

II-579 – AVALIAÇÃO DE TRATAMENTO AVANÇADO DE ESGOTO POR ALGAS COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL ÀS TECNOLOGIAS ESTABELECIDAS

Eric Sundstrom ⁽¹⁾

PhD em Engenharia Ambiental pela Stanford University, Califórnia, EUA (2013). Mestre em Engenharia Ambiental pela Rice University, Texas, EUA (2006). Engenheiro Civil pela Rice University (2006).

Mathew Atwood

Químico Orgânico pela Loyola University, Chicago, EUA (2002).

Rob McElroy

Engenheiro Civil pela University of South Alabama, Alabama, EUA (1987).

Peter Valdez

PhD em Engenharia Química pela University of Michigan, Michigan, EUA (2013). Mestre em Engenharia Química pela University of Michigan, EUA (2011). Engenheiro Químico pela New Mexico Institute of Mining and Technology, Novo México, EUA (2008).

Debora Cynamon Kligerman

Doutora em Planejamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2001). Mestre em Planejamento Urbano e Regional pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1995). Engenheira Civil pela Universidade do Estado do Rio De Janeiro (1986).

Endereço ⁽¹⁾: 6321 Jordan Drive Daphne, Alabama - 36526 - EUA - Tel: (1-251) 490-1487 - e-mail: esundstrom@algaesystems.com

RESUMO

O processo de tratamento de efluentes avançado com algas se baseia na relação simbiótica entre espécies de algas normalmente encontradas na natureza e bactérias heterotróficas, aproveitando o poder do sol para aeração combinada, remoção de nutrientes e produção de biocombustível, mudando o papel de tratamento de águas residuais de consumidor de energia para supridor de energia.

Ao contar com inúmeras vantagens geográficas e econômicas, o Brasil está bem posicionado para se tornar um líder em tratamento de águas residuais com algas voltado para a produção de biocombustíveis.

O tratamento avançado por algas oferece alta qualidade do efluente com baixo consumo de energia e recuperação de alta quantidade de energia sob a forma de valiosos combustíveis para uso no transporte. Esta tecnologia foi demonstrada em grande escala por mais de um ano de operação contínua e está pronta para uso em escala comercial, sendo desejável que a primeira implantação em escala real se dê em municípios brasileiros.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Esgoto, Biocombustíveis, Algas.

INTRODUÇÃO

A cada ano, 10,6 trilhões de litros de esgotos domésticos são gerados no Brasil. Desta quantidade, 5,1 trilhões de litros são coletados por infra-estrutura municipal e 3,54 trilhões de litros são tratados atualmente. (SNIS, 2013). O volume remanescente, 61% do total de águas residuais geradas, é lançado sem tratamento. Alcançar 100% de tratamento de águas residuais municipais vai exigir um investimento em infraestrutura de coleta e tratamento da ordem de R\$ 302 bilhões ao longo de um período de 20 anos. Embora o custo de complementação da infra estrutura necessária seja alto para as municipalidades, este passivo representa uma oportunidade significativa para evoluir de tecnologias convencionais de tratamento de esgotos em favor de alternativas mais sustentáveis.

Águas residuais municipais contém significativamente mais energia do que é necessário para o seu tratamento. O tratamento por lodos ativados é de uso intensivo de energia, com 60-70% de insumos energéticos sendo utilizados somente para a aeração. O tratamento de águas residuais por algas, no qual organismos fotossintéticos consomem o excesso de nutrientes, enquanto oxigenam as águas servidas, dispensa a demanda por energia, possibilitando reduzir significativamente o custo do tratamento. Além disso, a energia solar que é

armazenada como biomassa de algas durante o processo de tratamento pode ser colhida e transformada em biogás ou combustíveis líquidos, melhorando ainda mais o saldo energético do tratamento.

Desta forma, o tratamento de águas residuais à base de algas aproveita o poder do sol para aeração combinada, remoção de nutrientes e produção de biocombustível, mudando o papel de tratamento de águas residuais de consumidor de energia para supridor de energia

TRATAMENTO AVANÇADO COM ALGAS

O processo de tratamento de efluentes avançado com algas se baseia na relação simbiótica entre espécies de algas normalmente encontradas na natureza e bactérias heterotróficas. Na fase inicial, as águas residuais são filtradas, desinfetadas, e alojadas, juntamente com as algas, em fotobiorreatores flutuantes offshore (Figura 1). Os biorreatores são resfriados pelas águas circundantes e agitados pelas ondas do mar. Por se tratar de uma fotossíntese, há produção de oxigênio mediante o fornecimento de gás carbônico. O crescimento em biorreatores fechados diminui a chance de contaminação, permitindo o consumo de CO₂ com eficiência próxima de 100% e concentrações de oxigênio maiores que 40 mg/L no pico de crescimento das algas (Figura 2). Neste período, as algas sequestram o nitrogênio e o fósforo das águas residuais, resultando em crescimento da biomassa, enquanto os organismos heterotróficos consomem o oxigênio produzido durante a fotossíntese para a oxidação da DBO afluente. Consequentemente, este processo atinge altos níveis de remoção da DBO, sem a necessidade de uso intensivo de energia para aeração.

A cultura de algas resultante é desidratada, produzindo biomassa concentrada e água limpa para descarga ou reutilização. A biomassa concentrada é então processada através de liquefação hidrotérmica, resultando em biocombustível. Esta tecnologia imita a produção de petróleo bruto, em que a biomassa é convertida em óleo com a aplicação do tempo geológico, temperatura e pressão. Na liquefação hidrotérmica, a biomassa de algas é processada por menos de uma hora em altíssima temperatura e pressão, produzindo combustível de caráter semelhante ao petróleo bruto. Desta forma, até 40% do peso seco de algas é convertido diretamente para biocombustível líquido. Este o processo de tratamento requer mínima entrada de energia e maximiza a produção de energia através da produção de biomassa, consistindo portanto em geração de energia através do tratamento de águas residuais.

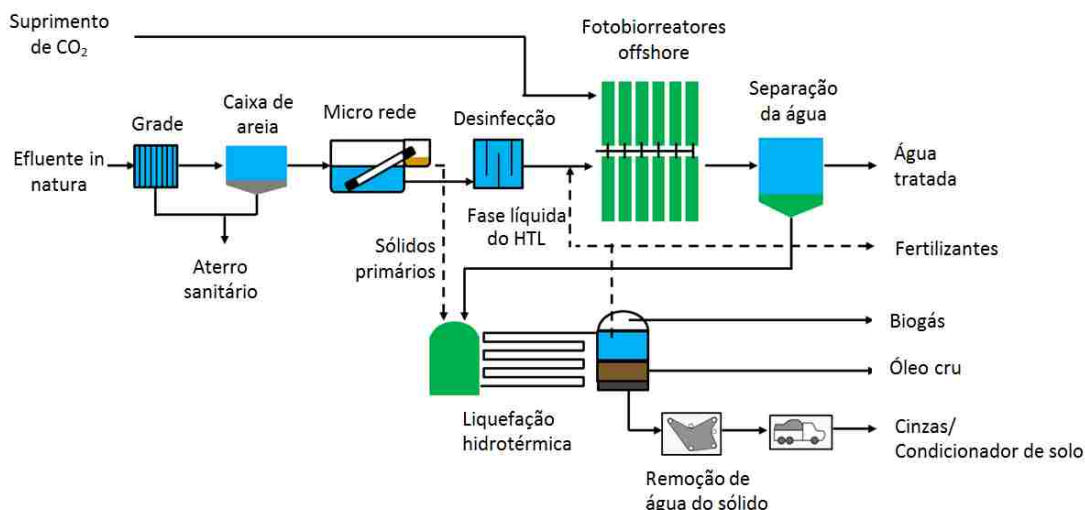


Figura 1: Fluxo de processos do tratamento avançado de águas residuais por algas.

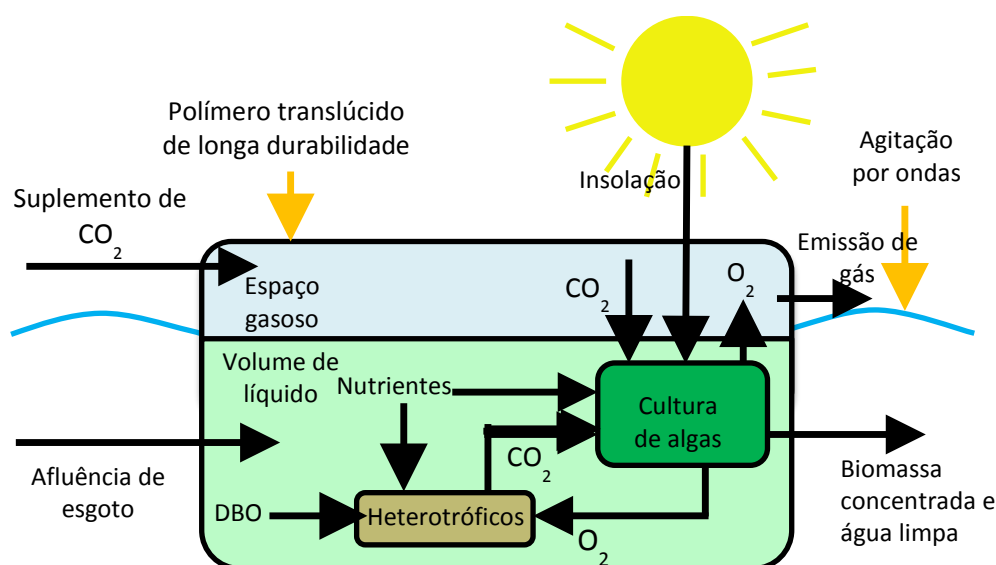


Figura 2: Fluxo de carbono e nutrientes nos fotobiorreatores offshore.

BENEFÍCIOS RESULTANTES DO PROCESSO

Este processo de tratamento avançado por algas tem inúmeros benefícios diferenciais em relação a outros processos de tratamento de esgoto, produção de combustível e cultivo de algas. Para demonstrar a viabilidade deste processo em escala comercial, foi implantado um piloto em Daphne, Alabama (EUA), capaz de tratar 189,2 mil litros por dia de efluentes em 4.046,8 m² de fotobiorreatores offshore. A planta piloto recebe CO₂ e águas residuais municipais em estado bruto e fornece água limpa, combustível líquido e, adicionalmente, condicionador de solo. Esta planta piloto é totalmente automatizada e está em funcionamento desde maio de 2014 (verão nos EUA). O piloto é continuamente monitorado para determinar a viabilidade técnica e econômica do processo em grande escala. Os resultados já obtidos apresentaram as seguintes vantagens sobre tecnologias alternativas:

- Produção de biocombustíveis sem utilização de terras aráveis, sem uso de água ou de fertilizante.
- Remoção superior a 93% da DBO, superior a 83% de nitrogênio total e superior a 95% de fósforo total, sem necessidade de energia externa para a aeração ou mistura. A remoção de nutrientes conseguida através de cultivo de algas é competitiva com as tecnologias de tratamento terciário de águas residuais.
- Produção de maior qualidade e quantidade de algas do que em lagoas de estabilização ou por outras tecnologias de tratamento de algas; baixo teor de cinzas (<8%) na biomassa resultante.
- Conversão direta de algas e do lodo para combustíveis líquidos de valor maior que o biogás produzido por digestão anaeróbica.
- O biocombustível produzido atende aos padrões ASTM diesel, com baixo teor de nitrogênio e de enxofre (<2% de nitrogênio e de enxofre combinado).
- O processo necessita apenas de águas residuais e suplementação de CO₂, que pode ser fornecido através de digestão anaeróbica de lodo resultante do decantador primário no local do piloto.
- O processo produz apenas água limpa, combustível renovável e biocarvão inerte esterilizado, que pode ser usado como condicionador de solo.

- Devido ao uso de materiais de baixo custo e fontes de energia passivos, há significativa redução de capital e economia de custos operacionais, em escala comercial, em comparação com alternativas de tratamento convencionais.

Em resumo, o processo avançado de tratamento com algas, como demonstrado no piloto em Alabama, revela-se um sistema confiável, combinando tratamento de águas residuais por algas e liquefação hidrotermal, duas tecnologias economicamente viáveis.

Tabela 1 – Concentrações de nitrogênio total, fósforo total, DQO e DBO no afluente e efluente no piloto em Daphne, AL, EUA*.

	N total mg/L	NH3-N mg/L	PO4 total mg/L	PO4 mg/L	COD mg/L	BOD mg/L
Afluente: Março-Abril 2015	35.3	21.9	11.9	7.7	524	300
Efluente: Março-Abril 2015	5.9	2.4	0.5	0.3	67	19
Eficiência de Remoção	83.1%	91.3%	95.6%	95.6%	87.2%	93.6%

OBS: *As medidas foram tiradas durante 5 semanas consecutivas de operação no piloto em Daphne, Alabama.

BRASIL: UM NOVO CENTRO PARA OS BIOCOMBUSTÍVEIS DE ALGAS?

A atual planta de demonstração (Figura 3) é capaz de produzir mais de 757 litros de óleo para cada 3,7 milhão de litros de águas residuais tratadas. Com base em sua atual geração de águas residuais, o Brasil tem o potencial de produzir 2,11 bilhões de litros de diesel renovável por ano. Produção nessa escala praticamente dobraria o tamanho da indústria brasileira de biodiesel, além de acrescentar receitas substanciais para o setor de tratamento de águas residuais, um setor econômico que normalmente é visto como centro de custo. Ao contar com inúmeras vantagens geográficas e econômicas, o Brasil está bem posicionado para se tornar um líder em tratamento de águas residuais com algas voltado para a produção de biocombustíveis. Essas vantagens incluem:

- Disponibilidade de águas residuais: O Brasil é a quinta nação mais populosa do mundo e tem os meios financeiros para investir em tratamento centralizado de efluentes.
- Infraestrutura de Biodiesel: Brasil já é o líder em biocombustíveis, incluindo biodiesel e etanol de cana de açúcar. A cadeia de abastecimento de biocombustíveis é, portanto, bem desenvolvida e bem preparada para a atualização e integração de biodiesel de algas como combustível para transporte.
- Clima: o crescimento de algas é mais rápido em áreas tropicais, com clima quente, ampla luz solar e variação mínima entre as condições de verão e inverno. Estudos recentes indicam o Brasil entre as principais regiões do mundo para o cultivo de algas devido a intensa luz solar e clima quente.
- Geografia: ainda que as microalgas sejam as culturas mais eficientes do mundo em função da produção de biomassa por área de terra, uma significativa superfície de terra ou água é necessária para seu cultivo. O Brasil tem tanto um amplo litoral para o crescimento de algas no mar quanto terra disponível para desenvolver o cultivo extensivo de algas em solo, se necessário.



Figura 3: Sistema de cultivo offshore (esquerda), e instalação para liquefação hidrotérmica (direita)

O tratamento avançado por algas oferece alta qualidade do efluente com baixo consumo de energia e recuperação de alta quantidade de energia sob a forma de valiosos combustíveis para uso no transporte. Esta tecnologia foi demonstrada em grande escala por mais de um ano de operação contínua e está pronta para uso em escala comercial, sendo desejável que a primeira implantação em escala real se dê em municípios brasileiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2012. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014. 164 p. : il.
2. CHEN, WT, ZHANG, Y, ZHANG, J, Yu, G, SCHIDEMAN, LC, ZHANG, P, MINARICK, M. - Hydrothermal liquefaction of mixed-culture algal biomass from wastewater treatment system into bio-crude oil. Bioresource Technology 2014, 152, 130-139.
3. LAM, MK, LEE, KT. Microalgae biofuels: A critical review of issues, problems and the way forward. Biotechnology Advances 2012, 30, 673-690.
4. SHILTON, N, MARA, D.D, CRAGGS, R., POWELL, N. Solar-powered aeration and disinfection, anaerobic co-digestion, biological CO₂ scrubbing and biofuel production: the energy and carbon management. Opportunities of waste stabilization ponds. Water Science & Technology 2008, 58.1, 253-259.
5. SILVA, FJ, SOUZA, RO, CASTRO, FJF, ARAUJO, ALC. Prospectus of waste stabilization ponds in Ceará -Northeast Brazil. Water Science & Technology 2011, 1265-1271.
6. WATER ENVIRONMENT RESEARCH FOUNDATION, Energy Production and Efficiency Research Fact Sheet, 2009
7. WATER ENVIRONMENT FOUNDATION, Manual of Practice 8, 2012
8. MOODY et al 2013. Global evaluation of biofuel potential from algae. Proceedings of the National Academy of Sciences. 111(23):8691-8696.