

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

PRODUÇÃO DE COAGULANTE A BASE DE TANINO DE *Acacia mearnsii* E POTENCIAIS USOS NO SETOR INDUSTRIAL E NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA

*Beatriz Stoll Moraes¹
Ivo André Homrich Schneider²
Elvis Carissimi³

COAGULANT PRODUCTION BASED ON *Acacia mearnsii* TANNIN AND POTENTIAL USES IN THE INDUSTRIAL SECTOR AND IN WATER TREATMENT FOR HUMAN CONSUMPTION: THE BRAZILIAN EXPERIENCE

Recibido el 26 de enero de 2018; Aceptado el 21 de marzo de 2018

Abstract

*In the Rio Grande do Sul state of southern Brazil, there is an intense cultivation of *Acacia mearnsii* intended for the generation of energy and extraction of the tannins for the tanning of skins and the production of organic coagulants. Organic coagulants are alternative products to coagulants that employ aluminium and iron salts commonly used in water treatment and effluent treatment plants. Even though it is economically cheaper, inorganic coagulants have the disadvantage of generating sludge with high amounts of metals and should receive adequate treatment and final disposal. The search for economically viable, sustainable and natural alternatives has encouraged the writing of this article. This article presents a review on the production of the organic coagulant based on tannin extracted from the bark of *Acacia mearnsii*, the cultivation of this species, the synthesis of the coagulant from the extraction and finally its use in industrial effluent treatment and water treatment for the human consumption. This work also presents the Brazilian experience of the use of Organic coagulants in a water plant, in order to minimize Environmental Impacts at the time of disposal in compliance with current legislation. On the basis of this study, it can be concluded that the tannin-based coagulant is efficient, applicable and cost effective, with the main advantage being the removal of aluminium from the water treatment process of public supply and the elimination of the management of metallic sludge, which is complex in its dehydration and costly in its final destination. Replacement by organic coagulants provides metal-free slurries, capable of being used as substrates for organic fertilizers, and recently as an alternative source of energy through combustion after dehydration.*

Keywords: *Acacia mearnsii*, Tannin, Organic Coagulant, Water Treatment, Water Sludge.

¹Departamento de Gestão Ambiental, Universidade Federal do Pampa, Brasil.

² Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

³ Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

*Autor correspondente: Universidade Federal do Pampa. Av. Antônio Trilha, nº 1847, Centro, São Gabriel, RS, CEP 97300-000. Brasil. Email: beatrizmoraes@unipampa.edu.br

Resumo

Ao sul do Brasil, no Estado do Rio Grande do Sul, há um intenso cultivo de *Acacia mearnsii* destinada à geração de energia e extração dos taninos destinados ao curtimento de peles e produção de coagulantes orgânicos. Os coagulantes orgânicos são produtos alternativos aos coagulantes que empregam sais de alumínio e ferro comumente utilizados nas Estações de Tratamento de água e de efluentes. Mesmo sendo economicamente mais barato, os coagulantes inorgânicos possuem o inconveniente de gerar lodos com elevadas quantidades de metais, devendo receber tratamento e destinação final adequados. A busca por alternativas economicamente viáveis, sustentáveis e naturais incentivou a escrita deste artigo. Este apresenta uma revisão sobre a produção do coagulante orgânico a base de tanino extraído da casca da *Acacia mearnsii*, o cultivo desta espécie, a síntese do coagulante a partir da extração e, finalmente a sua utilização em tratamento de efluentes industriais e em tratamento de água para consumo humano, apresentando a experiência brasileira de sua utilização em planta de água, com o intuito de minimizar os Impactos Ambientais no momento do descarte e também, no cumprimento de legislação vigente. Participando na prática de sua utilização pode-se concluir que, o coagulante a base de tanino é eficaz, aplicável e, em uma abordagem integral, competitivo em termos de custo, tendo como a principal vantagem a remoção do alumínio do processo de tratamento de água de abastecimento público e a eliminação do manejo de lodos metálicos, complexos em sua desidratação e onerosos em sua destinação final. A substituição por coagulantes orgânicos oferece lodos isentos de metais, capazes de serem utilizados como substratos para adubos orgânicos e, mais atualmente como fonte alternativa de energia através da combustão após desidratação.

Palavras chave: *Acacia mearnsii*, Coagulante, Tanino, Tratamento de Água, Tratamento de Efluentes.

Introdução

Para ser adequada ao consumo humano a água aduzida dos mananciais superficiais é tratada em Estações de Tratamento de Água (ETA), passando por um conjunto de operações unitárias que compreendem as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. Neste processo são gerados resíduos sólidos (lodos) nos tanques de decantação e na lavagem dos filtros, a partir da desestabilização das partículas em suspensão presentes na água bruta (Bratby, 2006; Di Bernardo e Dantas, 2005; Mackenzie, 2017).

O lodo de ETA (LETA) pode ser inorgânico (presença de metais como alumínio e/ou ferro) ou orgânico dependendo do coagulante utilizado no processo (Bratby, 2006; Hameed *et. al.*, 2016). Mesmo tendo aspecto pastoso é enquadrado como resíduo sólido pela NBR 10004/2004 (Norma Brasileira de classificação de Resíduos Sólidos) e, por isso deve ser tratado e disposto de forma ambientalmente correta.

A grande maioria dos lodos possui metais em sua composição, não podendo ser encaminhados a aterros sanitários como os resíduos urbanos comuns, já que em contato com os líquidos (chorumes) de pH baixos (aproximadamente 5.0) oriundos da digestão anaeróbia poderão solubilizar metais como o alumínio.

A utilização de coagulantes alternativos, que não possuam metais em sua composição deve ser incentivada, já que o alumínio, por exemplo é citado como um precursor do mal de Alzheimer (Martins *et al*, 2014). Os lodos considerados orgânicos possuem a grande vantagem de terem facilidade de desidratação, podendo ser utilizados como substrato base para os adubos orgânicos e, mais recentemente como fonte alternativa de energia (Ribeiro *et. al.*, 2014; Moraes *et. al.*, 2014).

Das vantagens citadas a de maior ganho é a ambiental, pois na maioria das vezes o lodo gerado é descartado ao manancial de origem da água bruta, depositando-se nos leitos, contaminando peixes e a água de irrigação de culturas, de forma que são consumidos e acumulados metais e outras substâncias no organismo humano. O descarte adequado colaborara com a melhoria da qualidade das águas dos recursos hoje escassos e contaminados.

Como comentado anteriormente, os coagulantes aplicados ao tratamento de águas ou efluentes podem ser divididos em dois grupos:

1- *Inorgânicos ou metálicos*: São sais de cloretos ou sulfatos contendo metais, na maioria das vezes alumínio e/ou ferro. Exemplos: sulfato de alumínio $[Al_2SO_3 \cdot 14H_2O]$ (podendo conter ferro como contaminante), Polialumínio Cloreto-PAC $[Al_n(OH)_mCl_{3(n-m)}]$ e Cloreto de Ferro III $[FeCl_3 \cdot 6H_2O]$ (Di Bernardo e Dantas, 2005; Bratby, 2006).

2- *Orgânicos*: coagulantes a base de substâncias naturais. Exemplos: fécula de batata, quitosana, sementes de *Moringa olifeira lam*, mesocarpo de Babaçu (*Orbygnia martiana*), raspa do Juá (*Zizyphus joazeiros*), quebracho colorado (*Schinopsis balansae*); casca de *Eucalyptus tereticornis* (Klumbe Farias, 2012) e de taninos extraídos de casca de *Acacia mearnsii* (Klumb e Farias, 2012; Martins *et al*, 2014).

A escolha do coagulante depende da qualidade da água do manancial de abastecimento, com sua dosagem ajustada em testes de jarros (*Jartest*) e depois o resultado obtido repicado para a capacidade da ETA.

No Brasil, os sais de alumínio são os mais utilizados no tratamento de água de abastecimento. Contudo, este metal é acumulativo no organismo, está relacionado a redução de neurotransmissores e tem sido apontado como um dos precursores do Mal de Alzheimer (Martins *et al*, 2014). Por exemplo, estudos de Ferreira *et. al.* (2008) evidenciaram uma relação de 68.0% entre sais de alumínio e Doença de Alzheimer, 23.5% não apresentaram relação conclusiva enquanto 8.5% não apresentaram nenhuma relação entre eles. Estima-se que cerca de 1.2 milhões de pacientes no Brasil possuam a doença, com o aparecimento de 100 mil novos casos por ano (IBGE, 2012).

As principais características dos coagulantes mais utilizados para tratamento de água são (Moraes et. al. (2004a; 2014bc); Vanacôr (2005); Di Bernado e Dantas (2005); Barradas (2006); Machado (2011); Farias et al (2014); Takur et al. (2014))

Sulfato de Alumínio [$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$]: é o mais utilizado de todos, mais antigo e de menor custo, mas possui o grande inconveniente de apresentar impurezas como o ferro e manganês; por ter caráter ácido diminui o pH após sua aplicação necessitando de ajustes finais com algum alcalinizante. O lodo gerado possui elevada carga de metais, tendo estrutura na forma de gel de difícil desidratação.

Polialumínio Cloreto-PAC [$Al_n(OH)_mCl_3(n-m)$]: substituto do coagulante anterior possui a grande vantagem de não conter contaminantes e de não deixar residuais de alumínio na água tratada. Também necessita de alcalinizantes para ajuste de pH final da água tratada, mas em menor quantidade. O lodo possui alumínio em sua composição e sua estrutura para deságüe é um pouco melhor que a do sulfato de alumínio.

Tanino de A. Mearnsii: Produto natural, orgânico e sustentável; não altera o pH da água bruta, não necessitando de ajuste final de pH (sem gastos com alcalinizantes); não apresenta metais em sua estrutura, com a grande vantagem de remoção de metais presentes na água bruta, pois a sua estrutura possui função quelante (Vaz et. al., 2010). Gera 20% a menos de lodo, apresentando características orgânicas, podendo ser utilizado como substrato em adubo orgânico ou na geração de energia.

Cultivo da *Acacia mearnsii* no Brasil – breve histórico

A espécie *A. mearnsii* é originária do sudeste do continente Australiano e cultivada na África do Sul desde 1864. Foi introduzida em 1918 no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, no município de São Leopoldo (Agroseta, 2015). Este estado foi escolhido por estar localizados no paralelo 30º (TANAC, 2016; SETA, 2016), mesmo dos países originários. Adaptou-se bem às condições climáticas e às características físico-químicas do solo. Dados atualizados fornecidos por Agroseta (2015) mostram que cerca de 40,000 famílias são beneficiadas no Rio Grande do Sul em 160 mil hectares plantados.

Das 1,200 espécies do gênero *Acacia* provenientes da Austrália foram selecionadas três para o cultivo comercial no Estado, sendo elas: *A.mearnsii*, *A.decurrens* e *A.dealbata*. Planta de crescimento rápido, atinge a maturidade para corte entre 5.5 e 7 anos de cultivo (Riegel et al., 2008) e possui a vantagem de fixar nitrogênio no solo por associação com *Rhizobium*, podendo ser utilizada para recuperação de áreas degradadas e para consórcios agrosilvipastoris (Ciflorestas, 2016; Agroseta, 2015).

No Brasil, inicialmente, o cultivo visou a extração do tanino para curtimento de peles, cavacos para fornecimento de energia às indústrias e, mais tarde, passou a ser matéria-prima para

produção de papel. Por último, o extrato modificado começou a ser utilizado como coagulante no tratamento de efluentes e águas de abastecimento público (Higa *et al.*, 2008; Farias *et al.*, 2008).

O Centro de Inteligência em Florestas (Ciflorestas, 2016) relata que a produtividade da Acácia varia de 10 a 25 m³/ha/ano, sendo a produção média de casca em torno de 15t/ha. São comercializadas em toras de aproximadamente 60kg, 10% correspondem à casca e 90% à madeira; da parte correspondente à casca somente 15% de seu processamento é destinada ao tratamento de água/efluentes, valor que pode aumentar caso o consumo do coagulante aumente no mercado (SETA, 2016).

Atualmente o Brasil exporta os coagulantes de *A. mearnsii* para diversos países, como Alemanha, China, Colômbia, Espanha, França, Inglaterra, Itália, Malásia, México, Portugal, Peru (SETA, 2016; TANAC, 2016).

Processo de obtenção de coagulante à base de taninos extraídos da *A. mearnsii*

Os taninos são substâncias complexas, formadas por compostos fenólicos (polímeros naturais), que partilham propriedades químicas semelhantes (Jorge *et al.*, 2001). Possuem peso molecular compreendido entre 500 e 3000 Dalton, tendo como característica a formação de complexos insolúveis com proteínas em meio aquoso (Monteiro *et al.*, 2005; Battestin *et al.*, 2004; Lamb e Decusati, 2002).

Podem ser utilizados como coagulantes primários na substituição dos coagulantes metálicos tradicionais, como o sulfato de alumínio e o polialumínio cloreto. No Brasil a certificação é fornecida pelo Ministério da Agricultura do Brasil por serem considerados produtos alimentícios.

São sintetizados a partir de aminoácidos (Cruz *et al.*, 2005; Vaz *et al.*, 2010) e podem ser divididos em dois grandes grupos:

- *Pirogálicos* (hidrolisáveis): formados de ésteres de glicose ou misturas de fenóis simples, como o ácido gálico e elágico, com facilidade de quebra de ligações para a formação de ésteres, resultando em moléculas pequenas e de baixo peso molecular;
- *Catequímicos* (condensados): oligômeros encontrados em maior porcentagem no extrato da casca da *A. mearnsii*, formados pela condensação de duas ou mais unidades de flavan-3-ol flavan-3,4-diol que dão origem a moléculas de alto peso molecular e os anéis hidroxilados presentes conferem propriedades complexantes (quelantes) de substâncias orgânicas e de metais.

Os principais monômeros isolados do extrato do tanino da casca de *A. mearnsii* são a galocatequina e o robinetinidol e, a justificativa do polímero brasileiro ter sido patenteado nos Estados Unidos (US 6,478,986 B1) é por não existir legislação brasileira que prevê a utilização de polímeros vegetais como coagulantes para tratamento de água.

De acordo com esta patente (Lamb & Decusati, 2002), o preparo do coagulante à base extrato aquoso de tanino de acácia compreende em:

- a) misturar um aldeído, um sal de amônio e um catalisador mineral ácido num reator com temperatura menor que 45°C em meio aquoso;
- b) durante 5h a 9h e temperatura entre 60 e 75°C, os reagentes reagem até obter líquido incolor, que corresponde 20 a 30% em massa após total esgotamento da casca utilizada;
- c) A ativação do polímero é feita à pressão normal e temperatura entre 45 e 90°C, por cerca de 5h (reação de Mannich) até obter líquido viscoso (polímero catiônico orgânico de alto peso molecular);
- d) pode ser comercializado nesta forma ou atomizado em temperaturas entre 170 e 240°C.

Os resíduos sólidos (casca esgotada) deste processo de extração são enviados para compostagem e transformados em substrato para adubo orgânico ou encaminhados para queima e geração de vapor e eletricidade (Ribeiro *et al.*, 2014).

Aplicações do coagulante a base de tanino em efluentes industriais

O coagulante orgânico é bem conhecido e amplamente utilizado no setor industrial. Exemplos destas de aplicações encontram-se elencados na Tabela 1.

Tabela 1. Alguns exemplos da utilização de coagulante orgânico à base de Tanino de *A. mearnsii* no tratamento de efluentes.

Aplicação	Resultados	Referência
Abatedouro de aves	Remoção de cor em 84.7%; turbidez em 94.3%	Lucyk <i>et al.</i> (2015)
Tratamento de esgotos domésticos	Remoção de 90% de turbidez e 60% de DBO e CTO. Este resultado é semelhante ao PAC, com vantagem de não gerar lodo com alumínio.	Hameed <i>et al.</i> (2016)
Galvanoplastia	Melhor remoção de cor em 96.7%; turbidez em 98.7% para concentração de 100 ppm tanino	Vaz <i>et al.</i> (2010)
Lavanderia Industrial	Qualidade do efluente semelhante ao tratamento com sulfato de alumínio; custo menor em 25.2%, 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	Cruz <i>et al.</i> (2005)
Laticínio (queijo)	Carga orgânica muito alta. Redução de turbidez de 69.4%, mas reduziu menos de 3.0% COT e DQO	Farias <i>et al.</i> (2014)
Tinturaria de Jeans	Remoção de 95.2% de cor, 98.4% de turbidez e de 60.5% de matéria orgânica	Ströheret. <i>al.</i> (2013)
Usina canavieira - vinhaça	Remoção de 90.0% de cor e de 98.0% de turbidez	Martins <i>et al.</i> (2014); Souza <i>et al.</i> (2013)

DBO-Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO-Demanda Química de Oxigênio; CTO-Carbono Orgânico Total (Fonte: Autor, 2016)

Aplicações do coagulante a base de tanino em Estações de Tratamento de Água como coagulante principal – Experiência Brasileira

A experiência brasileira da utilização do extrato de *A. mearnsii* como coagulante primário em ETA para abastecimento público é muito pequena frente a utilização dos coagulantes metálicos. Praticamente não são encontrados estudos sobre o tema. No Brasil, uma única estação utiliza o coagulante orgânico como coagulante principal desde agosto de 2001. É a estação da Comusa - Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo/RS e trata aproximadamente 60,000m³/d de água, suficiente para abastecer 98% de uma população de 239,000 habitantes. Anteriormente era utilizado sulfato de alumínio na forma de solução líquida (Comusa, 2016).

Os estudos encontrados a respeito da utilização do tanino em testes ou em ETA destacam as vantagens ambientais de lodos orgânicos livres ou com baixa concentração de metais. A Tabela 2 apresenta as conclusões a respeito de alguns ensaios de laboratório ou em planta relacionado com a substituição de agentes coagulantes base de alumínio pelo orgânico de *A. mearnsii*.

Tabela 2. Estudos referentes a possibilidade de substituição de coagulantes a base de alumínio pelo coagulante orgânico à base de Tanino de *A. mearnsii* como forma de tratamento de água para abastecimento público.

Referência	Resultados
Altmann (2002)	Comparou os lodos gerados em dois momentos distintos da Comusa: com sulfato de alumínio (até agosto de 2001) e depois com a troca do coagulante para o tanino, destacando as vantagens ambientais desta substituição.
Vanacôr (2005)	Relatou as vantagens da substituição do sulfato de alumínio pelo tanino na planta da Comusa, bem como as alterações necessárias para sua utilização.
Seta (2016); Tanac (2016)	Realizaram testes de toxicidade, resultando que o coagulante é atóxico, estando de acordo com a Resolução 129/2006 da CONSEMA em três níveis tróficos: ameba, crustáceos e peixes.
Räder (2009)	Apresentou dados reais mensais de processo da Comusa, através do acompanhamento de análises de rotina da água bruta e tratada, referente aos anos de 2006, 2007 e 2008.
Curi <i>et. al.</i> (2013)	Destacaram que o Tanino não altera a acidez do meio, evitando gastos com alcalinizantes ao final do processo e produção menor de volume de lodo orgânico comparado ao gerado com PAC
Skoronski <i>et. al.</i> (2014)	Realizaram testes para verificar a possibilidade de substituição do sulfato de alumínio pelo tanino para as condições do rio Tubarão, região litorânea no Estado de Santa Catarina. Os resultados foram favoráveis.
Thakur e Choubey (2014)	Remoção de 91% da turbidez em Jarrest e 57,3% de sólidos dissolvidos, utilizando água bruta de Raipur na Índia.

(Fonte: adaptado pelo Autor, 2016)

Custos com produtos químicos: Alumínio X Tanino

Vanacôr (2005) relata suas experiências na Comusa em Novo Hamburgo entre 2000 e 2003, ao comparar o consumo e os custos com a substituição do sulfato de alumínio pelo tanino de Acácia. A diferença de valores entre os coagulantes foi de 2.4 vezes a mais para o tanino. Sem consumir alcalinidade, o aumento nos custos reais o tanino foi compensado pela diminuição/eliminação do uso da cal hidratada necessária para correção inicial e final de pH, resultando um valor de 5%. O volume gerado pelo lodo ao tanino é 25% menor que o do sulfato de alumínio, podendo ser reaproveitado (Barradas, 2016). O mesmo não acontece com os lodos contendo metais, que geram custos elevados em transporte e disposição em Aterros de Resíduos Industriais Perigosos (ARIP).

Os valores comerciais dependem de quantidade de produto a ser negociados, transporte e condições de pagamento, mas uma média atualizada fornecida pelos fabricantes (2016) é a apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Comparação de valores médios de aquisição dos coagulantes orgânico à base de Tanino de casca de *A. mearnsii* e à base de alumínio

Coagulante	Custo médio (R\$/kg)
Tanino de <i>A. Mearnsii</i> 30%	2.75
Tanino de <i>A. Mearnsii</i> 18%	1.90
Polialumínio Cloreto 18%	1.60
Sulfato de Alumínio 18%	0.88

(Fonte: Autor, 2016)

Comparando a mesma porcentagem de sólidos (18%) os valores mais elevados do Tanino são compensados pelas suas vantagens ambientais, com a diminuição dos custos para a destinação final dos lodos. Quanto a dosagem empregada do Tanino os valores utilizados dependem muito da qualidade da água bruta, mas ficando em média 10 a 20% a mais que o PAC (Moraes et. al., 2014a).

Lodos: impactos ambientais e destinação final

No Brasil esta é a questão que mais aflige os gestores de estações de tratamento de água: a necessidade de adequação da norma relacionada ao Saneamento Básico (Lei N 11,445/2007) que exige a destinação adequada dos resíduos sólidos (lodos) e que está complementada pela Lei nº12,305/2010 que Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A maioria das estações de tratamento de água do Brasil descartam seus lodos no mesmo manancial de captação de água, impactando negativamente o corpo hídrico. Por exemplo, no Rio dos Sinos, o descarte do lodo da ETA de Novo Hamburgo/RS está somente a 2km do local de captação da ETA de São Leopoldo/RS (Altmann, 2002). Isto implica na liberação de uma grande quantidade de lodo contendo 76,000 mg Al/kg para o lodo contendo Sulfato de alumínio e 1,224mg Al/kg para lodo ao tanino (Vanacôr, 2005). Este valor obtido de alumínio mesmo utilizando o tanino como coagulante é devido a influência das outras estações que também descartam no Rio dos Sinos; ele não é oriundo do coagulante, mas sim da água bruta aduzida para tratamento. Semelhante ao alumínio, pode-se encontrar 51,000 mg Fe⁺³/kg para lodo ao sulfato de alumínio e 1,062 mg Fe⁺³/kg para coagulante ao tanino (Vanacôr, 2005). A presença de ferro é justificada por ser contaminante no sulfato de alumínio e também está presente na água bruta devido ao lançamento a montante das ETAs e dos efluentes sem tratamento de várias galvanotécnicas instaladas na região. Cabe ressaltar que o Tanino possui propriedade quelante, ou seja capaz de remover metais presentes na água (Vaz et. al., 2010)

O lodo orgânico apresenta textura macia, facilmente desagregável, podendo ser desintegrada com facilidade. Os lodos metálicos são de difícil maceração, sendo que o lodo ao gerado com sulfato de alumínio mais resistente que o PAC. A facilidade de maceração é interessante quando se quer reutilizar este material para substrato de adubo orgânico ou para geração de energia (Ribeiro et. al., 2014; Moraes et. al., 2014b).

A novidade do setor é a possibilidade da utilização dos lodos desidratados como fonte alternativa de energia. Foram quantificados os valores do Poder Calorífico Superior (PCS), as porcentagens de CHNS e poder de queima dos lodos ao sulfato de alumínio, ao PAC e ao Tanino, estando estes valores apontados na Tabela 4.

Tabela 4. Tabela resumo das características dos lodos gerados no tratamento de água com diferentes coagulantes primários.

Propriedades	Sulfato de Alumínio	Polialumínio cloreto	Tanino
Análise elementar			
C (%)	5.00 ± 0.71	6.41 ± 0.32	14.54 ± 0.65
H (%)	2.30 ± 0.53	2.05 ± 0.43	2.44 ± 0.66
N (%)	0.50 ± 0.22	0.62 ± 0.22	1.37 ± 0.35
S (%)	0.25 ± 0.02	0.26 ± 0.02	0.22 ± 0.04
Perda ao fogo (%)	23.30 ± 1.32	30,00 ± 1.25	38.00 ± 0.04
Poder Calorífico Inferior (kJ/kg)	1,257.10 ± 134.80	2,633.03 ± 113.40	4,413.15 ± 3.90
Poder Calorífico Superior (kJ/kg)	1,384.40 ± 134.80	2,746.50 ± 113.40	4,548.20 ± 3.90

C-Carbono; H-Hidrogênio; N-Nitrogênio; S-Enxofre. (Fonte: Autor, 2017)

Entre os coagulantes primários Sulfato de Alumínio (SA), Polialumínio Cloreto (PAC) e Tanino, aquele que apresentou melhores resultados nos testes de Poder Calorífico Superior (PCS), Perda ao Fogo e teores de CHNS foi o coagulante orgânico (Tanino); Apresentou resultado 3 vezes maior para carbono que o SA e 1,8 vezes que o PAC, com a grande vantagem de não conter residual de alumínio como os demais lodos.

Conclusões

Neste artigo foi possível apresentar questões referentes a produção e aplicações do coagulante de origem vegetal (*Acacia mearsii de Wild*). Os principais desafios para a troca imediata de tecnologia para coagulantes à base de Tanino é quebrar a barreira de se adaptar ao novo.

Em muitas partes do mundo, fazem-se urgentes soluções para tratamento de águas e esgotos urbanos. O uso do tanino colabora neste sentido, sendo um produto sustentável com grande potencial de aplicação na indústria de tratamento de água, colaborando com sua propriedade quelante na despoluição de rios contaminados com metais. Por ser um material rico em matéria orgânica, poderá ainda servir como insumo agrícola ou na geração de energia elétrica da própria unidade de tratamento.

Referências

- Agroseta (2015) *Plano de manejo florestal – resumo público*. Estância Velha, Brasil. Acesso em 12 jul. 2016, disponível em:
http://www.setaonline.com/uploads/imagens/Resumo_Publico_do_Plano_de_Manejo_2015_2.pdf
- Allochio F^o, J.F., Fiorot, R.G., Delarmelina, M., Lacerda Jr., V., Santos, R.B., Greco, S.J. (2013). Reação de Mannich: Metodologia Clássica na Formação de Ligações Carbono-Carbono. *Orbital*, 5(2), 96-142.
- Altmann, D. (2002) *Avaliação do impacto ambiental causado pelo descarte de lodo da estação de tratamento de água de Novo Hamburgo*. Monografia, Programa de Pós Graduação em Gerenciamento Ambiental. Universidade Luterana do Brasil. 74 pp.
- Barradas, J.L.D. (2006) Tecnologia mais limpa: a vez dos floculantes orgânicos. *Aguaonline*. Acesso em 24 mai. 2016, disponível em:
<http://perfuradores.com.br/index.php?CAT=pocosagua&SPG=noticias&TEMA=Meio%20Ambiente&NID=000003472>
- Battestin, V., Matsuda, L.K., Macedo, G.A. (2004) Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. *Alimentos Nutr.* 15(1), 63-72.
- Brasil, Presidência da República Casa Civil (2007) Lei Federal nº11.445. *Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências*. Publicação Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília – DF, 08 de janeiro de 2007. Acesso em 13 abr. 2016, disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm
- Brasil, Presidência da República Casa Civil (2010) Lei Federal nº12305. *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; e dá outras providências* Publicação Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília – DF, 12 de agosto de 2010. Acesso em 13 abr. 2016, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm
- Bratby, J. (2006) *Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment Second Edition*. Second Edition, IWA, 450pp.

- Ciflorestas. (2016) *Acácia Negra*. Acesso em: 14 mai. 2016, disponível em:
http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=acacia_negra
- Comusa (2016) Site institucional. Acesso em: 14 mai. 2016, disponível em: www.comusa.com.br
- Cruz, J.G.H., Menezes, J.C.S.S., Rúbio, J., Schneider, I.A.H. (2005) Aplicação de coagulante vegetal à base de Tanino no tratamento por coagulação/floculação e adsorção/coagulação/floculação do efluente de uma lavanderia industrial. *XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Campo Grande, Brasil.
- Curi, M.B., Moraes, B.S., Benetti, L.B., Augusti, E.S., Lopes, A.C., Azevedo, V.B. (2013) Testes de Viabilização da Utilização de Coagulantes Orgânicos na Estação de águas do Município de São Gabriel/RS. *V Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, Bagé, Brasil.
- Di Bernardo, L., Dantas, A.B. (2005) *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. V.2. 2ª. Ed. São Carlos,SP:RIMA. 792pp.
- Embrapa Florestas (2003) *Sistemas de produção*. Acesso em 14 mai. 2016, disponível em:
https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/AcaciaNegra/CultivodaAcCultivoda/02_especies_de_acacia_para_plantio.htm
- Farias, L.F.F., Moraes, E.J.C., Mendes, P.R.A. (2014) Tratamento de efluentes oriundos da produção de queijos utilizando coagulantes naturais *XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química*. Florianópolis, Brasil.
- Ferreira, P.C., Piai, K.A.; Takayanagui, A.M.M., Segura-Muñoz, S.I. (2008) Alumínio como fator de risco para doença de Alzheimer. *Revista Latino-americana de Enfermagem*, **16**(1). Acesso em 2abr. 2016, disponível em:
http://www.scielo.br/pdf/rlae/v16n1/pt_22.pdf.
- Hameed, Y.T., Idris, A., Hussain, S.A., Abdullah, N. (2016) A tannin-based agent for coagulation and flocculation of municipal wastewater: Chemical composition, performance assessment compared to Polyaluminum chloride, and application in a pilot plant. *Journal of Environmental Management*, **184**, 494-503.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012) *Síntese de Indicadores Sociais Uma Análise das Condições de Vida da População Brasileira 2015*. Acesso em 13 abr. 2016, disponível em:
<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95011.pdf>
- Jorge, F.C., Brito, P., Pepino, L., Portugal, A., Gil, H., Costa, R.P. (2001) Aplicações para as Cascas de Árvores e para os Extractos Taninosos: Uma Revisão. *Silva Lusitana*, **9**(2), 225–236.
- Klumb, A.K., Farias, O.L.V. (2012) Produção de coagulante vegetal catiônico a partir de cascas de Eucálio (Eucalyptus tereticornis). *Vetor*, **22** (1), 71-80.
- Lamb, L.H., Decusati, O.G. (2002) *Manufacturing process for Quaternary Ammonium Tannate, a vegetable coagulating/flocculating agent*. US 6478986B1, 18 ago. 2000, 12 nov. 2002. United States of America
- Lucyk, N., Hermes, E., Silva, R.P., Pujarra, S., Simioni, R.J., Zenatti, D.C. (2015) Uso de coagulantes naturais no tratamento de coagulação/floculação de efluente proveniente de abatedouro de aves. *Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, **4**, 576-587.
- Mangrich, A.S., Doumer, M.E., Malmann, A.S., Wolf, C.R. (2014) Química Verde no Tratamento de Águas: Uso de coagulante derivado de Tanino de *Acacia mearnsii*. *Revista. Virtual Química*, **6** (1), 2-15.
- Martins, A.A., Oliveira, R.M.S., Guarda, E.A.(2014) Potencial de uso de compostos orgânicos como coagulantes, floculantes e adsorventes no tratamento de água e efluentes. *X Fórum Ambiental da Alta Paulista*, **10**(12), 168-183.
- Monteiro, W.R., Gomes, M.A.L., Schneider, I.A.H., Moraes, B.S. (2014) Utilização de lodos desidratados de estações de tratamento de água como fonte de energia alternativa. *In: VI Simpósio de Energia e Meio Ambiente*. Bagé, RS.
- Moraes, B.S., Saidelles, A.P.F., Copetti, A.C.C., Gomes, M.A.L., Silveira, P.E.S. (2014a) A influencia da qualidade da água bruta captada no custo com coagulante convencional e alternativo para tratamento de água para abastecimento publico. *III Fórum Internacional Ecoinovar*, Santa Maria, Brasil.
- Moraes, B.S., Schneider, I.A.H., Ribeiro, W.M., Gomes, M.A.L. (2014b) Utilização de lodo de ETA como fonte alternativa de energia. *VI Simpósio de Energia e Meio Ambiente*, Bagé, Brasil.

- Räder, A. S. (2009) Uso de coagulante orgânico à base de Tanino no tratamento de água para consumo humano – um estudo de caso. *XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Recife, Brasil.
- Ribeiro, E.M., Cure, M.B., Augusti, E.S., Azevedo, V.B., Medina, N. Moraes, B.S., Benetti, L.B. (2014) Alternativas de Destinação do Lodo Orgânicos Gerado em Estações de Tratamento de Água. *V Simpósio de Energia e Meio Ambiente*, Bagé, Brasil.
- Riegel, I., Moura, A.B.D., Morisso, F.D.P., Mello, F.S. (2008) Análise termogravimétrica da pirólise da Acácia-Negra (*Acaciamearnsii* de Wild) cultivada no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Árvore*, **32** (3), 533-543.
- SETA. (2016) Site Institucional. Acesso em 20.abr.2016, disponível em: <http://www.setaonline.com>
- Skoronski, E.; Niero, B.; Fernandes, M.; Alves, M. V.; Trevisan, V. (2014) Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão, SC. *Revista Ambiente e Água*, **9**(4), 679-687. Taubaté
- Souza, R.P., Girardi, F., Santana, V.S., Fernandes-Machado, N.R.C., Gimenes, M.L. (2013) Vinasse treatment using a vegetable-tannin coagulant anphotocatalysis. *Acta Scientiarum technology*. **35**(1), 89-95.
- Ströher, A.P., Menezes, M.L., Pereira, N.C., Bergamasco, R. (2013) Utilização de coagulantes naturais no tratamento de efluente proveniente de lavagem de jeans. *Engevista*, **15**(3), 255-260.
- Takur, S.S., Choubey, S. (2014) Use of Tannin based natural coagulants for water treatment: an alternative to inorganic chemicals. *International Journal of Chem Tech Research*, **6**(7), 3628-3634.
- TANAC (2016) Site Institucional. Acesso em 20.abri.2016, disponível em: <http://www.tanac.com.br>
- Vanacôr, R. N. (2005) *Avaliação do Coagulante Orgânico Veta Organic utilizado em Estação de Tratamento de Água para abastecimento Público*, Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.188 pp.
- Vaz, L. G. L., Klen, M. R. F., Veit, M. T., Silva, E. A., Barbiero, T. A., Bergamasco, R.(2010) Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. *Eclética Química*, **35**(4), 45-54.