

## II-051 - START-UP DE UM REATOR AMBBR PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE CERVEJARIA

**Isabelli Dias Bassin<sup>(1)</sup>**

Doutora em Engenharia Química pela COPPE/UFRJ. Professora da Escola de Química/ UFRJ.

**Mauricio Soares Junior<sup>(2)</sup>**

Aluno de Engenharia Química da Escola de Química/UFRJ

**João Pedro de Oliveira Aguiar<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Químico pela Escola de Química/UFRJ. Mestrando em Engenharia Química pela COPPE/UFRJ.

**João Paulo Bassin<sup>(4)</sup>**

Doutor em Engenharia Química pela COPPE/UFRJ. Professor do Programa de Engenharia Química da COPPE/UFRJ.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Athos da Silveira Ramos, 149 - Cidade Universitária, Rio de Janeiro - RJ, 21941-909 - Brasil - Tel: (21) 3938-7576 - e-mail: isabelli@eq.ufrj.br

### RESUMO

O processo de produção de cerveja gera efluentes com elevada carga orgânica. Para o tratamento desse efluente é adequado utilizar a digestão anaeróbia. Os reatores anaeróbios mais utilizados atualmente são os reatores com biomassa granular, como os reatores de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB). Porém, esses reatores podem apresentar perda de biomassa por efeitos de desgranulação do lodo. Uma solução para este problema é o emprego de reatores anaeróbios de leito móvel com biofilme (AMBBR), no qual a biomassa se encontra aderida fisicamente a um suporte, denominado *biomedia* (suportes poliméricos de densidade similar à da água), que facilitam a fixação de microrganismos em superfícies protegidas. O objetivo desta pesquisa foi avaliar os parâmetros que influenciam a partida de um reator anaeróbio de leito móvel com biofilme para tratar águas residuárias de cervejaria. Foi utilizado um reator de 0,4L, com agitação magnética e uma fração de enchimento de 48% de *biomedias* inoculadas com lodo proveniente da indústria cervejeira. Foi utilizado um efluente sintético, buscando simular um efluente de cervejaria, com uma demanda química de oxigênio (DQO) média de 2000 mg/L composto por extrato de levedura, acetato de sódio e glicose nas proporções de 2:1:1. Durante o processo, a temperatura do reator foi mantida próxima aos 35°C. Para se compreender os fatores que influenciam a partida de um reator anaeróbio, diferentes condições operacionais foram testadas. Os principais parâmetros testados foram: vazão, agitação e reinoculação. A eficácia dos testes foi medida a partir do monitoramento da remoção de matéria orgânica dentro do reator, do pH e da observação visual da adesão e crescimento dos microrganismos aos suportes. Durante a operação, pode-se observar que o tempo de retenção hidráulico (TRH) de 18h foi favorável para a remoção de matéria orgânica, apresentando uma eficiência de remoção de 80%. Porém, o aumento do TRH prejudicou a partida do reator, diminuindo a formação do biofilme e a remoção de DQO. A agitação também influenciou diretamente o desenvolvimento do biofilme, mostrando que uma agitação mais suave favorece a adesão microbiana ao suporte.

**PALAVRAS-CHAVE:** Efluente de Cervejaria, Reator Anaeróbio de Leito Móvel com Biofilme, AMBBR, Tratamento de Efluente, Tratamento Anaeróbio.

### INTRODUÇÃO

A produção de cerveja cresceu acentuadamente nos últimos anos, chegando a uma produção de 191 bilhões de litros em 2016 (MARCUSO E MULLER, 2017). O mercado brasileiro de cerveja é o terceiro maior do mundo, com uma produção de cerca de 13,334 bilhões de litros em 2016, dos quais cerca de 95% foram produzidos por 3 gigantes do setor (COMPANY, 2018). A quantidade de cervejarias registradas no país passa de 600 unidades e estão localizadas, majoritariamente, nas regiões Sul e Sudeste.

Várias etapas da produção da cerveja utilizam água, principalmente para a limpeza e desinfecção, gerando uma grande quantidade de efluentes. Para cada litro de cerveja são produzidos entre 2,7 e 8 litros de efluentes, que são ricos em compostos orgânicos (CHASTAIN et al., 2011). A água residuária gerada ao final da produção da cerveja, por ser proveniente de diversas etapas, possui uma grande variação nas suas características, com valores moderados ou elevados de carga orgânica e sólidos em suspensão (600 a 5000

mg/L de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), 1800 a 5500 mg/L de DQO (Demanda Química de Oxigênio) e de 100 a 800 mg/L de sólidos suspensos) (CETESB, 2005; CHASTAIN et al., 2011).

Esta água não pode ser despejada diretamente no meio ambiente, pois, dessa forma, causaria um déficit de oxigênio no corpo d'água, uma vez que a concentração de substâncias orgânicas no efluente é alta, levando a morte dos organismos aeróbios. Então, é de suma importância que haja um tratamento adequado da água residuária.

As águas residuárias de cervejaria podem ser tratadas de forma aeróbia ou anaeróbia. Usualmente, processos anaeróbios são mais utilizados para o tratamento deste efluente, por serem capazes de tratar águas com elevada carga orgânica. Dentre os diversos tipos de reatores anaeróbios aplicados, o UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) é o mais utilizado em cervejarias, com cerca de 1200 plantas de grande escala em todo o mundo (BRITO et al., 2004; LIM E KIM, 2014).

Apesar desta grande aplicabilidade, o reator UASB pode apresentar problemas na retenção de biomassa quando aplicado ao tratamento de efluentes complexos contendo muitas partículas suspensas e coloidais (DI BIASE et al., 2018). Tais condições podem levar a um lodo granular mais frágil que pode sofrer desgranulação, formando flocos e eventualmente acarretar perda de biomassa, que é carregada junto ao efluente (LU et al., 2015; OLESZKIEWICZ et al., 1989).

Reatores com biofilme podem ser uma solução à dificuldade de granulação da biomassa. Eles se baseiam no uso de material suporte para o crescimento de microrganismos aderidos. O reator anaeróbio de leito móvel com biofilme, denominado AMBBR (*Anaerobic Moving Bed Biofilm Reactor*), aparece como uma tecnologia inovadora, que utiliza suportes de densidade próxima à da água, que facilitam a fixação de bactérias em superfícies protegidas (DI BIASE et al., 2015).

A utilização destes suportes apresenta vantagens em relação a outros reatores anaeróbios, que incluem prevenção de entupimento, alta área superficial e espaço interno protegido para o desenvolvimento do biofilme, mistura eficiente e boa hidrodinâmica, pois, diferente de outras técnicas, o suporte permanece suspenso e movimentando-se por todo o volume do reator (BARWAL et al., 2014). Além disso, pelo biofilme estar aderido às biomédias, não há necessidade de recirculação do lodo (ØDEGAARD, 1999).

A tecnologia de MBBR aeróbico e anóxico está bem estabelecida, com desempenho comprovado em águas residuárias municipais e industriais (ØDEGAARD et al., 2007; MCQUARRIE E BOLTZ, 2011). No entanto, a aplicação do AMBBR tem sido limitada a poucos estudos de tratamento de águas residuárias de laticínios e vinícolas (WANG et al., 2009). Há uma necessidade de entender melhor a partida e o desempenho do AMBBR, além dos parâmetros de projeto operacional para o tratamento de águas residuárias em diferentes cargas orgânicas, tempos de retenção hidráulico (TRH) e temperaturas.

## OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um reator anaeróbio de leito móvel com biofilme (AMBBR) para o tratamento de água residuária de cervejaria usando suportes plásticos para o crescimento da biomassa, buscando compreender os parâmetros que influenciam a partida do reator. Dentre os objetivos específicos encontram-se: (1) Partida do reator e desenvolvimento de biomassa aderida em escala de bancada (2) Avaliar o crescimento microbiano e o desenvolvimento do biofilme; (3) Avaliar a remoção de matéria orgânica durante o período de *start-up*; (4) Analisar a influência das condições operacionais na partida do reator; (5) Verificar a influência do pH no desenvolvimento e atividade dos microrganismos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para este experimento, optou-se por utilizar um efluente sintético para que suas condições estivessem sempre padronizadas e para que as variações no reator ocorressem apenas no momento que eram desejadas. A unidade experimental elaborada teve como um dos principais intuítos o de evitar a entrada de ar dentro do reator em momentos indesejados. Ao longo do processo foram monitorados os parâmetros de remoção de matéria orgânica e pH do reator, além de análise visual do crescimento microbiano.

As características do efluente e do inóculo utilizados, bem como a descrição da unidade experimental, das condições operacionais e dos parâmetros avaliados, estão descritos a seguir.

## CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE

A partida do reator foi realizada utilizando um efluente simulado da indústria cervejeira, a fim de evitar características variáveis e oscilações inerentes a efluente real que poderiam impedir a avaliação do processo de *start-up*. O efluente sintético apresentou uma DQO de aproximadamente 2000 mg/L, consistindo de acetato de sódio ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) (Proquimios), glicose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) (Proquimios), extrato de levedura (Merck, Alemanha) em uma proporção de 1:1:2, respectivamente e 2,0 g/L de bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ). Além disso, 0,5 mL de uma solução de micronutrientes foi adicionado para cada litro de efluente preparado. O meio sintético ficou armazenado sob refrigeração ( $4^\circ\text{C}$ ).

## INÓCULO

O inóculo utilizado para o *start-up* do reator foi obtido a partir do lodo anaeróbio utilizado pela AmBev. Este lodo apresenta, em média, pH de 7,5 além de uma concentração de sólidos totais (ST) de 87344 mg/L e concentração de sólidos voláteis (SV) de 68144 mg/L.

## UNIDADE EXPERIMENTAL E CONDIÇÕES OPERACIONAIS

Os experimentos foram conduzidos em um sistema biológico, em escala laboratorial (Figura 1), confeccionado em vidro, com volume de trabalho de 0,4 L. O reator foi preenchido com suporte plástico Kaldnes®K1, que possui área superficial efetiva de  $500 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Com uma fração de enchimento de 48% ( $V_{\text{suporte}}/V_{\text{reator}}$ ). Para a agitação das *biomédias* foi utilizado um agitador magnético (FISATOM). O reator foi inoculado com lodo anaeróbio proveniente de uma estação de tratamento de uma cervejaria. Mangueiras de silicone foram utilizadas para as conexões hidráulicas do sistema e um sifão foi utilizado para manter o volume de trabalho constante. A temperatura do reator foi mantida próxima a  $35^\circ\text{C}$ , com a utilização de uma manta isolante térmica. A alimentação do reator foi realizada por uma bomba peristáltica BT100-2J da marca *LongerPump* operada com uma vazão de 0,37 mL/min, fornecendo um TRH de 18 horas. O reator foi reinoculado diariamente com o lodo carregado de dentro do reator para a saída. Durante 50 dias de operação do reator, foram testados diversos tipos de alterações nas condições operacionais que poderiam ocorrer durante a implementação de um sistema em escala real. Variações, como diminuição da vazão com consequente aumento do TRH, mudança na agitação e a forma de reinoculação, foram avaliadas a fim de descobrir quais seriam as melhores condições para a partida de um AMBBR.

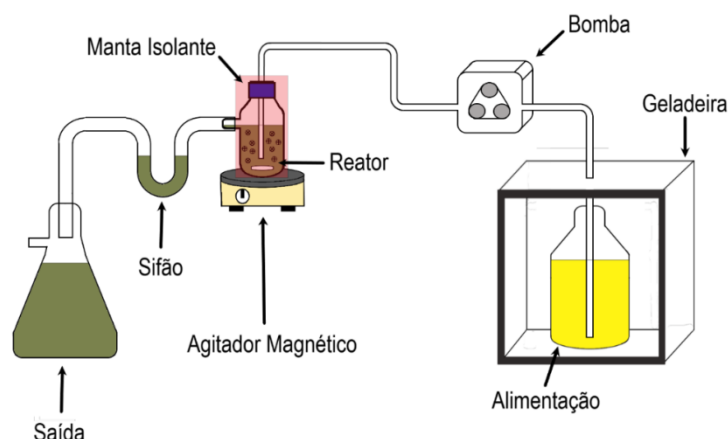


Figura 1: Esquema da Unidade Experimental

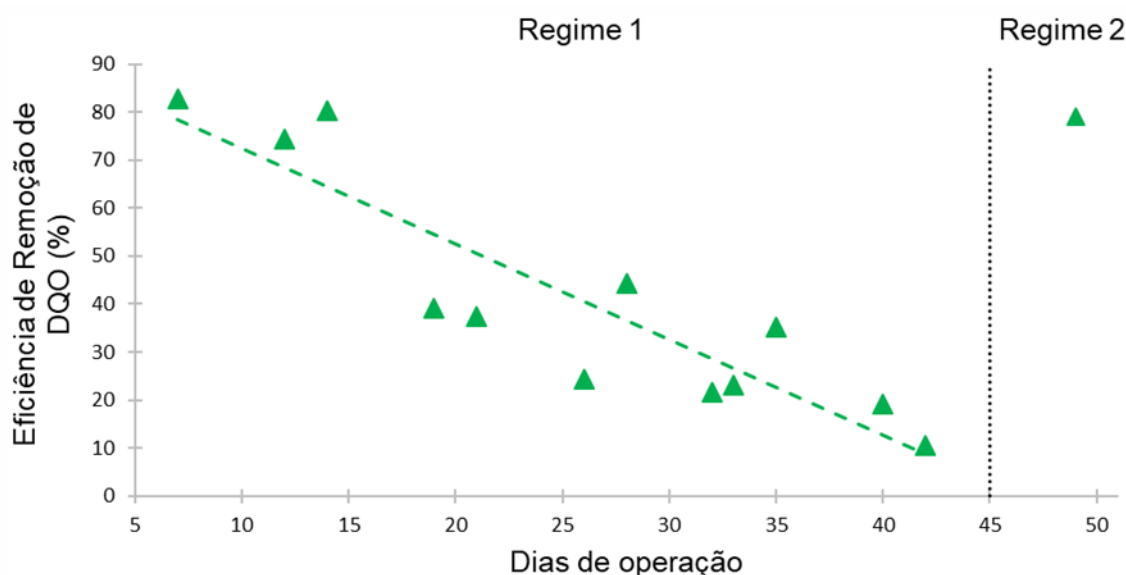
## PARÂMETROS AVALIADOS

Foram retiradas amostras da entrada e da saída do reator para avaliação do processo em termos de remoção de matéria orgânica. O pH foi medido utilizando o método potenciométrico, através de um eletrodo de pH

HANNA, modelo HI 2221. O mesmo aparelho possui uma sonda de temperatura, que foi utilizada para medir a temperatura do reator. Para avaliação da degradação da matéria orgânica foi utilizado o parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DQO) utilizando o método colorimétrico 5520 do *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Além disso, esporadicamente foram retirados suportes do reator para o acompanhamento do crescimento microbiano utilizando um esteromicroscópio da marca Zeiss modelo 508.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são referentes a um tempo de operação de 50 dias, nos quais pode-se perceber que, a definição das condições ótimas para o *start-up* de um reator anaeróbio e para o crescimento microbiológico são difíceis de serem estabelecidas, principalmente quando se trabalha com biomassa aderida. De acordo com KARADAG et al. (2015), o monitoramento de parâmetros como vazão, pH, agitação e temperatura são cruciais para o crescimento e a adesão do biofilme. A Figura 2 apresenta a eficiência de remoção de DQO em 2 regimes de operação. Durante o Regime 1, foi avaliada a influência de alterações das condições operacionais na partida e eficiência do sistema. De posse das informações obtidas no primeiro estágio da pesquisa, pode-se iniciar um novo regime (Regime 2), trabalhando nas melhores condições para a partida do reator.



**Figura 2: Eficiência de Remoção de Matéria Orgânica durante a Partida do Sistema AMBBR.**

### REGIME 1

A partida do sistema no Regime 1 foi realizada, inicialmente, com o TRH proposto de 18h. Nos 14 primeiros dias de operação houve uma alta eficiência de remoção de DQO, mantendo entre 75 e 80%. Além da alta taxa, percebeu-se, visualmente, que estava havendo um crescimento e adesão dos microrganismos e, consequentemente, preenchimento das *biomedias*. Percebeu-se que o reator estava atuando de forma satisfatória e que os microrganismos estavam se aclimatando ao meio.

### INFLUÊNCIA DO TRH

Para testar a influência do TRH sobre a eficiência do sistema e o crescimento microbiano foi realizada uma diminuição da vazão entre os dias 14 e 19 de operação. Buscando simular interferências que poderiam acontecer na partida de um reator, foi efetuada uma diminuição brusca da vazão de alimentação, atingindo um TRH de 54 h. Após essa interferência observou-se um clareamento dos suportes, devido ao desprendimento do biofilme e a diminuição na eficiência de remoção de matéria orgânica, que passou de 80% para 39%, como pode ser verificado na Figura 2. No dia 20, retornou-se o TRH para a condição inicial (18h) e pode-se perceber que a remoção de matéria orgânica não foi restabelecida, atingindo valor próximo a 40%.

Foi constatado que a diminuição da vazão afetou diretamente o crescimento microbiano e a adesão do mesmo aos suportes. Supõe-se que um maior TRH interferiu na estrutura dos flocos do inóculo, pois após a mudança brusca de TRH percebeu-se que estes ficaram mais leves e foram carregados junto com o efluente para fora do reator, diferente dos flocos nos primeiros dias de operação, que estavam bem mais pesados, indo para o fundo do reator quando não havia agitação.

Alguns estudos mostram que um aumento da vazão afeta diretamente a remoção de matéria orgânica, diminuindo-a (DI BIASE et al., 2018), porém, são poucos os estudos mostrando qual a relação entre a diminuição da vazão, a remoção de matéria orgânica e o crescimento microbiano.

## **INFLUÊNCIA DA AGITAÇÃO**

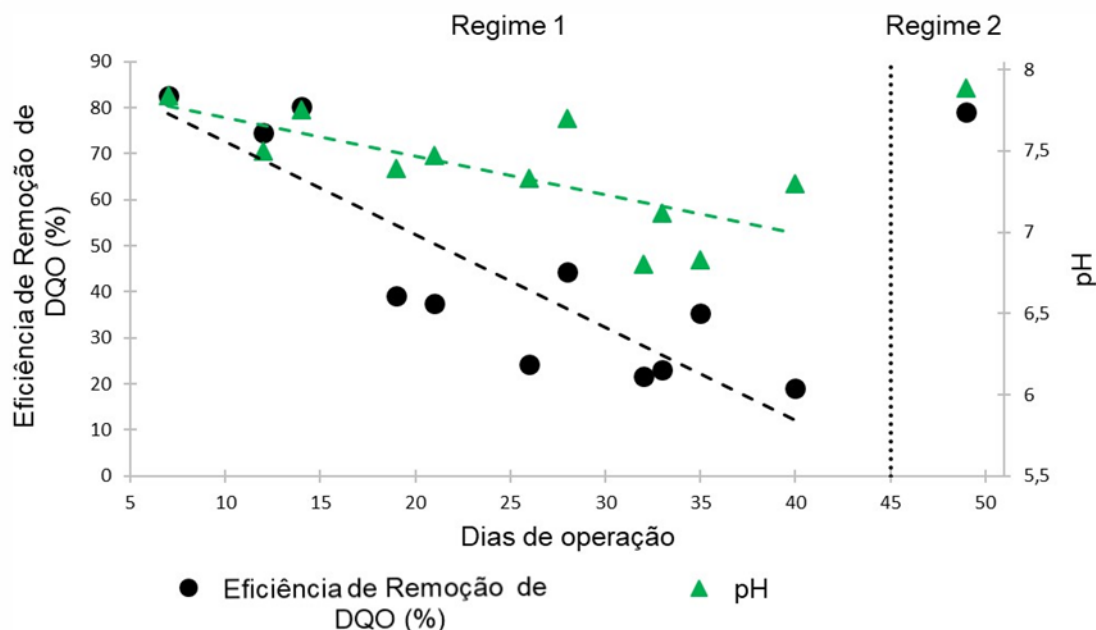
Dois tipos de agitação foram testados durante a operação do AMBBR. No início da operação do sistema até o dia 26, uma agitação mais vigorosa foi avaliada. A agitação intensa, normalmente, é aplicada com o intuito dispersar melhor o efluente dentro do reator e evitar que camadas grossas de biofilme sejam formadas dentro dos suportes. Porém, esta agitação apesar de ter ajudado na dispersão do efluente no interior do reator, dificultou a formação do biofilme, mantendo a maior parte da biomassa em suspensão. A agitação vigorosa aumentou o choque entre as *biomédias* no interior do reator, aumentando a força de cisalhamento, impedindo a adesão dos microrganismos ao suporte. Além disso, ocorreu impacto entre os suportes e o agitador magnético. O efeito da agitação no desenvolvimento do biofilme foi avaliado por BARWAL E CHAUDHARY (2014), que relataram que uma agitação muito intensa pode ocasionar colisões e atrito e, consequentemente, desprendimento do biofilme. Em seu estudo, ao utilizarem uma agitação mais forte, a eficiência de remoção de matéria orgânica teve uma queda de 20%.

Entre os dias 26 e 28 foi avaliada a diminuição da agitação do sistema. Durante esse período, a agitação mais branda promoveu uma movimentação lenta dos suportes, favorecendo o contato da biomassa com as *biomédias* e evitando o choque destas com o agitador magnético. Apesar da agitação mais lenta diminuir a dispersão do efluente no reator, a mesma se mostrou mais eficaz para o crescimento microbiano, criando um ambiente propício para o desenvolvimento do biofilme e, consequentemente, aumentando a eficiência do sistema. Tal agitação, em um curto espaço de tempo já apresentou como resultado o aumento no preenchimento das peças, além de ter aumentado a eficiência de remoção de matéria orgânica.

No dia 35, o sistema foi submetido à condição inicial – agitação vigorosa, e observou-se, novamente, uma queda na taxa de remoção de matéria orgânica, confirmando a influência da agitação no sistema.

## **ACOMPANHAMENTO DO pH**

O monitoramento do pH durante o processo, mostrou que o meio ficou mais ácido ao longo do tempo, iniciando com 8,1 e chegando a 6,8 (Figura 3). Tal queda ocorreu concomitantemente com a diminuição da eficiência de remoção de matéria orgânica do reator. Apesar da faixa não ser grande, pode-se atribuir este fato aos subprodutos gerados na degradação anaeróbia. Segundo KARADAG et al, (2015), na degradação anaeróbia, os ácidos produzidos podem se acumular rapidamente dentro do reator, diminuindo o pH e a atividade metanogênica. Conforme reportado por Li et al, (2011) se a digestão parasse na acidogênese, o acúmulo de ácidos diminuiria o pH para 6 e inibiria o processo de metanogênese. No entanto, não se pode afirmar que houve inibição das metanogênicas, pois o pH não apresentou valores menores que 6,8.



**Figura 3: Relação entre Eficiência de Remoção de DQO e pH durante a partida do AMBBR**

Pode-se perceber no gráfico que, quanto maior a taxa de remoção de matéria orgânica, menor foi a variação do pH dentro do reator, mantendo-se entre 7,5 e 8 quando o reator apresentava 80% de remoção de matéria orgânica. Em relação à adesão microbiana ao suporte, percebeu-se o mesmo padrão, a falta de adesão esteve relacionada com um pH mais baixo, e quando as peças estavam com uma quantidade maior de microrganismos, o pH do reator se manteve entre 7,5 e 8.

## REINOCULAÇÃO

Na tentativa de se espelhar no processo aeróbio, o qual utiliza a reinoculação para auxiliar a aclimação dos microrganismos, foram feitas reinoculações durante todo o processo com o inóculo que era carregado com o efluente de saída do reator.

As reinoculações feitas não se mostraram efetivas, pois o inóculo que era carregado com o efluente de saída ficava um tempo em contato com o oxigênio dissolvido antes de ser reintroduzido ao reator. Este contato resultou em impactos negativos na adesão dos microrganismos, alterando a estrutura dos flocos e fazendo com que os mesmos fossem mais facilmente carregados na corrente de saída do reator (SHEN E GUIOT, 1995). Consequentemente, a remoção de matéria orgânica também não apresentou nenhuma melhora devido à reinoculação, justamente por conta da perda da biomassa.

## REGIME 2

O Regime 2 iniciou-se quando houve a percepção, a partir da eficiência de remoção de matéria orgânica, de que o inóculo não estava com boa atividade. Então, utilizando os conhecimentos adquiridos durante toda a primeira parte da operação, o reator foi reinoculado com o inóculo proveniente da cervejaria, que estava armazenado sob refrigeração. Manteve-se o TRH do reator em 18h e a reinoculação foi suprimida, diminuindo o contato entre o inóculo e o oxigênio do ar. A agitação foi reduzida para que pudesse haver uma melhor aclimação, já que, foi visto anteriormente que uma agitação mais suave favorece o desenvolvimento do biofilme microbiano.

Estas condições mostraram-se eficazes para crescimento microbiológico e adesão dos mesmos ao suporte. Além disso, a remoção de DQO foi favorecida e, em apenas alguns dias, o reator já apresentou uma taxa de remoção acima de 80%.



## CONCLUSÕES

Com a realização desse estudo pode-se concluir que a partida de um reator AMBBR é um processo lento, muito sensível e influenciado por algumas condições operacionais. Verificou-se que a diminuição da vazão, com consequente aumento do TRH, afetou diretamente no crescimento microbiano e na formação do biofilme, mostrando ser imprescindível manter a alimentação estável. Em relação à agitação, confirmou-se que uma agitação suave é favorável para a adesão dos microrganismos e degradação da matéria orgânica. O acompanhamento do pH do meio mostrou que microrganismos anaeróbios são altamente sensíveis a distúrbios no pH, devido à performance das arqueas metanogênicas, que não atuam da forma desejada fora da faixa de pH neutro. A forma de reinoculação utilizada permitiu constatar que o sistema AMBBR é muito afetado quando ocorre o contato dos microrganismos com o oxigênio. Ao realizar a partida do reator sem o processo de reinoculação e mantendo as melhores condições operacionais pode-se verificar uma melhora na adesão da biomassa ao suporte, intensificando a formação do biofilme e a remoção de matéria orgânica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20. ed. Washington: APHA, 2005
2. BARWAL, A.; CHAUDHARY, R. To study the performance of biocarriers in moving bed biofilm reactor (MBBR) technology and kinetics of biofilm for retrofitting the existing aerobic treatment systems: A review. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, v. 13, n. 3, p. 285–299, 2014.
3. BRITO, A. G. et al. Treatment: Some focal points of design and operation. p. 1–22, 2004.
4. CETESB. Cervejas e Refrigerantes, Série P+L. 2005.
5. CHASTAIN, C. et al. Water and Wastewater: Treatment / Volume Reduction Manual. Brewers Association Report, p. 1–47, 2011.
6. COMPANY, K. Kirin Beer University Report Global Beer Production by Country in 2016. v. 2016, n. Table 1, p. 6–11, 2018.
7. DI BIASE, A. et al. Start-up of an anaerobic moving bed-biofilm reactor and transition to brewery wastewater. v. 142, n. 12, p. 1346–1352, 2015.
8. DI BIASE, A. et al. Performance and design considerations for an anaerobic moving bed biofilm reactor treating brewery wastewater: Impact of surface area loading rate and temperature. *Journal of Environmental Management*, v. 216, p. 392–398, 2018.
9. KARADAG, D. et al. A review on anaerobic biofilm reactors for the treatment of dairy industry wastewater. *Process Biochemistry*, v. 50, n. 2, p. 262–271, 2015.
10. LEIKNES, T.; ØDEGAARD, H. The development of a biofilm membrane bioreactor. *Desalination*, v. 202, n. 1–3, p. 135–143, 2007.
11. LI, Y.; PARK, S. Y.; ZHU, J. Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, n. 1, p. 821–826, 2011.
12. LIM, S. J.; KIM, T. H. Applicability and trends of anaerobic granular sludge treatment processes. *Biomass and Bioenergy*, v. 60, p. 189–202, 2014.
13. LU, X. et al. Biocatalysis conversion of methanol to methane in an upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor: Long-term performance and inherent deficiencies. *Bioresource Technology*, v. 198, p. 691–700, 2015.
14. MARCUSO, E. F.; MULLER, C. V. A Cerveja No Brasil: O ministério da agricultura informando e esclarecendo. *Revista MAPA*, v. Online, p. 1–5, 2017.
15. MCQUARRIE, J. P.; BOLTZ, J. P. Moving Bed Biofilm Reactor Technology: Process Applications, Design, and Performance. *Water Environment Research*, v. 83, n. 6, p. 560–575, 2011.
16. ØDEGAARD, H. The Moving Bed Biofilm Reactor. *Water Environmental Engineering and Reuse of Water*, n. 0575314, p. 250–305, 1999.
17. OLESZKIEWICZ, J. A.; ROMANEK, A. Granulation in anaerobic sludge bed reactors treating food industry wastes. *Biological Wastes*, v. 27, n. 3, p. 217–235, 1989.
18. SHEN, C. F.; GUIOT, S. R. Long-Term Impact of Dissolved O<sub>2</sub> on the Activity of Anaerobic Granules. v. 49, 1995.
19. WANG, S. et al. Performance and kinetic evaluation of anaerobic moving bed biofilm reactor for treating milk permeate from dairy industry. *Bioresource Technology*, v. 100, n. 23, p. 5641–5647, 2009.