

PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTE SANITÁRIO POR COAGULAÇÃO COM ÍONS DE ALUMÍNIO RECUPERADOS DE LODO DE ETA

André Barbosa de Oliveira¹

Hugo Raphael Mendes da Silva²

Grasiele Soares Cavallini³

Sérgio Carlos Bernardo Queiroz¹¹

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade da recuperação de íons de alumínio pela acidificação de lodo de ETA (LETA), para posterior aplicação como coagulante de esgoto sanitário. Foram realizados ensaios em escala laboratorial, avaliando as condições para regeneração, a eficiência do coagulante recuperado e o seu desempenho em relação ao sulfato de alumínio comercial. O coagulante regenerado apresentou resultados satisfatórios no tratamento do efluente da lagoa facultativa precedida por reator UASB, reduzindo: 43,2% de DBO, 59,8% de DQO, 94,6% de Fósforo total, 50,0% de Nitrato, 11,1% de Nitrogênio amoniacal, 27,1% de Sólidos Totais, 75,5% de Sólidos Suspensos Totais, 70,0% de Cor verdadeira e 70,4% de Turbidez, utilizando 32 mg/L de Al^{3+} . Outra vantagem, é o fato do coagulante regenerado não reduzir drasticamente o pH do meio, mesmo sendo acidificado, permitindo sua aplicação sem o ajuste do pH do efluente para o processo de coagulação. Desta forma, esta proposta deve ser considerada como uma alternativa potencialmente viável, tanto para o aproveitamento do LETA, quanto para o pós-tratamento do efluente sanitário.

Palavras-chave: Recuperação de íons Al^{3+} ; sulfato de alumínio; lodo de ETA; coagulação; efluente sanitário.

¹ Graduado em Química Industrial. Universidade Federal do Tocantins – UFT. E-mail: andrepalmas@hotmail.com

² Graduando do Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia da UFT. Universidade Federal do Tocantins – UFT. E-mail: hrmdasilva@gmail.com

³ Professora do Curso de Química Ambiental. Universidade Federal do Tocantins – UFT. E-mail: grasiolesoares@gmail.com

¹¹ Professor do Curso de Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Tocantins – UFT. E-mail: sergiocbq@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos, a incansável preocupação em dar à população condições adequadas de vida tem levado a uma ampliação constante no saneamento básico e na distribuição e qualidade da água, tendo como resultado um aumento expressivo nas redes de águas e esgotos. Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas (UNRIC, 2015), o contingente populacional do planeta atingirá a marca de 9 bilhões de habitantes em 2050, ou seja, uma taxa de crescimento de 0,33% ao ano. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), também estima que neste mesmo período, a população brasileira será de aproximadamente 259,8 milhões de pessoas, em virtude do desenvolvimento de novas tecnologias médicas, além de cuidados e preocupação com a saúde, o que não ocorria com tanta frequência nas décadas anteriores. Com esta demanda, cresce também o consumo de água para abastecimento público e industrial, gerando assim, grandes volumes de lodos nas estações de tratamento de água (ETA), os quais em sua grande maioria contém alumínio, o que torna o seu reúso uma alternativa econômica e ambientalmente sustentável (DASSANAYAKE et al., 2015; SILVA et al. 2016).

Considerando a norma técnica NBR 10004/2004 (ABNT, 2004), o lodo gerado nas ETA é classificado como resíduo sólido, portanto, deve ser devidamente tratado e disposto sem provocar danos ao meio ambiente. De forma geral, este lodo é disposto em aterro, demandando grandes áreas e um monitoramento constante para evitar contaminações.

Se este resíduo sólido for lançado de forma indiscriminado em corpos d'água, o aumento da concentração de metais tóxicos nos bentos causariam danos irreparáveis ao ambiente. Dassanayake et al. (2015) fizeram um apanhado geral de vários trabalhos e descreveram que podem ser encontrados neste tipo de lodo, metais como: cromo, níquel, chumbo, mercúrio, zinco, cádmio, cobre e ferro, além do alumínio.

As altas concentrações de sólidos suspensos, também são um problema, pois diminuem significativamente a luminosidade do meio líquido, reduzindo a produtividade do fitoplâncton nos locais próximos aos pontos de descarga. Em um bioensaio de toxicidade com *Daphnia similis*, não foi observada toxicidade aguda do lodo, porém houve reduções de reprodução dos organismos testes (SOTERO-

SANTOS; ROCHA; POVINELLI, 2005). A carga orgânica contida no lodo pode contribuir para o consumo de oxigênio no corpo d'água, levando a condições anaeróbias, produção de maus odores e mortandade de peixes e algas. Outro efeito do despejo desses resíduos nos corpos hídricos está na habilidade dos íons Al^{3+} se ligarem fortemente aos grupos fosfatos afetando diretamente o ciclo do fósforo, nutriente essencial para a vegetação aquática, plânctons e outros organismos. Além disso, a baixa velocidade de escoamento desses resíduos pode auxiliar no desenvolvimento de condições anaeróbias e promover a solubilização de metais presentes no solo e nos resíduos (KAGGWA et al, 2001).

Com toda esta problemática, alternativas de reutilização de lodo são estudadas visando diferentes aplicações, condicionadas a composição química do lodo. Atualmente, as principais propostas são: a regeneração do coagulante e reutilização no tratamento de águas residuárias, a utilização como adsorvente de contaminantes e metais pesados, o uso como substrato em terras úmidas construídas, a sua aplicação no condicionamento e desidratação de lodo de esgoto, a produção de cimento, de tijolo e fabricação de cerâmica, a fabricação de agregados leves, a utilização como material bruto para concreto e argamassa e o seu uso agrícola (AHMAD; AHMAD; ALAM, 2016).

De acordo com Cherifi et al. (2016) o lodo originado da lavagem dos filtros das Estações de Tratamento de Água (LETA) é de interesse agrícola, pois apresenta nitrogênio, fósforo, potássio e matéria orgânica, no entanto, os autores alertam para as altas concentrações de alumínio, que devem ser removidas para a sua reutilização no solo.

De forma geral, a reutilização do LETA e o aprimoramento de suas técnicas de reúso podem trazer dois grandes benefícios: a reutilização do coagulante e a minimização dos resíduos sólidos a serem tratados e dispostos no meio ambiente. O seu reúso, além dos benefícios ambientais, pode trazer vantagens econômicas propiciadas pela produção de um coagulante com custo reduzido e pela redução do custo de tratamento e disposição da fase sólida.

Neste trabalho realizou-se um estudo quanto à recuperação de íons de alumínio do LETA, e a sua aplicação na coagulação de efluente final de ETE, avaliando a viabilidade desta forma de reúso.

1.1 Lodo da Estação de Tratamento de Água – LETA

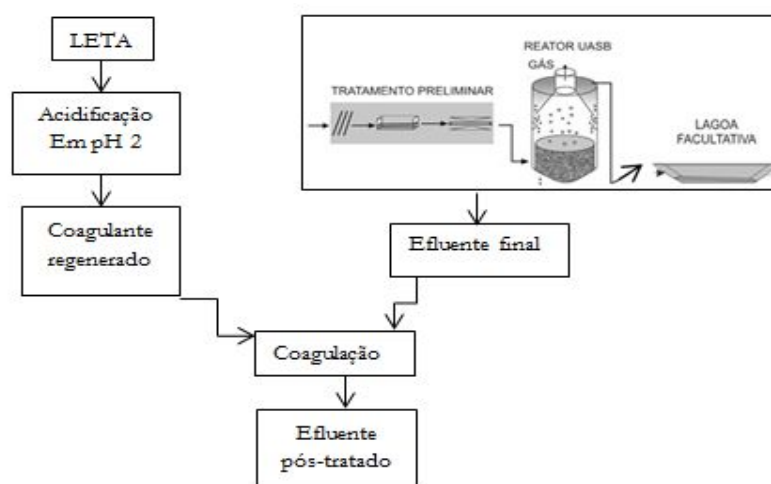
Os resíduos gerados em ETA possuem alta umidade, geralmente maior que 95%, estando, de maneira geral, sob forma fluída. A redução do seu volume propicia uma disposição mais adequada, com redução significativa dos custos de transporte e de disposição final, além de minimizar os riscos de poluição.

O LETA representa de 0,3 a 1,0% do volume de água tratada. Os flocos que geram o LETA são constituídos em sua maior parte por hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$), silte, argila, areia e partículas húmicas que são removidos durante o processo de tratamento da água (BABATUNDE et al, 2011; NAIR e AHAMMED, 2015). A quantidade de lodo produzida na ETA dependerá de fatores como: partículas presentes na água bruta; concentração de produtos químicos aplicados ao tratamento; tempo de permanência do lodo nos tanques; forma de limpeza dos mesmos; eficiência da sedimentação; tipo de tecnologia de tratamento, entre outros (CORDEIRO, 2001; SARON e LEITE, 2001). A caracterização do lodo gerado a partir do tratamento de água bruta deve ser realizada de acordo com a disposição final desejada.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em duas etapas, a primeira de regeneração do lodo em meio ácido e posteriormente sua aplicação como coagulante no efluente final da ETE. A Figura 1 representa esquematicamente o processo proposto.

Figura 1 – Esquema do processo proposto.

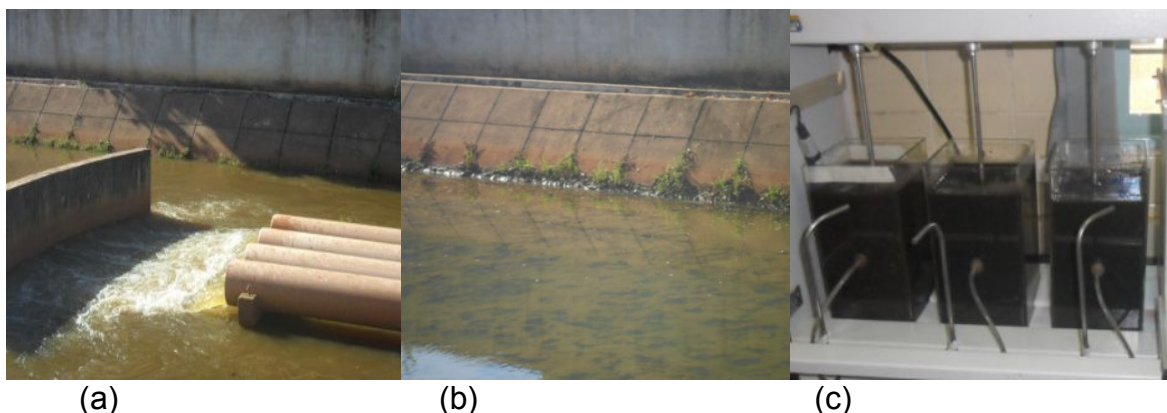


2.1 Recuperação dos íons de alumínio por via ácida

Para a regeneração do coagulante do LETA foram utilizadas, de forma adaptada, as metodologias de Freitas *et al.* (2005) e Keeley *et al.* (2014), ambos utilizaram a acidificação como forma de recuperação do alumínio. Todos os ensaios e coletas do lodo foram realizados na ETA do município de Gurupi, TO. A ETA-Gurupi trata em média 18.200 m³/dia, para abastecer uma população de 130.296 habitantes (IBGE, 2010). A quantidade de lodo gerado para esta equivalente produção de água esta em torno de 221,89 Kg /dia. A ETA Gurupi é uma estação de tratamento não convencional, composta por dupla filtração: filtração direta ascendente e filtração rápida descendente, em filtros de camadas compostas de areia com granulometrias diferenciadas e empregando como coagulante o Sulfato de Alumínio Ferroso Líquido (SULFAGO ®).

Foram coletados 20 litros do LETA da lagoa de decantação da água de lavagem dos filtros, sendo selecionado para coleta, o lodo recém lançado (Figura 2a) e o lodo acumulado, onde a densidade do lodo era aparentemente maior (Figuras 2b). O processo de regeneração do coagulante por acidificação foi realizado em escala laboratorial utilizando equipamento *jar-test* (Figura 2c).

Figura 2: a) Entrada da lagoa de decantação do lodo de lavagem dos filtros da ETA. Coleta do lodo recém lançado; b) Lagoa de decantação do lodo de lavagem dos filtros da ETA: Local de coleta do lodo acumulado; c) Lodo no processo de acidificação sob agitação em *jar test*.



A dosagem média de coagulante utilizado pela ETA em estudo é de 13,41 mg/L de Sulfato de Alumínio Ferroso Comercial.

A regeneração foi realizada em processo de batelada, onde cada um dos 3 jarros do equipamento foi preenchido com 2 litros do LETA previamente homogeneizado. Assim que foram ligados os agitadores (150 rpm), foram adicionados em cada jarro, ácido sulfúrico 10 mol/L até pH=2. Foram avaliados os tempos de mistura de 1, 20, 40, 60 minutos. Com a utilização de um pHmetro de bancada, foi realizado o monitoramento do pH durante o processo de acidificação, sendo que o pH manteve-se em uma faixa de 1,8 a 2,0. Decorrido o tempo de acidificação, os agitadores do *jar test* foram desligados para que ocorresse a operação de sedimentação dos sólidos. Ao final do processo de sedimentação, 10 minutos, os sobrenadantes dos 3 jarros, foram coletados para que a determinação de alumínio recuperado fosse realizada pelo método espectrofotométrico 3500 Al-B (APHA, 1998). De acordo com Xu et al, (2009) a acidificação pode recuperar de forma eficaz o alumínio de LETA, reduzindo o volume de lodo, e pode alcançar recuperações de 90% do alumínio em LETA utilizando pH 2. O coagulante regenerado obtido pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 - Coagulante regenerado, após 40 minutos de agitação.



Para estabelecer a quantidade de lodo seco correspondente a um litro de lodo (% de umidade), foi realizada a secagem do LETA à 100°C em estufa, e posterior a pesagem da massa seca.

O lodo recém lançado também foi acidificado para que a comparação com o lodo mais antigo (mais denso) pudesse ser realizada. A massa de lodo seco por litro de lodo recém lançado também foi realizado, de forma semelhante ao lodo mais denso.

2.2 Aplicação do coagulante regenerado para coagulação do efluente

A condição com maior concentração de íons de alumínio recuperado foi utilizada para realização dos ensaios de coagulação do efluente final da ETE.

O efluente utilizado foi proveniente da ETE de Gurupi/TO, a qual apresenta sistema de tratamento preliminar composto por grade e desarenador, seguido de tratamento biológico por reator UASB e lagoa facultativa. O efluente final desta sequência de tratamentos foi utilizado para os testes com o coagulante recuperados e do sulfato de alumínio comercial (coagulante fresco) para que a eficiência do coagulante regenerado fosse avaliada. Os ensaios de coagulação foram realizados em triplicata em equipamento jar test.

Foram realizadas duas coletas do efluente, a primeira para avaliar a eficiência do coagulante regenerado e a segunda coleta para comparar o coagulante regenerado com o coagulante comercial.

As características físico-químicas do efluente final da ETE, nas duas coletas, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características físico-químicas do efluente final da ETE.

Parâmetros	Efluente bruto	
	Coleta 1	Coleta 2
pH	7,5	7,6
DBO (mg/L)	44	-
DQO (mg/L)	102	-
Fósforo Total (mg/L)	5,2	-
Nitrato (mg/L)	0,6	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	37,8	-
Sólidos totais (ST) (mg/L)	730	-
Sólidos suspensos totais (SST) (mg/L)	94	-
Cor verdadeira (uC)	247	-
Turbidez (NTU)	98,1	31,5
Cor Aparente (uC)	> 550	> 550

Fonte: Metodologias APHA (1998).

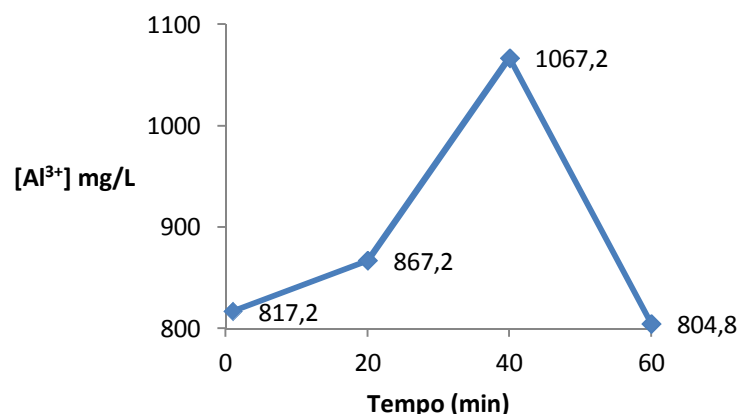
As dosagens de alumínio testadas foram de 16,0; 21,3; 26,7 e 32,0 mg Al/L, correspondendo aos volumes de 30, 40, 50 e 60 mL do coagulante recuperado. Nas condições operacionais de: Rotação de Mistura rápida de 300 rpm (tempo 30s), Rotações de mistura lenta de: 70 rpm (tempo 300s); 50 rpm (tempo 300s) e 30 rpm (tempo 300s). O tempo de sedimentação foi de 10 minutos, com velocidade de sedimentação de 0,8 cm/min. Para avaliar a eficiência do coagulante regenerado foram realizados os parâmetros: Cor aparente e verdadeira, turbidez, pH, sólidos totais e suspensos totais, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrato, DBO e DQO.

Para comparação do coagulante regenerado com o coagulante comercial foram utilizadas concentrações iguais de Al^{3+} , sendo avaliada suas eficiências pelos parâmetros cor aparente, turbidez, residual de alumínio e pH.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A determinação da concentração de alumínio foi realizada após diferentes tempos de contato do LETA em pH 2. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 4:

Figura 4 – Recuperação dos íons de alumínio do LETA em diferentes tempos de contato em pH 2.



De acordo com a Figura 4, pode-se constatar que após 40 minutos de agitação a concentração de íons alumínio sofreu um acentuado declínio, fato observado pela aumento do pH de 2 para 2,7, podendo ser justificado pela formação de hidróxidos de alumínio no sobrenadante.

A concentração de sólidos totais no lodo coletado é um fator relevante para a viabilidade do processo de regeneração. Isso pode ser constatado no estudo comparativo entre o lodo mais denso (acumulado) e o lodo recém lançado.

A concentração de Al^{3+} no sobrenadante sem acidificação foi de 0,29 mg/L. Com a acidificação do lodo recém lançado obteve-se concentração de Al^{3+} de 0,034 mg/L, no sobrenadante, as condições de mistura durante a acidificação do lodo podem ter contribuído para precipitação do alumínio.

Assim, a utilização do lodo recém lançado não se torna viável, sendo que volume de coagulante regenerado necessário para os ensaios de coagulação do efluente de ETE seria muito grande, conseqüentemente, a acidificação do efluente a ser tratado seria maior e prejudicaria a eficiência do coagulante, ou ainda demandaria concentrações altas de acalinizantes para o ajuste do pH de coagulação. O maior consumo de ácido devido ao grande volume de água também seria um fator limitante, inviabilizando economicamente a regeneração.

3.1 Avaliação do desempenho do coagulante regenerado

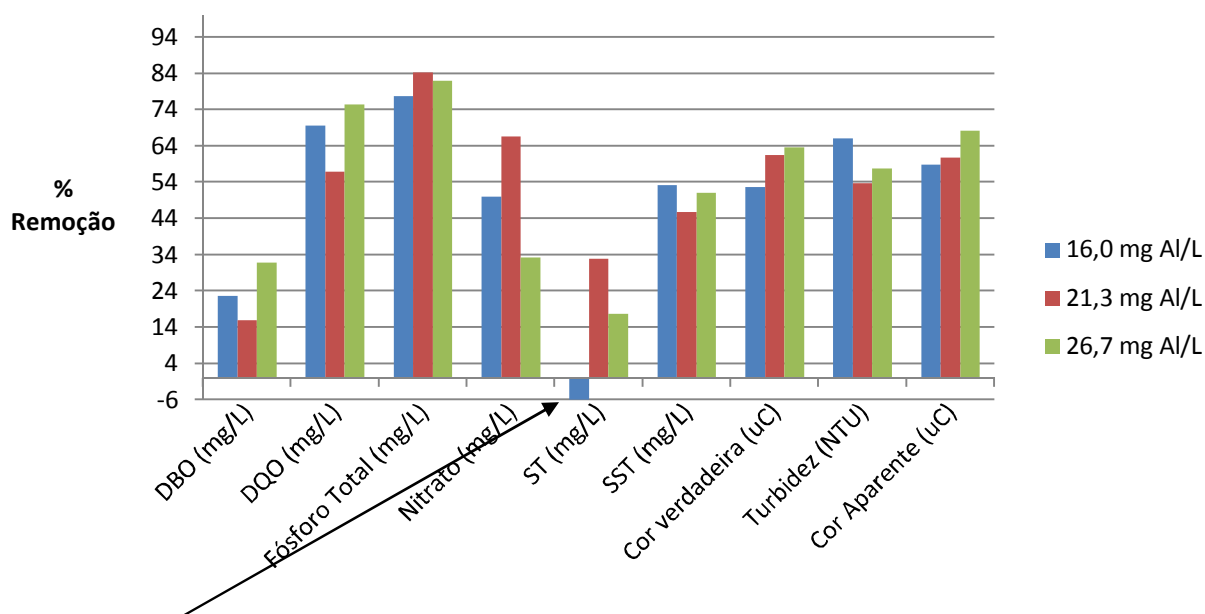
Para os ensaios de coagulação do efluente final da ETE, foi utilizado o coagulante regenerado correspondente ao tempo de contato em meio ácido de 40 minutos, por ter apresentado a maior concentração de íons alumínio recuperados.

A eficiência de coagulação do coagulante regenerado foi avaliada testando quatro diferentes concentrações de íons de alumínio (16,0; 21,3; 26,7 e 32,0 mg Al/L), em 2 litros do efluente com pH de 7,5, conferindo pH de coagulação de 6,5; 6,4; 6,2 e 6. Embora, a formação de hidróxidos de alumínio seja favorecida em pH de 6,5 a 7,0 (CRESPILO *et al.*, 2004), procurou-se estabelecer uma configuração que não necessitasse incluir uma etapa de correção de pH.

A maior eficiência de remoção foi observada no parâmetro fósforo total, 94,6%, o que torna o tratamento proposto de extrema importância para a melhoria da qualidade do efluente lançado. Embora o nitrogênio e o fósforo sejam macronutrientes essenciais para o crescimento de algas, de acordo com Sperling (2005), o fósforo tem propriedade limitante para a eutrofização de corpos hídricos, isso porque as algas cianofíceas são capazes de fixar o nitrogênio da atmosfera. O processo de eutrofização diminui a concentração de oxigênio na água interferindo negativamente na sua capacidade de autodepuração.

Os resultados obtidos são apresentados na Figura 5, representados por percentual de remoção.

Figura 5 – Eficiências de remoção na coagulação do efluente com o coagulante regenerado em diferentes concentrações.



Zhao et al. (2011) utilizaram lodo de alumínio como um suporte para extrair fosfato de águas residuárias para, posteriormente, recuperar este fosfato e utilizá-lo na agricultura, reduzindo a exploração de rochas de fosfato natural. Essa alternativa também reduziria a quantidade de resíduo a ser disposto em aterro.

Nos demais parâmetros as eficiências de remoção foram de 43,2% de DBO, 59,8% de DQO, 50,0% de Nitrato, 11,1% de Nitrogênio amoniacal, 27,1% de Sólidos Totais, 75,5% de Sólidos Suspensos Totais, 70,0% de Cor verdadeira e 70,4% de Turbidez, utilizando 32 mg/L de Al^{3+} .

De forma geral, as condições finais do efluente foram satisfatórias, podendo ser exploradas para fins de reúso como irrigação restritiva conforme o manual de reúso da EPA (EPA, 2012).

3.2 Comparação entre o coagulante regenerado e o coagulante comercial

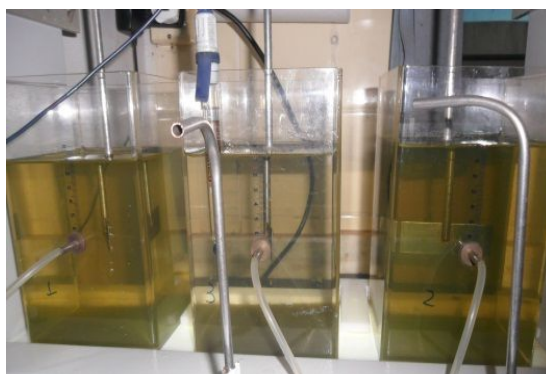
Para comparar a eficiência dos coagulantes, ambos apresentavam a mesma concentração de íons alumínio em solução 32 mg/L, as mesmas condições operacionais de coagulação foram utilizadas e o pH do efluente não foi ajustado, utilizando o seu pH natural de 7,6. Neste ensaio, foram utilizados os parâmetros: turbidez, pH, cor aparente e alumínio residual para caracterização do efluente tratado. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Ensaio comparativo entre o coagulante regenerado e o coagulante comercial.

Parâmetros	Efluente final Bruto	Efluente tratado com Al^{3+} = 32,0 mg/L	
		Coagulante comercial	Coagulante regenerado
Residual de Al^{3+} (mg/L)	-	1,12	0,49
pH	7,6	7,0	6,07
Cor aparente (uC)	> 550	354	86
Turbidez (NTU)	99,4	15,1	3,74

A Figura 6 apresenta o resultado final do ensaio de coagulação comparativo, entre o coagulante regenerado e o comercial, onde os parâmetros cor e turbidez são visivelmente menores para o ensaio com o coagulante regenerado.

Figura 6 – Ensaio comparativo: Coagulante comercial (jarros laterais); Coagulante regenerado (jarro do centro), ambos com a mesma concentração de Al^{3+} .



Nos resultados obtidos se observou uma maior eficiência na remoção de turbidez com o coagulante regenerado, o qual apresentou eficiência de remoção de 88,1%, enquanto que o coagulante comercial removeu 52,3% da turbidez no efluente.

A menor eficiência do coagulante comercial pode ser justificada por uma superdosagem, e isso só poderia ser confirmado se várias dosagens diferentes do coagulante comercial fossem testadas, até que a dosagem ótima fosse definida.

Porém, outros autores também constataram comportamentos parecidos. Xu et al. (2009) observaram semelhanças na qualidade no efluente tratado com o coagulante recuperado em relação ao coagulante comercial, e quanto ao parâmetro turbidez, observaram o desempenho do coagulante regenerado superior ao comercial. Keeley et al. (2014) comparam a eficiência do coagulante regenerado com o coagulante comercial, e observam eficiências semelhantes, quando utilizados em suas condições ótimas. Porém, ressaltaram que o coagulante regenerado apresente alta carga de carbono orgânico dissolvido.

Quanto a dosagem utilizada, Nair e Ahammed (2015) utilizaram dosagens de 15 g/L de LETA bruto e 4,2 mg Al/L de cloreto de polialumínio (PAC) para a coagulação de efluente de UASB (reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo) em pH 9, e obtiveram remoções de 74,1% de DBO, 89,1% de turbidez, 79% de fosfato, 84% de sólidos e 78% de DBO. De acordo com o lodo analisado pelos autores a concentração de alumínio em 15 g de lodo seco é de 1,69 g, ou seja, 50 vezes maior que a utilizada neste estudo.

Pode-se observar que a utilização do lodo regenerado implicou em uma redução do pH maior, em relação ao coagulante comercial, porém este valor está dentro da faixa estabelecida pela Resolução CONAMA 430/2011, que estabelece pH de lançamento entre 5 e 9.

Vale ressaltar que Keeley et al. (2014) não consideram segura a utilização do coagulante regenerado para o tratamento de águas de abastecimento, devido ao maior rigor exigido, mas a sua aplicação para o tratamento de águas residuárias é recomendada por eles.

4 CONCLUSÃO

A reutilização dos íons de alumínio do LETA para a coagulação do efluente final de ETE, demonstrou ser uma alternativa viável como forma de pós-tratamento para a melhoria da qualidade do efluente lançado. Embora não seja possível afirmar que haverá redução das concentrações de alumínio a serem dispostas em aterro, pois o lodo da coagulação do efluente da ETE também terá este destino. No entanto, a possibilidade de lançar um efluente com menores concentrações de fósforo para o corpo hídrico é um benefício que deve ser explorado, considerando que em ETE com sistemas de tratamento secundário a remoção de fósforo e nitrogênio não é satisfatória. Ainda pode-se salientar, as remoções de matéria orgânica e sólidos em suspensão alcançadas, as quais conferiram ao efluente tratado condições muito melhores das requeridas ao lançamento.

Se a inclusão de uma etapa de desinfecção for realizada ao pós-tratamento proposto, o reúso deste efluente poderia ser indicado.

POST-TREATMENT OF WASTEWATER BY COAGULATION WITH RECOVERED ALUMINUM IONS OF THE SLUDGE WTS

ABSTRACT

This study aims to assess the feasibility of recovery of aluminum ions by the sludge acidification of WTS for further use as wastewater coagulant. Laboratory scale tests were conducted to evaluate the conditions for regeneration of the recovered coagulant efficiency and performance compared with commercial aluminum sulfate. The regenerated coagulant achieved satisfactory results in the treatment of effluent from the facultative pond preceded by UASB, reducing: 43.2% of BOD, 59.8% COD, 94.6% total phosphorus, 50.0% nitrate, 11 1% ammonia nitrogen, 27.1% of Total

Solids, 75.5% of Total Suspended Solids, 70.0% of real color and 70.4% Turbidity, using 32 mg / L of Al^{3+} . Another advantage is that the recovered coagulant not drastically reduce the pH of the effluent, even when acidified, allowing its application without adjusting the pH of the effluent to the coagulation process. Thus, this proposal should be considered as a potentially viable alternative for both the use of LETA, as for the post-treatment of sanitary wastewater.

Keywords: Recovery ions Al^{3+} ; aluminum sulfate; sludge WTS; coagulation; sanitary effluent.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004. Resíduos sólidos – Classificação. 2004.

AHMAD, T.; AHMAD, K.; ALAM, M. Sustainable management of water treatment sludge through 3'R' concept. *Journal of Cleaner Production*, v. 124, p. 1– 13, 2016.

APHA / AWWA / WEF. Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. APHA (American Public Health Association) CD-ROM. USA, 1998.

BABATUNDE, A. O.; ZHAO, Y. Q.; DOYLE, R. J.; RACKARD, S. M.; KUMAR, J. L.; HU, Y. S. Performance evaluation and prediction for a pilot two-stage on-site constructed wetland system employing dewatered alum sludge as main substrate. *Bioresource. Technology* v. 102, p. 5645 e 5652, 2011.

CHERIFI, M.; BOUTEMINE, N.; LAEFER, D. F.; HARZOURLI, S. Effect of sludge pH and treatment time on the electrokinetic removal of aluminum from water potabilization treatment sludge. *Comptes Rendus Chimie*, v. 19, p. 511e516, 2016.

CRESPILHO, F. N.; SANTANA, C. G.; REZENDE, M. O. Tratamento de efluente da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação. *Química Nova*, v. 27, n. 3, p. 387-392, 2004

DASSANAYAKE, K. B.; JAYASINGHE, G. Y., SURAPANENI, A.; HETHERINGTON, C. A review on alum sludge reuse with special reference to agricultural applications and future challenges. *Waste Management*, v. 38, p. 321–335, 2015.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO Nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005.

Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>
Acesso em: 02 de Maio de 2016.

CORDEIRO, J. S. Processamento de Lodos de Estação de Tratamento de Água (ETA). em: ANDREOLI, C.V. (coord.) Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final. Rio de Janeiro: RiMa / ABES / PROSAB, p. 121 – 142, 2001.

EPA (United States Environment Protection Agency). Manual para reúso de água. EPA/ 600/R – 12/618, 2012.

FREITAS, J. G.; FERREIRA FILHO, S. S.; PIVELI, R. P. Viabilidade técnica e econômica da regeneração de coagulantes a partir de lodos de estações de tratamento de água. Engenharia Sanitária Ambiental - ABES, v. 10, n. 2, p. 137-145, Junho de 2005 .

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. Censo 2010. Disponível em < <http://censo2010.ibge.gov.br/> >. Acessado em 17 de Maio de 2016.

KAGGWA, R.C.; MULALELO, C.I.; DENNY, P.; OKURUT, T.O. The impact of alum discharges on a natural tropical wetland in Uganda. Water Research, v.35, n. 03, p. 795-807, 2001.

KEELEY, J.; SMITH, A. D.; JUDD, S. J.; JARVIS, P. Reuse of recovered coagulants in water treatment: An investigation on the effect coagulant purity has on treatment performance. Separation and Purification Technology, v. 131, p. 69–78, 2014.

NAIR, A. T.; AHAMMED, M. M. The reuse of water treatment sludge as a coagulant for post-treatment of UASB reactor treating urban wastewater. Journal of Cleaner Production, v. 96, p. 272 e 281, 2015.

SILVA, L. F.; BARBOSA, A. D.; PAULA, H. M.; ROMUADO, L. L.; ANDRADE, L. S. Treatment of paint manufacturing wastewater by coagulation/ electrochemical methods: Proposals for disposal and/or reuse of treated water. Water Research, v. 101, p. 467-475, 2016.

SARON, A.; LEITE, V. M. B. Quantificação de Lodo em Estação de Tratamento de Água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. Anais... João Pessoa: ABES, 2001. 1 CD-ROM.

SOTERO-SANTOS, R. B.; ROCHA, O.; POVINELLI, J. Evaluation of water treatment sludges toxicity using the *Daphnia* bioassay. Water Research, v. 39, 3909–3917, 2005.

SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e tratamento de esgotos. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

UNRIC - CENTRO REGIONAL DE INFORMAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS –. ONU projeta que população mundial chegue aos 8,5 mil milhões em 2030. 30 de Julho de 2015. Disponível em <<http://www.unric.org/pt/actualidade/31919-onu-projeta-que-populacao-mundial-chegue-aos-85-mil-milhoes-em-2030>>. Acessado em: 17 de Maio de 2016.

XU, G. R.; YAN, Z. C.; WANG, Y. C.; WANG, N. Recycle of Alum recovered from water treatment sludge in chemically enhanced primary treatment. *Journal of Hazardous Materials*, v. 16, p. 663–669, 2009.

ZHAO, X. H.; ZHAO, Y. Q.; KEARNEY, P. Transformation of beneficially reused aluminium sludge to potential P and Al resource after employing as P-trapping material for wastewater treatment in constructed wetland. *Chemical Engineering Journal*, v. 174, p. 206–212, 2011.