e 100 mg L⁻¹, com valores de eficiência de 93,06% e 93,13% respectivamente. Observa-se que o coagulante tanino SG obteve melhor eficiência em todas as concentrações em relação ao coagulante sulfato de alumínio.

Tabela 9. Análise de variância (ANOVA) para eficiência de remoção (%) de turbidez.

Efeito	SQ	GL	QM	F	p-valor
Conc. Coagulante	49,8	4	12,5	15,0	0,000008
Coagulante	73,4	1	73,4	88,2	0,000000
Conc. Coagulante*coagulante	30,2	4	7,5	9,1	0,000238
Resíduos	16,6	20	0,8		
Total	170	29			

Fonte: O autor.

Nota-se que há diferença significativa entre os coagulantes e concentrações testados (p-valor = 0,000238), logo a hipótese nula é rejeitada, pois a interação entre concentração de coagulante e coagulante é significativa, e os efeitos das concentrações alteraram os valores de turbidez entre os tipos de coagulantes.

Em um teste realizado com diferentes concentrações de coagulantes orgânicos naturais como alternativa ao uso do sulfato de alumínio no tratamento de água Piantá (2008) observou que os valores de concentração do coagulante Tanino SG com os melhores resultados de eficiência de remoção de cor foram às concentrações de 20 mg L⁻¹ e 25 mg L⁻¹, apresentando um valor final de 10 UC. Já para a eficiência de remoção

de turbidez os melhores resultados foram nas concentrações de 15 mg L⁻¹ e 20 mg L⁻¹, apresentando um valor final de 0,9 UNT.

Lucyk et al. (2015) em um experimento realizado com coagulantes orgânicos e inorgânicos para efluente de abatedouro avícoladeterminaram para o coagulante tanino SG 100 mg L⁻¹ a taxa de eficiência mais elevada com 84,67% de eficiência de remoção de cor e 94,33% para turbidez em relação aos demais coagulantes testados. Já para sulfato de alumínio na concentração de 72 mg L⁻¹ obtiverem uma eficiência média de remoção de cor de 72,67%, e a menor eficiência de remoção (%) de turbidez para a concentração 36 mg L⁻¹ com 64,00%. Verifica-se como no presente estudo a alta eficiência do coagulante tanino SG em relação ao sulfato de alumínio na remoção dos parâmetros cor e turbidez para efluente de abatedouro avícola (figura 4).

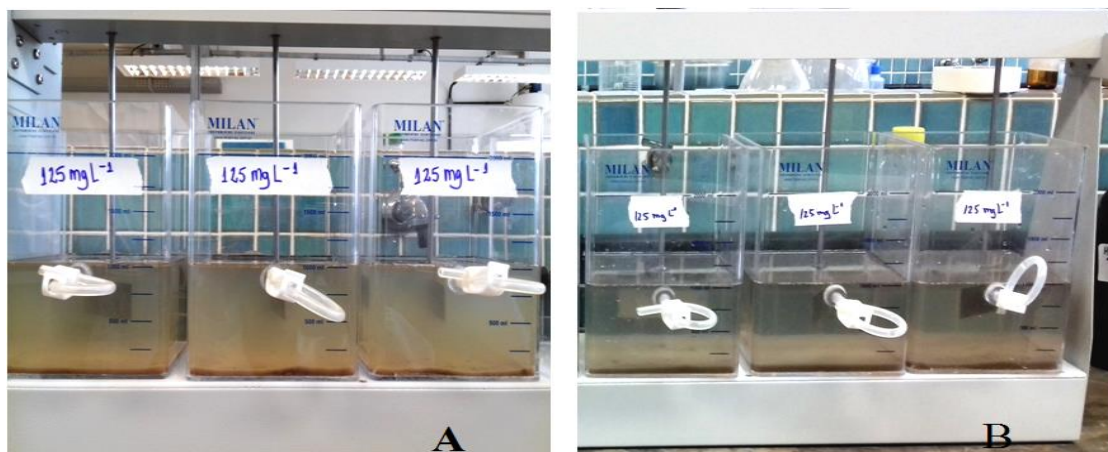


Figura 4. Efluente tratado com sulfato de alumínio 125 mg L⁻¹(A) e tanino SG125 mg L⁻¹(B) pós processos de coagulação, floculação e sedimentação.

Fonte: O autor.

4.4 Remoção de DQO após os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação

A Figura 4 apresenta as concentrações finais de DQO após os processos de coagulação, floculação e sedimentação para cada tratamento. A Tabela 10 demonstra a eficiência de remoção para os tratamentos e análise de variância (ANOVA) para eficiência de remoção de DQO está representado na Tabela 11.

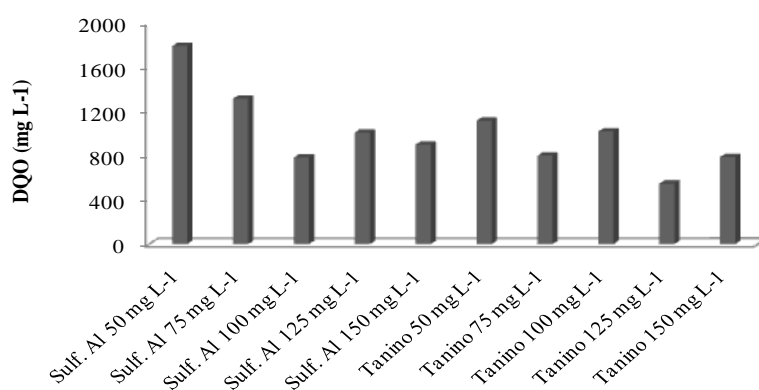


Figura 4. Concentrações de finais de DQO após os tratamentos.

Fonte: O autor.

Tabela 10. Eficiência de remoção (%) para DQO.

Coagulante	Concentração				
	50 mg L ⁻¹	75 mg L ⁻¹	100 mg L ⁻¹	125 mg L ⁻¹	150 mg L ⁻¹
Sulfato de Al	37.40 ±5.05	54.06 ±10.25	72.61 ±2.60	64.74 ±6.64	68.57 ±0.46
Tanino SG	61.01 ±2.58	72.04 ±7.28	64.43 ±7.95	80.90 ±2.29	72.51 ±7.02

Fonte: O autor.

O tratamento que obteve melhor resultado para eficiência de remoção de DQO foi o tanino SG 125 mg L⁻¹ com uma eficiência de 80,90% seguido pelo sulfato de alumínio 100 mg L⁻¹ com eficiência de 72,61%. Os tratamentos que atingiram menores eficiências de remoção foram sulfato de alumínio 50 mg L⁻¹ e 75 mg L⁻¹, seguidos por tanino SG 50 mg L⁻¹, com valores de eficiência de 37,40%, 54,06% e 61,01% respectivamente.

Tabela 11. Análise de variância para eficiência de remoção (%) de DQO.

Efeito	SQ	GL	QM	F	p-valor
Conc. Coagulante	2141,7	4	535,4	15,009	0,000008
Coagulante	857,6	1	857,6	24,041	0,000086
Conc. Coagulante*coagulante	980,3	4	245,1	6,870	0,001194
Resíduos	713,5	20	35,7		
Total	4693,1	29			

Fonte: O autor.

Análise de variância para eficiência de remoção de DQO demonstra que houve diferença significativa (p -valor = 0,001194), rejeitando assim a hipótese nula, pois ocorreu interação entre concentração de coagulante e coagulante, sendo assim, os efeitos de concentração alteraram os valores de DQO entre os diferentes tipos de coagulantes.

Souza et al. (2015) em trabalho para a aplicação dos processos de tratamentos por coagulação/floculação, utilizando três diferentes coagulantes e floculantes: tanino, policloreto de alumínio e sulfato de alumínio para o efluente de indústria têxtil alcançaram 52% de eficiência de remoção de DQO para tanino SG 80 mg L⁻¹ e 48% para sulfato de alumínio 200 mg L⁻¹.

4.5 Quantificação do lodo gerado após os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação

A Figura 5 demonstra os volumes finais de lodo gerado após os ensaios realizados e a Tabela 12 apresenta a análise de variância (ANOVA) da quantificação do lodo gerado (g L⁻¹) após os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação.

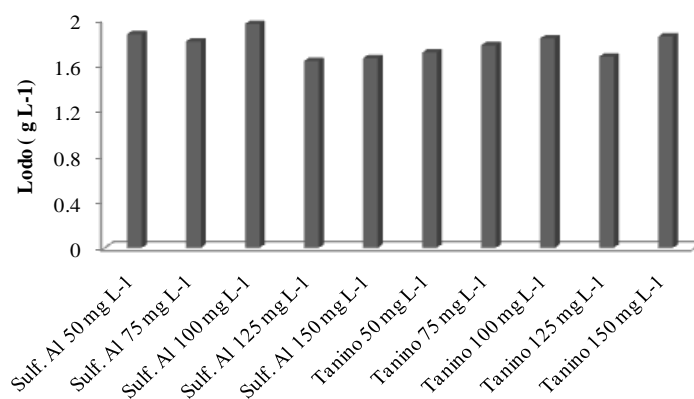


Figura 5. Valores finais de lodo gerado após os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação.

Fonte: O autor.

Para a produção de lodo gerado observou-se que o tratamento que obteve a maior produção de lodo foi o sulfato de alumínio 100 mg L⁻¹ (1,96 g L⁻¹) e o tratamento

que obteve uma menor produção de lodo também foi para o coagulante sulfato de alumínio, porém na concentração de 150 mg L⁻¹ (1,64 g L⁻¹).

Tabela 12. Análise de variância (ANOVA) da quantificação do lodo gerado

Efeito	SQ	GL	QM	F	p-valor
Conc. Coagulante	0,68779	4	0,17195	8,248	0,000424
Coagulante	0,00261	1	0,00261	0,125	0,726998
Conc. Coagulante*coagulante	0,58005	4	0,14501	6,956	0,001115
Resíduos	0,41693	20	0,02085		
Total	1,68738	29			

Fonte: O autor.

Ao analisar a Tabela 12 constata-se que não houve diferença significativa (p-valor= 0,726998) entre os coagulantes, aceitando assim a hipótese nula de que não existe diferença entre os coagulantes para produção de lodo. Porém a diferença se mostrou significativa (p-valor = 0,000424) para as diferentes concentrações testadas, assim como para a interação entre o tipo de coagulante e as concentrações testadas. Piantá (2008) demonstrou em estudo que o coagulante tanino SG obteve uma redução de 15,5% na geração de lodo em relação ao coagulante sulfato de alumínio. Já Madrona (2010) afirma que os coagulantes naturais, como semente de moringa, tanino vegetal e a quitosana, comparado aos coagulantes químicos, apresentam uma menor produção de quantidade de lodo, o que não foi constatado no presente estudo.

5. CONCLUSÕES

O valor inicial do pH (6,7) obteve queda após os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, onde o valor mais elevado encontrado foi para tanino SG 50 mg L⁻¹ (6,02). Os valores de pH encontrados para ambos os coagulantes apresentaram-se dentro da faixa limite estabelecido pela legislação vigente no estado do Paraná, para lançamento de efluentes líquidos de abatedouro avícolas em corpos hídricos.

Para eficiência de remoção de cor e turbidez o coagulante que obteve eficiência mais elevada foi o tanino SG nas concentrações de 75 mg L⁻¹ (98,04%) para cor e 125 mg L⁻¹ (98,75%) para turbidez.

Em relação à eficiência de remoção de DQO o tratamento que obteve melhor resultado foi o tanino SG 125 mg L⁻¹ com 80,90%.

Para produção de lodo gerado após os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação observou-se que não houve diferença significativa entre os coagulantes, mas sim entre as concentrações amostradas e a interação entre os dois fatores testados.

O coagulante orgânico tanino SG pode ser uma alternativa mais viável para tratamento de efluentes em relação ao coagulante químico, pois obteve-se resultados satisfatórios em relação à eficiência de remoção de cor, turbidez e DQO, além da produção de um lodo orgânico, facilitando a sua disposição final.

REFERÊNCIAS

ALVARES, René.; LIDÉN, Gunnar. Semi-continuous co-digestion of solid slaughterhouse waste, manure, and fruit and vegetable waste. **Renewable Energy**. 2008.

APHA. Standard Methods for the examination of water and wastewaters, 21 th edition, **American Public Health Association**, Washington, 2005.

AQUINO, Sérgio F.; SILVA, Silvana Q.; CHERNICHARO, Carlos. A. L. Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (DQO) aplicado a análise de efluentes anaeróbios. Nota técnica. **Engenharia Sanitária Ambiental**. Vol.11, n4. 2006

BAUMANN, E. R. **Water quality and treatment – a handbook of public water supplies**. 1971. 3th ed. AWWA. McGraw –Hill.

BEUX, S. **Avaliação do tratamento de efluente de abatedouro em digestores anaeróbios de duas fases**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2005.

BHUPTAWAT, H., FOLKARD, G. K., CHAUDHARI, S. **Innovative physico-chemical treatment of wastewater incorporation moringa oleifera seed coagulant**. *Journal of Hazardous Materials*, 2007. v. 142, n. 1, p. 477-482.

CARDOSO, K. C.; BERGAMASCO, R.; COSSICH, E. S.; MORAES, L. C. K. Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da Moringa oleifera Lam. **Acta Sci. Tech**. Maringá, 2008.

CARDOSO, M. **Efeito do tipo de coagulante na produção de lodo de estação de tratamento de água**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003

CHEN, Y.; CHENG, J. J.; CREAMER, K. S. Inhibition of anaerobic digestion process. A review. **Bioresource Technology**. North Carolina State, USA, 2008.

CIKOSKI, A.; ROTTA, M.; BECEGATO, V.; MACHADO, W. C. P.; ONOFRE, S. B. Caracterização de efluentes gerados no processo agroindustrial – Caso da indústria frigorífica. **Geoambiente**, n.11. Jataí-GO. 2008.

CUBAS, A. L. Y. **Floculação em meio granular expandido**. Dissertação de Mestrado. Engenharia Ambiental –Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2ª ed., v. 1. São Carlos: Rima. 2005.

EPA. Waste treatment upgrading poultry –processing facilities to reduce pollution. **Technology Transfer Seminar Publication**. Washington, 1973

FRANCO, E. S. **Avaliação da influência dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico na remoção de turbidez e cor da água bruta e sua relação com sólidos na geração de lodo e estações de tratamento de Água**. Dissertação de mestrado. Universidade Ouro Preto. Ouro Preto-MG, 2009.

FREITAS, K. R. F. **Caracterização e Reuso de Efluentes do Processo de Beneficiamento da Indústria Têxtil**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

FERREIRA, S. S. F. **Comportamento químico do alumínio e do ferro em meio aquoso e implicações no tratamento de água**. Sanare, 1997.

GIORDANO, Gandhi. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – UERJ. Diretor Técnico da TecmaTecnologia em Meio Ambiente Ltda. - 13 de outubro de 2004.

GIORDANO, G. **Tratamento e Controle de Efluentes Industriais**. Universidade Estadual do Rio de Janeiro , UERJ. Rio de Janeiro,RJ, 2005.

GOMES, B. M. F. **Pré-Tratamento Físico-Químico de Efluentes Industriais de um Abatedouro de Bovinos e Suínos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2010.

HASSEMER, M. E. N. **Tratamento de efluente têxtil –processo físico-químico com ozônio e floculação em meio granular**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

IBGE. **Indicadores IBGE: estatística de produção pecuária**. Setembro, 2016. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201609.pdf>. Acesso em 12 de dezembro de 2016 as 19:05 horas.

KONRADT-MORAES, L. C. Avaliação da eficiência de remoção de cor e turbidez, utilizando como agente coagulante os taninos vegetais, com a finalidade de obtenção de água tratada. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 24., 2007, Belo Horizonte. Congresso. Maringá: Abes, 2007. p. 1 - 6.

KUSHWAHA, J. P., SRIVASTAVA, V. C., MALL, I. D. Treatment of dairy wastewater by commercial activated carbon and bagasse fly ash: Parametric, kinetic and equilibrium modelling, disposal studies. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 10, p. 3474-3483, 2010.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos da qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2008.

LUCYK, N.; HERMES, E.; PUJARRA, S.; SILVA, R. P.; SIMIONE, R.J.; ZENATTI, D. C. Uso de Coagulantes Naturais no Tratamento de coagulação/Floculação de Efluente Proveniente de Abatedouro de Aves. **Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 4, p.576-587, dez. 2015. Anual.

MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E.; MALLMANN, A.S.; WOLF, C.R. Química Verde no Tratamento de Águas: Uso de Coagulante Derivado de Tanino de *Acacia mearnsii*. **Rev. Virtual Quim.**, 2014.

MONACO, P. A. V. L., MATOS, A. T., RIBEIRO, I. C. A., NASCIMENTO, F. S., SARMENTO, A. P. Utilização de extrato de sementes de Moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Revista Ambiente e Água**, v. 5, n. 3, p. 222-231, 2010.

MORÉS, S. **Avaliação de parâmetros físico e químicos do efluente de uma grande indústria frigorífica de aves**. Trabalho de Conclusão de Curso de Química Bacharelado, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas – CFM, Departamento de Química. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

NAGALLI, A.; NEMES, P. D. Estudo da qualidade de água de corpo receptor de efluentes líquidos industriais e domésticos. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v.7, n.2, Curitiba, 2009.

NETO, A.; RICHTER, M. J. **Tratamento de água**. Tecnologia atualizada. Editora Edgard Blucher Ltda. 2 ed. São Paulo. 1991.

PAULA, S.L. **Clarificação do extrato aquoso de SteviaRebaudiana (Bert.) Bertoni, utilizando polímeros naturais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)– Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.

PEDROSO, K.; TAVARES, C. R. G.; JANEIRO, V.; SILVA, T. L.; DIAS, P. Z. Avaliação do Tratamento do Lixiviado do Aterro Sanitário de Maringá, Paraná, por Processo de Coagulação/Floculação com Tanfloc SG®. **Rev. de Engenharia e Tecnologia**, v. 4, no2, Ago . 2012.

PIANTÁ, C. A. V. **Emprego de coagulantes orgânicos naturais como alternativa ao uso de sulfato de alumínio no tratamento de água**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

POZZOBON, L., KEMPKA, A. P. Sementes de moringa oleifera na clarificação de efluente de indústria de ingredientes para alimentação animal: Comparação com o coagulante convencional e estudo das condições operacionais. **Engevista**, v. 17, n. 2, p. 196-206, 2015

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. Edgard BlucherLtda, São Paulo, SP, 2003.

RIGO, E. **Aplicação de Lipaselipases como auxiliar no prétratamento de efluentes de frigoríficos de suínos e bovinos**. Dissertação de Mestrado, Universidade Regional integrada do alto Uruguai e das missões. Erechim, 2004.

ROSALINO, M. R. R. **Potenciais efeitos da presença de alumínio na água de consumo humano**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

SALMINEN, E., RINTALA, J. Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste: a review. *Bioresource Technology*. **ReviewBioresource Technology**. Finland, 2002.

SCHMITT, D. M., FAGUNDES-KLEN, M. R., VEIT, M. T., BERGAMASCO, R., FERRANDIN, A. T. Estudo da eficiência do composto ativo de moringa oleifera extraída com soluções salinas na tratabilidade de águas residuárias da indústria de laticínios. **Engevista**, v. 16, n. 2, p. 221-231, 2014.

SCHOENHALS, M. **Avaliação da eficiência do processo de flotação aplicado ao tratamento primário de efluentes de abatedouro avícola**. Dissertação de Pós-graduação. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

SCHOENHALS, M.; SENA, R. F.; JOSÉ, H. J. Avaliação da Eficiência do Processo de Coagulação/Flotação Aplicado como Tratamento Primario de Efluentes de Abatedouro de Frangos. **Engenharia Ambiental**. Espitiro Santo, 2006.

SILVA, T. S S. **Estudo de TratabilidadeFísico-Química com Uso de Taninos Vegetais em Águas de Abastecimento e de Esgoto**. Dissertação de mestrado, Fundação Osvaldo Cruz. 1999.

SILVA, C. A., SILVEIRA, C., SILVA, F. A., KLEN, M. R. F., BERGAMASCO, R. Classificação dos lodos formados durante o processo de coagulação/floculação da água com os coagulantes PAC e moringa oleifera. **Engevista**, v. 14, n. 3, p. 302- 309, 2012.

SOUZA, P. C.; PEREIRA, N. C.; KREUTZ, C.; SCHIAVON, G. J. Aplicação de processos de coagulação/floculação e eletrocoagulação para o tratamento de efluente têxtil. In: **Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados**. 37º ENEMP, São Carlos, SP, 2015

SPINELLI, V. A. **Quitosana, polieletrólito natural para o tratamento de água potável**. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. 2001.
Disponível em: < <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/82191>> Acesso em: 15 de outubro de 2016 as 14:00 horas

STRÖHER, A. P.; MENEZES, M. L.; BERGAMASCO, R.; PEREIRA, N. C. Utilização de Coagulantes Naturais no Tratamento de Efluente Proveniente de Lavagem de Jeans. **Engevista: Revista da Escola de Engenharia da UFF**, Maringá, v. 15, n. 3, p.255-260, dez. 2013

TANAC. **Tanfloc SG**. Tanac S. A. Rio Grande do Sul. 2016. Disponível em: <http://www.tanac.com.br/sites/default/files/CT_TANFLOC_SG_PT_0.pdf>. Acesso: 21 de novembro de 2016 as 14:35 horas.

VAZ, L. G. L., KLEN, M. R. F., VEIT, M. T., SILVA, E. A., BARBIERO, T. A., BERGAMASCO, R. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Eclética Química**, São Paulo, v. 35, p, 45 – 54, 2010.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. Vol. 1, 3ª ed. Belo Horizonte, 2005.

YIN, C. Y. Emerging Usage of Plant-Based Coagulants for Water and Wastewater Treatment. **ProcessBiochemistry**, v. 45, n. 9, p. 1437-1444, 2010.