

II-914 – SUBSTÂNCIAS POLIMÉRICAS EXTRACELULARES (EPS) NA CODIGESTÃO ANAERÓBIA DE ESGOTO SANITÁRIO E BIOMASSA DE MICROALGAS HIDROLISADA: UMA AVALIAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA DO PERFIL DO LODO

Milena Rodrigues Bortolotto

Engenheira Sanitarista e Ambiental pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES).

Tatiana Izato Assis

Engenheira Ambiental pelas Faculdades Integradas Espírito Santense (FAESA). Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Engenheira Ambiental na Prefeitura Municipal de Cariacica.

Raquel Machado Borges⁽¹⁾

Engenheira Química e Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Pós-doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Professora titular do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES).

Endereço⁽¹⁾: Av. Vitória, 1729 - Jucutuquara - Vitória - Espírito Santo - CEP: 29040-780 - Brasil - Tel: (27) 3331-2237 - e-mail: raquelmb@ifes.edu.br

RESUMO

As substâncias poliméricas extracelulares (EPS, do inglês, *Extracellular polymeric substances*) são produtos de secreções microbianas de alto peso molecular, que se acumulam em agregados microbianos presentes nos sistemas biológicos de tratamento de efluentes, sendo imprescindíveis para a constituição dos flocos, biofilmes e grânulos. Embora as EPS se mostrem benéficas para o processo de biofloculação, elas podem, no entanto, serem prejudiciais ao sistema à medida que contribuem para o aprisionamento de água no interior dos flocos microbianos, induzindo à viscosidade do meio e dificultando o processo de desaguamento de lodo.

No presente trabalho, objetivou-se avaliar quali-quantitativamente as EPS fracamente ligadas (wbEPS, do inglês *weakly bound EPS*) no perfil do lodo de um reator UASB tratando esgoto sanitário em regime de codigestão com a biomassa de microalgas hidrolisada. Para realização das análises quali-quantitativas de EPS, foi realizado previamente o processo de extração das mesmas por meios químicos e físicos, utilizando solução de EDTA 2%, centrifugação e filtração. Após o processo de extração, as amostras finais obtidas foram utilizadas para a realização das determinações analíticas dos parâmetros sólidos voláteis para avaliação quantitativa e carboidratos e proteínas para avaliação qualitativa. As análises foram realizadas para 4 alturas de um reator UASB, possibilitando a análise de 3 regiões no reator, bem como para uma amostra de biomassa de microalgas antes e após o processo de hidrólise alcalina. Os resultados foram analisados realizando a comparação entre as determinações analíticas obtidas nesta pesquisa e resultados obtidos na literatura. Foi possível observar que houve modificação nas características quali-quantitativas das EPS fracamente ligadas após a aplicação do pré-tratamento por meio da hidrólise alcalina na biomassa de microalgas. Sugere-se que o processo de hidrólise possa ter provocado a diminuição das concentrações de EPS observada, solubilizando as mesmas. Por fim, conclui-se que as EPS desempenham a função de reserva energética nas porções mais altas do reator UASB.

PALAVRAS-CHAVE: Substâncias Poliméricas Extracelulares (EPS), Codigestão Anaeróbia, Coagulante Adequado, Auxiliares de Flocculação.

INTRODUÇÃO

As EPS, cuja presença nos mais diversos substratos pode ser confirmada por meio de microscopia eletrônica, são compostas por várias substâncias orgânicas, principalmente carboidratos e proteínas, e possuem

significativa influência nas propriedades físico-químicas dos agregados microbianos, como sedimentação, desidratação e adsorção (WINGENDER *et al.*, 1999).

Os resultados encontrados por Ma *et al.* (2017) evidenciam que a presença das EPS em lodos anaeróbios pode aprisionar a água do meio e induzir viscosidade, dificultando o processo de desaguamento. Sam *et al.* (2022), por sua vez, confirmaram que o aumento de EPS teve impacto direto na redução da capacidade de desaguamento de lodo de fossa.

A codigestão de subprodutos do tratamento de águas residuárias com vistas à recuperação energética tem sido uma prática cada vez mais adotada para os sistemas anaeróbios no contexto da economia circular. No entanto, os estudos acerca dos efeitos da codigestão sobre a produção e o acúmulo de EPS no lodo anaeróbio, cujos resultados possam ainda inferir sobre sua capacidade de desaguamento ainda são incipientes. Adicionalmente, cabe ressaltar que quando o substrato a ser codigerido passa por algum processo hidrolítico de tratamento, o efeito adicional da hidrólise sobre as EPS não pode ser desconsiderado.

Neste contexto, infere-se que a investigação sobre o perfil das EPS no lodo anaeróbio resultante de um processo de codigestão de esgoto sanitário e biomassa de microalgas hidrolisadas possa subsidiar a tomada de decisões sobre a operação do sistema de tratamento, bem como sobre o gerenciamento dos subprodutos.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as substâncias poliméricas extracelulares (EPS) no perfil do lodo anaeróbio de um reator UASB tratando esgoto sanitário em processo de codigestão com biomassa de microalgas hidrolisadas recuperadas de lagoas de alta taxa. De forma mais específica, objetivou-se avaliar o efeito do processo de hidrólise alcalina sobre o perfil de EPS da biomassa de microalgas, bem como do lodo anaeróbio receptor deste substrato. Para tanto, foi realizada a caracterização quali-quantitativa do perfil de EPS fracamente ligadas (wbEPS, do inglês weakly bound EPS) em diferentes substratos, tais como em amostras de biomassa de microalgas, antes e após o processo de hidrólise alcalina, e amostras de lodo anaeróbio do reator UASB em processo de codigestão.

MATERIAIS E MÉTODOS

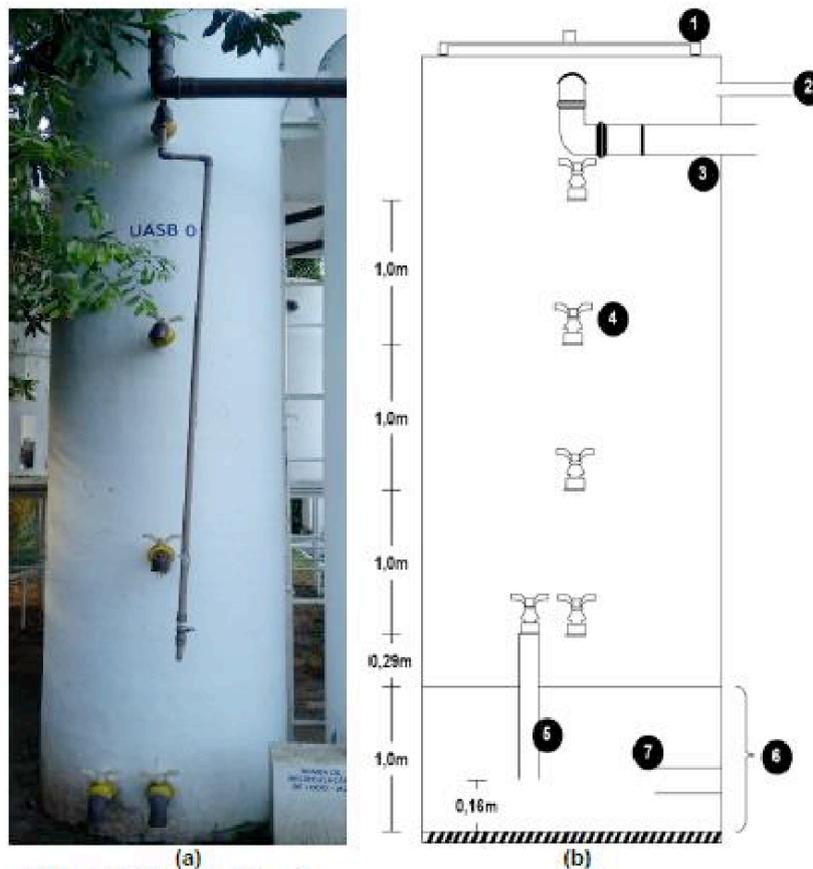
A caracterização quali-quantitativa das EPS fracamente ligadas (wbEPS) em amostras de biomassa de microalgas recuperadas das lagoas de alta taxa (LAT) antes e após o processo de hidrólise alcalina foi realizada por meio da determinação analítica de sólidos voláteis (SV) (APHA, 2012), carboidratos (DUBOIS *et al.* (1956) e proteínas (GALVANI; GAERTNER (2006)).

O processo de extração prévia das wbEPS foi realizado em escala de bancada, seguindo metodologia adaptada de Comte *et al.* (2007), Felz *et al.* (2016) e Liu e Fang (2002), cujos detalhes serão apresentados oportunamente. A avaliação do efeito da hidrólise alcalina sobre as wbEPS foi realizada a partir da comparação entre os resultados analíticos obtidos para as diferentes amostras, antes e após o processo de hidrólise, bem como por meio da comparação com resultados obtidos por outros autores. No que se refere ao lodo anaeróbio do reator UASB, a caracterização quali-quantitativa das wbEPS no lodo anaeróbio do reator UASB foi realizada por meio da determinação analítica dos mesmos parâmetros analisados nas amostras de biomassa de microalgas, após extração prévia das wbEPS. Todas as análises foram realizadas em triplicata, somadas à realização da amostra controle (branco).

As coletas das amostras de lodo anaeróbio foram realizadas em duas campanhas. Em cada campanha foram coletadas 4 amostras de 200 mL sendo uma para cada torneira do reator UASB, distribuídas ao longo de sua altura e distanciadas por aproximadamente 1 m entre si, conforme ilustra a figura 1. Para a avaliação do lodo anaeróbio em cada região do reator UASB, foi considerada a concentração média de EPS obtida entre cada par de torneiras adjacentes, a partir da qual foi avaliada a massa total de wbEPS em cada região. A quantificação das wbEPS foi realizada através da determinação analítica da concentração de sólidos voláteis das amostras finais obtidas no processo de extração, de forma direta. A qualificação das wbEPS, por sua vez, foi realizada através das determinações analíticas das concentrações de carboidratos e proteínas das amostras finais obtidas no processo de extração.

A avaliação do efeito do processo de hidrólise alcalina sobre o perfil das wbEPS no perfil de do lodo anaeróbio foi realizada utilizando dados secundários do mesmo reator UASB recebendo biomassa de

microalgas não hidrolisada em codigestão com esgoto sanitário. A Figura 2 apresenta uma amostra de biomassa de microalgas recuperada da lagoa de alta taxa por meio do sistema de separação físico-químico.



- 1- Tampa de PRFV (D = 50 cm);
- 2- Tubulação de PVC (D = 25 mm) para coleta do biogás;
- 3- Tubulação de PVC (D=75mm) para a saída do efluente;
- 4- Registro de amostragem de lodo em PVC (D=50mm);
- 5- Tubulação de PVC interna acoplada ao registro de amostragem;
- 6- Zona de digestão correspondente ao leito do reator enterrada a um metro;
- 7- Tubulação (D=75mm) de chegada do esgoto bruto.

Figura 1: a) Vista do reator UASB. b) Desenho esquemático do reator. Fonte: adaptado de Gonçalves (2015).



Figura 2: Biomassa de microalgas recuperada pelo sistema de separação físico-química. Fonte: Assis (2017)

RESULTADOS

Na quantificação das wbEPS medidas em termos de SV em amostras de biomassa de microalgas hidrolisada (BMH) e não hidrolisada (BM), foram encontradas 10,4 g/L e 8,5 g/L nas amostras de BM e BMH em média, respectivamente. Tais resultados sugerem que o pré-tratamento adotado para aumentar a digestibilidade da BMH reduziu as concentrações de wbEPS na mesma. No entanto, em relação às análises qualitativas, observou-se que a quantidade de proteínas presente na biomassa aumentou de 31% (5,03 mg/L) para 58% (8,23 mg/L) com a hidrólise, enquanto as concentrações de carboidratos presentes nas mesmas mostraram-se insignificantes.

Nas figuras 2 e 3 são apresentadas as caracterizações das wbEPS no perfil de lodo do UASB coletado em duas campanhas. As concentrações de wbEPS apresentaram-se mais elevadas nas amostras coletadas das torneiras mais altas, resultado que possui aderência com os relatos de diversos autores, entre eles Li *et al.* (2017), Felz *et al.* (2016) e Comte *et al.* (2007). Quanto à composição das amostras, o maior percentual refere-se a outros componentes além de carboidratos e proteínas, segundo a literatura diversos tipos de ácidos orgânicos, substância húmica, fosfolipídios, entre outros (FELZ *et al.*, 2016; CHEN *et al.*, 2015).

Uma análise comparativa entre os resultados obtidos nesta pesquisa e em pesquisas prévias conduzidas no mesmo reator é apresentada na figura 4. Cada grupo de colunas representa uma etapa de operação do reator UASB, sendo a etapa 1 (3 primeiras colunas) sem codigestão, em que o reator foi alimentado somente com esgoto sanitário, a etapa 2 (colunas 4 a 6) com codigestão, porém sem hidrólise da biomassa de microalgas e, por fim, a etapa 3 (3 últimas colunas) com codigestão de esgoto sanitário e biomassa de microalgas hidrolisada. Em cada etapa, as wbEPS foram quantificadas por região do reator, da mais baixa (R1) à mais alta (R3). Observa-se, neste caso, houve uma significativa redução da quantidade de SV de wbEPS na etapa 3. Resultados acerca da composição das wbEPS nas três etapas serão apresentados no trabalho completo.

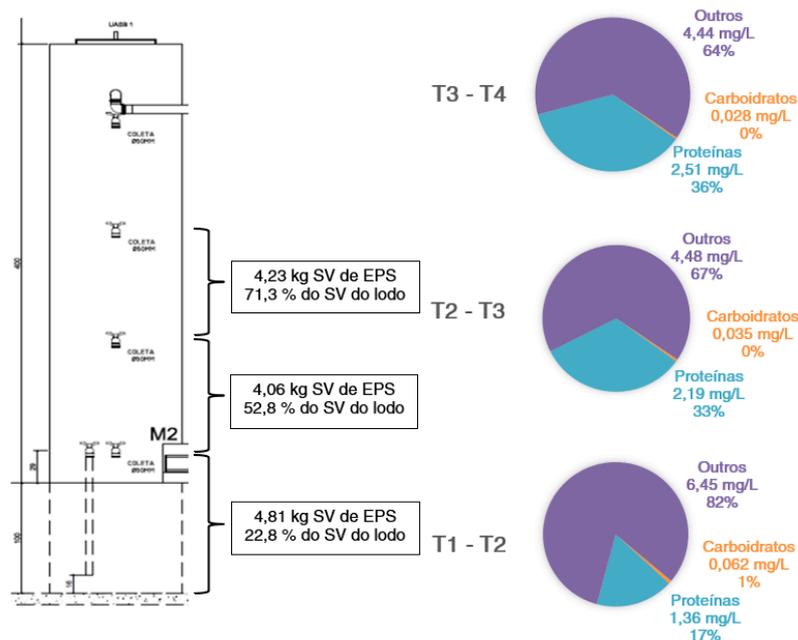


Figura 2: Perfil de wbEPS no lodo anaeróbico – 1ª campanha. Fonte: Autoria própria.

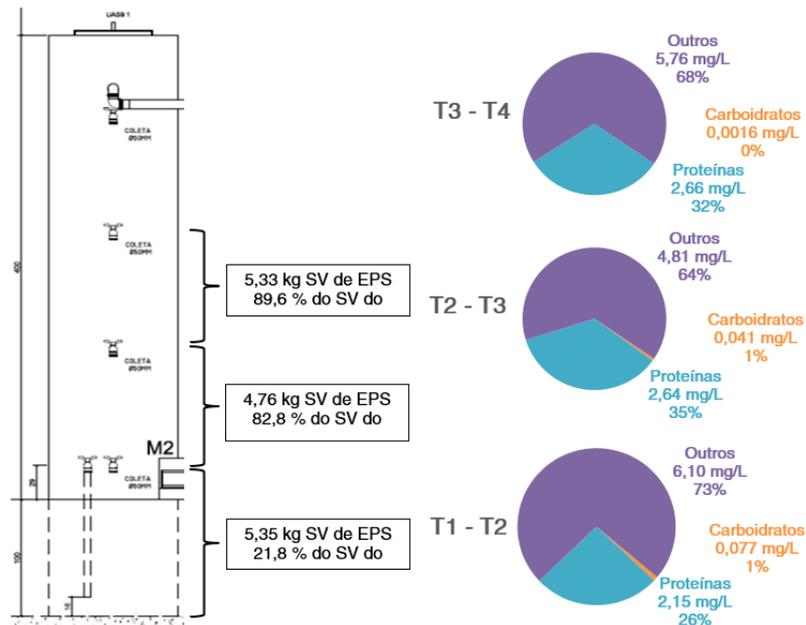


Figura 3: Perfil de wEPS no lodo anaeróbico – 2ª campanha. Fonte: Autoria própria.

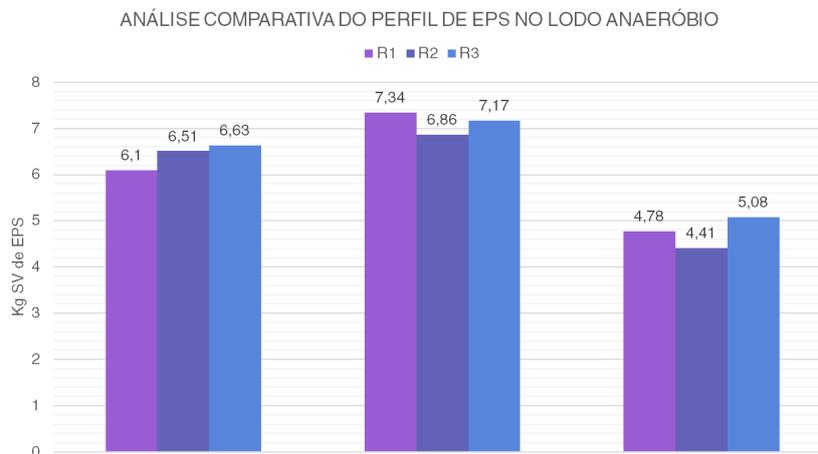


Figura 4: Perfil de wEPS no lodo anaeróbico nas três etapas de operação do reator UASB. Fonte: Autoria própria.

A redução das concentrações de wEPS presentes nas amostras de biomassa de microalgas após o processo de hidrólise alcalina pode estar associada à própria metodologia de quantificação adotada. Esta hipótese parte do princípio de que a hidrólise alcalina pode ter contribuído para a solubilização das wEPS, resultando na migração das mesmas para a fração sobrenadante na primeira etapa da metodologia de extração, ainda sem o processo de extração por EDTA, em vez de permanecerem na fração sedimentada.

Uma pesquisa prévia acerca da hidrólise da biomassa de microalgas a ser detalhada oportunamente, por sua vez, possui aderência com os resultados encontrados quanto ao aumento percentual de proteínas na fração de wEPS da biomassa de microalgas. No trabalho, a autora observou pouca efetividade do pré-tratamento alcalino sobre a solubilização de proteínas presentes na biomassa de microalgas. Tais resultados foram atribuídos a possíveis reações de Maillard durante a hidrólise, que provocam interações amino-carbônio de natureza não enzimática e causam modificações complexas na estrutura do lodo e na química das proteínas. Considerando ainda a observação de Bougrier *et al.* (2008), sobre uma maior presença de proteínas no interior

das células das microalgas, é possível que o processo hidrolítico tenha danificado as células microalgáceas e tenha sido capaz de degradar a parede celular, expondo uma maior concentração de proteínas ao meio.

O perfil das wbEPS no lodo anaeróbio ao longo da altura do reator, por sua vez, pode ter, segundo a literatura, relação com o teor de matéria orgânica dissolvida em cada região, uma vez que a produção de novas células implica na maior produção de wbEPS, com o objetivo de formar uma reserva energética para a célula (LIU; FANG 2002). Quanto à composição das wbEPS no lodo anaeróbio, embora alguns estudos indiquem que a maior fração seja formada por proteínas, os resultados obtidos neste trabalho sugerem que a hidrólise alcalina pode ter solubilizado as proteínas existentes nas wbEPS, fazendo com que sua porcentagem diminuísse e a porcentagem de outros componentes aumentassem.

CONCLUSÕES

Após análises e discussões dos resultados obtidos no presente trabalho foi possível concluir que houve modificação nas características quali-quantitativas das EPS fracamente ligadas (wbEPS, do inglês weakly bound EPS) após a aplicação do pré-tratamento por meio da hidrólise alcalina na biomassa de microalgas.

A diminuição nas concentrações de wbEPS observadas após o processo de hidrólise alcalina tanto na biomassa de microalgas quanto no perfil de lodo do reator UASB sugerem que o próprio processo de hidrólise pode ter sido a causa dessa diminuição, atrelado à possível solubilização das wbEPS no processo. Adicionalmente, as maiores concentrações de wbEPS nas regiões mais elevadas do reator, coincidentes com o maior teor de matéria orgânica dissolvida, sugerem que as wbEPS desempenham a função de reserva energética nestas regiões.

Embora os resultados obtidos neste trabalho ainda sejam incipientes, acredita-se que as wbEPS poderão vir a ser um importante indicador da condição do lodo anaeróbio para o processo de desaguamento, visto a estreita relação entre tais variáveis já relatadas na literatura. Neste sentido, sugere-se que a continuidade deste trabalho possa estar alinhada a maiores investigações acerca da capacidade de desaguamento *versus* concentração das EPS em lodos provenientes de processos de codigestão, cujos cossustratos possam interferir de forma significativa nesta relação. Adicionalmente, vale ressaltar a importância de se atentar às possíveis influências das condições operacionais da planta, bem das condições meteorológicas sobre a produção das EPS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association, Washington, DC, 2012.
2. ASSIS, I. T. **Codigestão anaeróbia de esgoto sanitário e lodo algáceo em um reator UASB**. 2017. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.
3. BOUGRIER, C. *et al.* Effects of thermal treatments on five different waste activated sludge samples solubilisation, physical properties and anaerobic digestion. **Chemical Engineering Journal**, v. 139, n. 2, p. 236-244, 2008.
4. CHEN, B. *et al.* Role of extracellular polymeric substances from *Chlorella vulgaris* in the removal of ammonium and orthophosphate under the stress of cadmium. **Bioresource technology**, v. 190, p. 299-306, 2015.
5. COMTE, S.; GUIBAUD, G.; BAUDU, M. Effect of extraction method on EPS from activated sludge: An HPSEC investigation. **Journal of Hazardous Materials**, v. 140, n. 1-2, p. 129-137, fev. 2007.
6. FELZ, S. *et al.* Extraction of structural extracellular polymeric substances from aerobic granular sludge. **Journal of visualized experiments: JoVE**, n. 115, 2016.
7. GALVANI, F.; GAERTNER, E. Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de nitrogênio total e proteína bruta. **XI MET Embrapa Pantanal-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, p. 34, 2006.
8. GONÇALVES, R.F., Projeto Hidráulico. 2015. Planta de implantação, preto e branco.
9. LI, Chunxing *et al.* Hydrothermal and alkaline hydrothermal pretreatments plus anaerobic digestion of sewage sludge for dewatering and biogas production: bench-scale research and pilot-scale verification. **Water research**, v. 117, p. 49-57, 2017.
10. LIU, H.; FANG, H. Extraction of extracellular polymeric substances (EPS) of sludges. **Journal of biotechnology**, v. 95, n. 3, p. 249-256, 2002.



11. MA, W et al. Improvement of sludge dewaterability with modified cinder via affecting EPS. **Frontiers of Environmental Science & Engineering**, v. 11, n. 6, p. 19, 2017.
12. SAM, S. B. et al. Elucidating the role of extracellular polymeric substances (EPS) in dewaterability of fecal sludge from onsite sanitation systems, and changes during anaerobic storage. *Water research*, v.222, 118915, 2022.