

**PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE BIOFLOCULANTES A PARTIR DE LODO RESIDUAL DO
PROCESSO DE LODOS ATIVADOS**

Carolina Gommersbach⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Rejane Helena Ribeiro da Costa⁽¹⁾

Professora Titular (Aposentada) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Pós-doutorado na Université Montpellier – França; Doutorado em Traitement des eaux no Institut des Sciences Appliquées (INSA, Toulouse, França).

Nelson Libardi Junior⁽¹⁾

Professor Adjunto da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Pós-doutorado pela UFSC; Doutorado em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Endereço⁽¹⁾: Campus Universitário Trindade - Florianópolis – Santa Catarina – CEP: 88.040-970 – Brasil –
Tel: +55 48 37217738 – e-mail: nelson.libardi@ufsc.br

RESUMO

O crescimento demográfico urbano demanda que as ETE urbanas sejam altamente eficientes, enquanto procuram-se processos economicamente mais sustentáveis. As Unidades de Recuperação de Recurso (URR) utilizam o lodo residual como matéria prima para produção do EPS (extracellular polymeric substance), um biopolímero floculante em potencial. A presente pesquisa objetiva identificar o melhor condição e aplicação do EPS ao licor misto de reator aeróbio bem como compreender o comportamento do EPS com as células presentes no lodo. A metodologia baseou-se em testes prévios utilizando a caulinita como efluente sintético para determinação das condições ideais de aplicação; O EPS foi caracterizando pelo rendimento, e pela concentração de polissacarídeos e proteínas, e foi realizada a identificação microbiana do lodo utilizado para a produção do EPS; na aplicação ao licor misto de reator aeróbio, foi analisado o Índice Volumétrico do Lodo (IVL), a máxima velocidade de sedimentação e o Tempo de Filtração (TTF); também foi realizado teste de respirometria e divisão da biomassa ativa. Como resultado, verifica-se que o rendimento a partir do lodo residual estudado foi considerado baixo e que potencial de floculação do EPS é melhorado quando aplicado acidificado (pH=4). O EPS demonstrou aumentar a carga de nutrientes do efluente sintético gerado. Nos testes com o licor misto, destaca-se o aumento de cinco vezes da velocidade de sedimentação quando adicionado 20% de EPS, chegando a atingir IVL ótimo, porém há aumento do valor de sólidos suspensos. Além disso, o EPS demonstrou diminuir em cerca de 40% a velocidade de respiração celular, o que certamente prejudicaria a eficiência do consumo de matéria orgânica no tanque de aeração, e também não é recomendado para tratamentos que possuem processos de desaguamento de lodo por filtração, por ter alto poder de provocar a colmatação. Portanto, o EPS apresenta grande potencial para uso como biofloculantes em fases finais do tratamento de lodos ativados, porém mais estudos devem ser realizados buscando compreender e desenvolver ainda mais a condição ideal de aplicação do EPS.

PALAVRAS-CHAVE: Biofloculantes, biopolímeros, EPS, sedimentação, respirometria.

INTRODUÇÃO

Uma estratégia que vem sendo estudada e implementada para agregar valor nos processos de tratamento de efluentes é o de considerar as estações de tratamento de efluentes (ETE) como unidades de recuperação de recursos (URR). A recuperação de energia (biogás) e a recuperação de recursos (água de reuso, fósforo, nitrogênio, biopolímeros) permitem compensar os impactos ambientais adversos do tratamento de águas residuárias (HAO et al., 2019).

A recuperação de biopolímeros do lodo ativado residual é uma rota potencial de recuperação de bioprodutos. Os biopolímeros extraídos do lodo ativado residual podem ser aplicados na composição de materiais construtivos, como adsorvente de poluentes, como retardante de chamas, encapsulantes de fertilizantes, bem como biofloculantes. Sua aplicação no próprio local de extração, ou seja, na ETE, pode elevar seu potencial econômico, sendo utilizado como biofloculante em substituição a produtos químicos (KEHREIN et al., 2020).

Os biofloculantes têm sido empregados como alternativa aos floculantes sintéticos em sistemas de abastecimento de água e de tratamento de esgoto sanitário. Estes biopolímeros com ação floculante podem ser recuperados do lodo descartado de ETE. Possuem como principais componentes proteínas e polissacarídeos (REBAH et al., 2018). O recente interesse pela obtenção de biopolímeros se deve tanto à sua atividade de floculação, bem como pela biodegradabilidade devido sua origem microbiana, caracterizando-se como um produto sustentável, em detrimento de produtos comerciais com metais e componentes tóxicos em sua composição (SHAHADAT et al., 2017). Em comparação com produtos comerciais, sejam eles orgânicos ou inorgânicos, os biofloculantes naturais são biodegradáveis e não tóxicos.

Nesse contexto, este trabalho propôs estudar o potencial dos biopolímeros extraídos de lodo biológico residual de um processo de tratamento de efluentes por lodos ativados em escala real, para ser aplicado como biofloculante no própria ETE, no reator aeróbio, e avaliar o seu efeito no metabolismo microbiano, na sedimentação da biomassa e desaguamento do lodo.

MATERIAL E MÉTODOS

Lodo ativado residual centrifugado foi coletado na ETE Insular da Companhia Catarinense de Saneamento (CASAN). A extração de biopolímeros foi realizada em meio básico (Na_2CO_3) em temperatura elevada (80°C), seguida de centrifugação, de acordo com metodologia de Felz et al. (2016). O rendimento de recuperação de biopolímeros realizado através da análise de sólidos (APHA, 2005).

Realizou-se um teste de jarros, para avaliar o potencial de floculação dos biopolímeros extraídos sobre o lodo ativado. Este teste visa simular a aplicação de produtos floculantes em tanques de aeração em ETE de escala real. Foi utilizado 1 litro de licor misto e diferentes volumes de aplicação do EPS, em $\text{pH} = 4$, conforme determinado em etapa prévia. A Tabela 1 apresenta o volume de EPS aplicado em cada jarro.

Tabela 1 – Aplicação do EPS nos testes de jarros para avaliar a floculação.

Jarro	Biopolímero (mL)
1	0
2	50
3	100
4	150
5	200
6	250

A velocidade de sedimentação das partículas foi determinada a partir dos jarros utilizados no teste com lodo biológico. Para tal, 1 litro do conteúdo cada jarro foi homogeneizado e vertido em provetas de 1l, e mantido em repouso durante 30 minutos. Os tempos 0min; 0,5min; 1min; 2min; 3min; 4min; 5min; 10min; 15min; 20min; 25min e 30min foram fixados para marcação do volume de sólidos ocupados dentro de cada proveta.

O Índice Volumétrico de Lodo (IVL) de cada proveta foi determinado de acordo com Standards Methods (APHA, 2005), com o valor de SST realizado nos respectivos sobrenadantes dos jarros. O teste com funil de Buchner foi realizado de acordo com Lo et al. (2001) e Zhang et al. (2010). Ele é utilizado para obter o Tempo de Filtração (TTF) para identificar características de desaguamento do efluente tratado.

A velocidade específica de respiração é determinado através do teste de respirometria do lodo (Schmidell, 2001), através da taxa de diminuição da concentração de oxigênio dissolvido (OD) no efluente. Já o teste de divisão da biomassa ativa permite identificar o comportamento e a composição microbiológica do lodo através da respiração exógena e da respiração endógena.

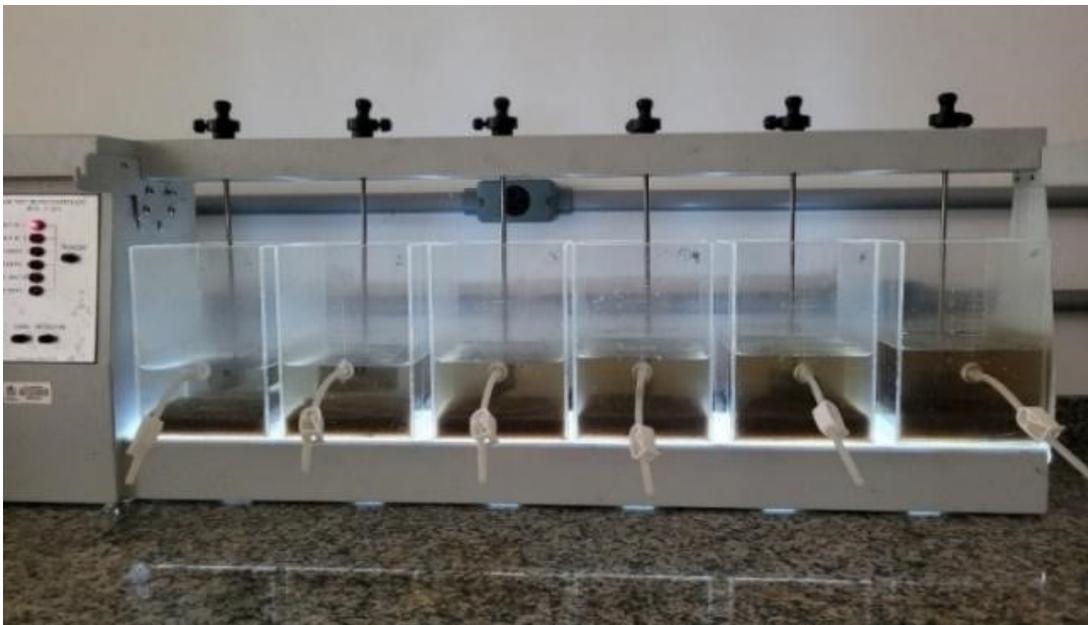
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento obtido para a produção do EPS a partir do Lodo Centrifugado foi de $37,24 \pm 5,04$ mg EPS/g lodo. O teste de jarro realizado aplicando o biopolímero extraído do lodo residual no licor misto. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados dos testes de sedimentação do licor misto aplicando o biofloculante (biopolímero) extraído de lodo residual.

Jarro	EPS (mL)	SST (g/L)	Velocidade sedimentação (m/h)	de IVL (mL/g)
1	-	$7,34 \pm 3,78$	0,86	118,6 (médio)
2	50	$15,67 \pm 5,77$	0,34	161,0 (médio)
3	100	$15,00 \pm 3,61$	1,63	56 (bom)
4	150	$17,67 \pm 2,52$	3,62	39,6 (ótimo)
5	200	$15,00 \pm 7,00$	2,58	50 (bom)
6	250	$14,66 \pm 2,88$	4,48	35,5 (ótimo)

Figura 1 – Teste de Jarros com lodo biológico (TJ-LB)



A aplicação do EPS resultou no aumento de SST no sobrenadante até certo limite, sendo que o aumento do volume de EPS aplicado não resultou em aumento do SST do sobrenadante, indicando que aplicar maiores concentrações não prejudicaria o efluente do processo, nesta etapa. Entretanto é possível observar um aumento de turbidez do sobrenadante, conforme a Figura 1.

Figura 2 - Sedimentação do licor misto para cada condição de teste de jarro testada, aplicando o biopolímero.



É possível perceber o grande destaque de como se comporta o jarro 6, contendo o maior volume de EPS (proporção 1:4 do volume total do jarro), ao apresentar um ótimo comportamento de sedimentação em comparação aos demais jarros, conforme é apresentado na Tabela 2, com velocidade de sedimentação de 4,48 m/h. Em todos os jarros em que foi adicionado EPS, o valor de SSV aumentou significativamente em comparação ao jarro controle. No entanto, observa-se o desempenho ótimo obtido no jarro 6, seguido dos jarros 4 e 5, o que demonstra que o EPS tem um grande potencial para acelerar sedimentação de sólidos durante o período de decantação. A velocidade de sedimentação foi obtida a partir da linearização dos 3 pontos consecutivos que apresentam maior inclinação.

Figura 3 - Velocidade de sedimentação do licor misto em cada jarro com diferente concentração de EPS.

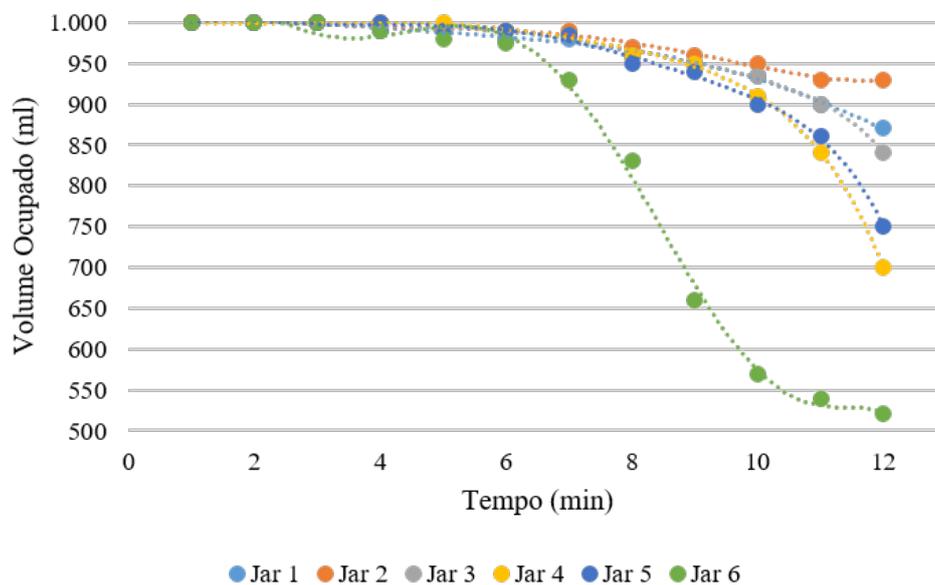
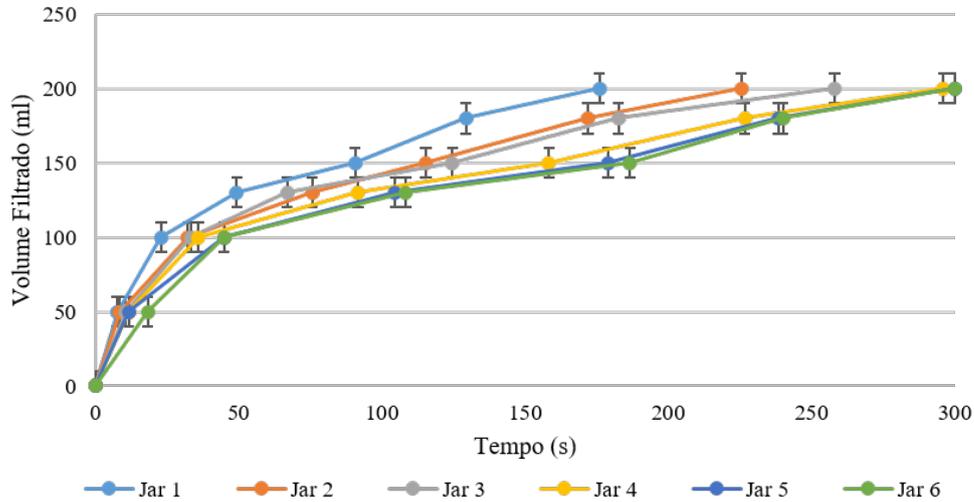


Figura 4 - Velocidade de filtração do lodo sedimentado em cada jarro, com diferentes concentrações de EPS.



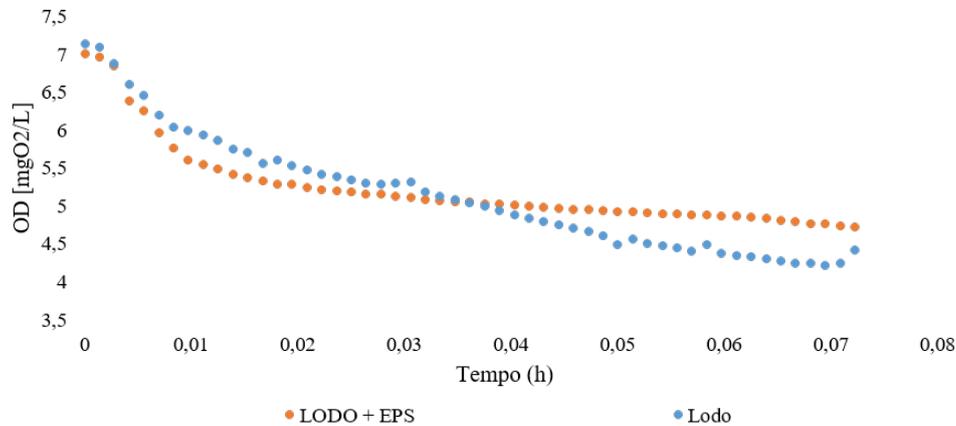
Os jarros 4 e 6 destacam-se pelo IVL classificado como ótimo, sendo o melhor índice observado no jarro 6, conforme apresentado na Tabela 2. O tempo de filtração de 100ml de amostra para cada jarro demonstra que a adição de EPS aumenta o tempo de filtração, ou seja, o EPS apresenta comportamento de obstrução dos poros do filtro, aumentando quase 50% o tempo em comparação ao lodo sem EPS. Logo, o EPS apresenta um comportamento que provoca não só a retenção de partículas, como o impedimento da passagem de água através do filtro de papel. Ou seja, o EPS interage com a matriz extracelular, aumenta o tempo de filtração.

Verifica-se que a velocidade específica de respiração aumenta cerca de 30% com a aplicação do EPS, o que pode estar relacionado com o aumento do metabolismo aeróbio devido ao EPS agir como substrato para a biomassa. Outra possibilidade é que o EPS possa agir reduzindo a dissolução do OD no meio líquido, causando uma redução na concentração medida pela sonda.

Tabela 3 - Taxa de consumo de oxigênio e taxa específica de consumo de oxigênio, com e sem a aplicação do EPS como biofloculante.

Amostra	Taxa de Consumo de Oxigênio (mg/L.h)	Taxa específica de consumo de oxigênio (mg/g.h)
Lodo	130,2	56,85
Lodo + EPS	170,5	74,2

Figura 5 - Perfil de consumo do oxigênio do lodo (licor misto) e lodo acrescido de biopolímero (EPS).



CONCLUSÕES

O EPS é um biopolímero que demonstra impactar o comportamento e interações intermoleculares das partículas do lodo. O seu rendimento a partir do lodo residual estudado foi considerado baixo em comparação à outros estudos. No entanto, foi possível verificar o aumento de cinco vezes da velocidade de sedimentação do lodo quando o EPS é adicionado, chegando a atingir IVL ótimo. Logo, o EPS estudado é um potencial biofloculante para tratamento de esgotos. Percebe-se o aumento do valor de sólidos suspensos com a adição de EPS, que é extremamente pequeno e seu uso deve prever sua intensa dissipação no efluente tratado.

O EPS possui capacidade de interagir com as substâncias orgânicas na matriz extracelular, promovendo a floculação e, portanto, a colmatação do filtro. Além disso, o tempo de filtração foi muito maior, chegando a impedir a passagem de água pelo filtro. Logo, observa-se a intensa resistência que o EPS promove ao lodo. Além disso, a adição de 20% de EPS demonstrou impactar na velocidade de respiração celular, aumentando a velocidade de consumo de oxigênio. As causas desta diminuição devem ser mais profundamente estudadas, mas indicam fortemente a influência que o EPS tem na biomassa aeróbia.

Portanto, o EPS apresenta grande potencial para uso como biofloculante em processos biológicos de tratamento de efluentes. Estudos posteriores são necessários para avaliar os impactos desde biofloculante sobre o metabolismo da biomassa aeróbia, bem como sobre os processos de desaguamento de lodo.

REFERÊNCIAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater. 23rd. ed. 2005.
2. ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS)(Brasil). **Atlas esgotos**: despoluição de bacias hidrográficas / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental . -- Brasília: ANA, 2017
3. COSTA, N. P. A. V. Estudo da aplicação de alginato de sódio e substâncias poliméricas extracelulares para redução do tempo de granulação e estabilidade da biomassa em reator em bateladas sequenciais, 2021. UFSC.
4. FELZ, S. et al. Extraction of structural extracellular polymeric substances from aerobic granular sludge. **Journal of Visualized Experiments**, v. 2016, n. 115, p. 1–8, 2016.
5. SANCHO, I.; LOPEZ-PALAU, S.; ARESPOCHAGA, N.; CORTINA, J. L. Science of the Total Environment New concepts on carbon redirection in wastewater treatment plants : A review. **Science of the Total Environment**, v. 647, p. 1373–1384, 2019. Elsevier B.V. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.070>.



6. SCHMIDELL, W. In: Biotecnologia Industrial. **Agitação e aeração em Biorreatores**. 1 ed. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, v.2, p. 277-331. 2001.
7. SPERLING, M. VON. **Urban wastewater treatment in Brazil**. Minas Gerais Brazil, , n. August, p. 27, 2016. Disponível em: <www.iadb.org>, Florianópolis, 2015.