



Estaciones de tratamiento de aguas residuales Brasileñas neutras en el consumo de energía eléctrica

Ricardo Franci Gonçalves

Departamento de Ingeniería Ambiental – Centro tecnológico

Universidad Federal de Espirito Santo – Brasil

e-mail: franci@npd.ufes.br

1. Introducción

El consumo de energía de las empresas de saneamiento en Brasil alcanza el 2,5% del consumo total del país. Teniendo en cuenta que las coberturas de los sistemas de abastecimiento de agua y aguas residuales sanitarias aún no son universales, se estima que el consumo de energía se duplicaría en 10 años con la ampliación de los sistemas. En relación a la colecta de aguas residuales, 49% de la población son atendidos en la red colectora. Entre tanto, en relación al tratamiento de aguas residuales la situación se muestra más crítica, con apenas 40% del volumen total de las aguas residuales tratados. Es así que, significativas inversiones públicas han sido realizadas en los últimos años para la construcción de estaciones de tratamiento de aguas residuales sanitarias, siendo muchas de ellas de mediano a gran tamaño. Por otro lado, desde la década de 1990, Brasil viene realizando un esfuerzo en el sentido de desarrollar tecnología de saneamiento adaptada a las características climáticas e socioeconómicas. Buscando siempre un padrón de eficiencia compatible con la preservación de la salud colectiva y la conservación ambiental, los bajos costos de implantación, los procesos operacionales simples, una baja producción de lodo, un bajo consumo de energía y una mecanización reducida son algunas de las características consideradas como fundamentales para la sustentabilidad de los emprendimientos de este tipo de país.

Programa PROSAB: Desenvolvimento tecnológico

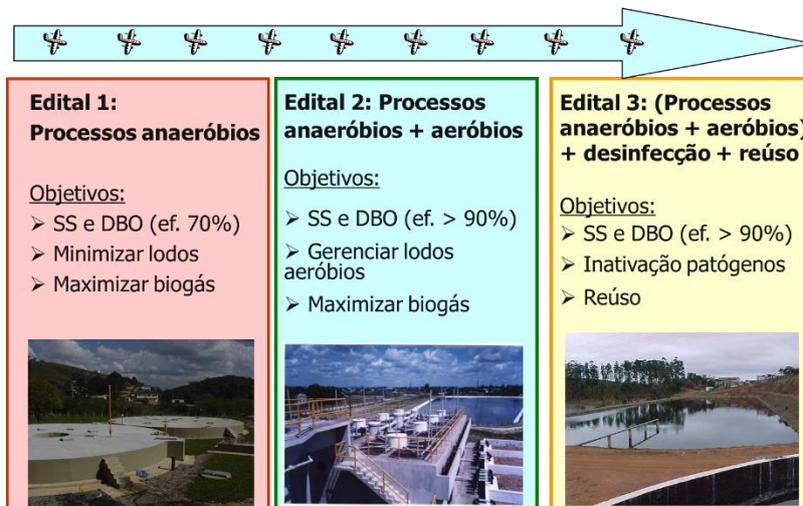


Figura 1 – Estrategia brasileira de desarrollo tecnológico para tratamiento



de aguas residuales.

Un programa de investigación y desarrollo tecnológico implementado por el ministerio de Ciencia y Tecnología, junto con la Asociación Brasileira de Ingeniería, lanzó como desafío a las instituciones brasileras de P D & I el desarrollo de una estación de tratamiento de aguas residuales (ETAR) neutra en el consumo de energía. Las diversas llamadas públicas que congregaron más de 50 instituciones públicas y privadas en torno a las metas de desarrollo pre-establecidas, resultaron en el desarrollo de una nueva familia de estaciones de tratamiento neutras o hasta el aumento excesivo del consumo de energía. Los resultados, desde el punto de vista práctico, surgieron a través de una nueva generación de ETARs brasileras que presentan la tecnología de reactores UASB como su principal estrategia de tratamiento (Jordão et al., 2009).

2. Nuevas configuraciones brasileras para el tratamiento de aguas residuarias

La principal diferencia tecnológica en relación a las estaciones de tratamiento europeas (con lodos activados) es el empleo de reactores anaerobios de alta tasa luego del tratamiento preliminar, para realizar la co-digestión del agua residual y del lodo en exceso de las etapas de post tratamiento (figura 2). En los sistemas anaerobios, aproximadamente 50% de la materia orgánica (M.O.) presente en agua residual es degradada biológicamente y genera CO₂. Entre 30 y 40% de M.O. son convertidos en nuevas células microbianas (Biomasa) y entre un 5 a 15% sale en el efluente del sistema en forma de material no biodegradado. Por otro lado, los reactores UASB son capaces de convertir de 50 a 80% de M.O. de agua residual en biogás, cuyo contenido de metano le confiere un elevado potencial energético. En este caso, la fracción de M.O. de agua residual que es convertida en nuevas células se sitúa entre 5 a 15% y el material no biodegradado en el efluente se sitúa entre 10 a 30%.

A pesar de las ventajas de operación y los menores costos involucrados, los reactores UASB prácticamente no remueven nutrientes. Sistemas combinados de tratamiento, con un proceso anaerobio como primera etapa de tratamiento seguido por un proceso de post tratamiento aerobio, hoy en día son los más utilizados en Brasil. El principal papel de la etapa de post tratamiento es de completar la remoción de materia orgánica, así como de remover los constituyentes poco tratados con el tratamiento anaerobio (nutrientes y patógenos). Esa organización es utilizada con el propósito de obtener un efluente final con características equivalentes a la de sistemas biológicos, removiendo materia orgánica (Demanda bioquímica de oxígeno – DBO – efluente inferior a 30 mg/L), sólidos suspensos (menor que 30 mg/L) – SS- e para nitrificación del efluente final (N-amoniaco menor a 5 mg/L).

La comparación del desempeño de 166 estaciones de tratamiento de aguas residuales en Brasil, realizada por VON SPERLING e OLIVEIRA (2009), confirma que la eficiencia de los UASB con post tratamiento aerobio son compatibles con los sistemas de lodos activos más comúnmente usados en Europa. Entre tanto, sin que se considere la recuperación e aprovechamiento de biogás en la planta, este resultado es obtenido como un consumo de energía significativamente inferior. (Tabla 1)

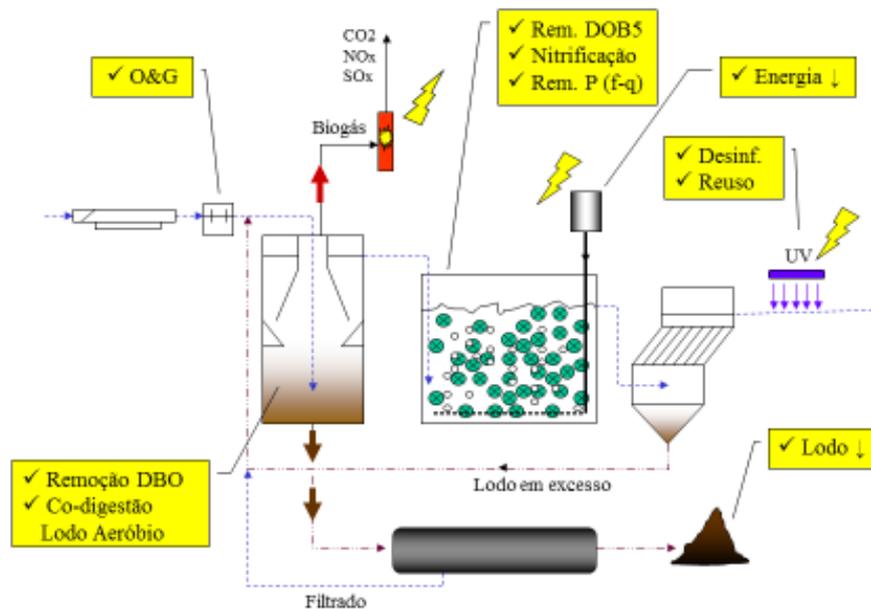


Figura 2- Configuración típica de una ETAR brasilera con UASB y post tratamiento.

Tabla 1 – Consumo de energía en ETARs sin aprovechamiento de biogás.

Sistema	Potência instalada (W/hab)	Potência consumida (kWh/hab.ano)
Lodos Ativados Convencional	2,5 – 4,5	18 – 26
Lodos ativados c/remoção de N e P	2,2 – 4,2	15 – 22
UASB + Lodos Ativados	1,8 – 3,5	14 – 20
UASB + Biofiltro Aerado Submerso	1,8 – 3,5	13 – 19

3. Producción de biogás en las ETARs con UASB

La difusión de los reactores UASB como tecnología preferencial para el tratamiento de aguas residuales en Brasil colocó una pauta de desarrollos tecnológicos necesarios en el aprovechamiento de biogás. Según ZANETTE (2009), el potencial de producción de biogás en el tratamiento de aguas residuales en el país es de 7,3 millones de m³/d, lo que suscita enormemente el interés desde el punto de vista energético pero también es preocupante en el aspecto de emisiones in natura, debido a los gases de efecto invernadero contenidos en él. El contenido de metano en biogás varía de 60 a 70% y su poder calorífico es de 21 a 25 MJ/Nm³. Entretanto, no toda la energía química del afluente agua residuaria en los reactores UASB en operación en el país puede ser



recuperada, lo que indica cuan imperfecta aún está esta tecnología. Una parte de DQO del afluente es convertida en efluente tratado (15 a 25%) y la mayor fracción se encuentra en forma de metano en el biogás (40 a 60%). Entre tanto, de 15 a 20% de metano producido en UASB se pierde en el efluente en forma de metano disuelto, lo que, asociado a la reducción de sulfato, reduce significativamente la cantidad de energía de recuperación (Tabla 2).

Tabla 2- Pérdida de metano en los reactores UASB

Referência	Pérdida de CH4 no balanço de massa
Foresti et al., (1999)	30% a 35%
Van Handel e Letinga (1994)	20 a 50%
Souza (2010)	30%
Singh e Veraraghvan (1998)	40 % a 50%
Pierrotti (2007)	20% a 25%
Veronez e Gonçalves (2002)	36% a 41%

4. Aprovechamiento de biogás en ETARs

Las principales opciones de aprovechamiento energético de biogás son: la generación de electricidad para uso en la propia estación de tratamiento o para comercialización local; y el uso como combustible directamente en hornos y calderas o combustible vehicular. La cogeneración es el uso más común, seguido de la generación de calor. En sistemas descentralizados de saneamiento, el biogás puede ser usado en el secado térmico y en la higienización de lodo generado en las estaciones de tratamiento. Puede también ser usado como combustible en las comunidades locales, principalmente como gas de cocina, pero también para iluminación o secado de granos. Teniendo en cuenta el balance de masa y energía realizadas en diversos sistemas de tratamiento, con diferentes tamaños variando de la escala piloto de la estación de tratamiento de la estación de tratamiento a escala real, Lobato (2011) se estima los siguientes parámetros unitarios característicos de las estaciones con UASB (tabla3):

Tabla 3 – Producción de biogás e disponibilidad energética en estaciones de tratamiento de aguas residuales con UASB

Parâmetro	Unidade	Máximo	Mínimo	Média
Volume de biogás	NL/hab.d	9,8	17,7	9,9
	NL/m3 esgoto	138,3	46,4	85,6
	NL/kgDQOremov.	247,8	165,6	211,1
Potencial energético	kWh/m3 esgoto	1,0	0,3	0,6
	kWh/kgDQOremov.	1,9	1,2	1,6
	kWh/Nm3 biogás	7,5	7,5	7,5
	kWh/hab.ano	48,3	26,9	37,2

Adaptado de Lobato (2011)



Teniendo en cuenta que las nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales brasileras, en su gran mayoría, poseen configuraciones de tipo UASB con post tratamiento, se puede decir que es significativa la infraestructura productora de biogás a partir de aguas residuarias del país. Comparando los números de las tablas 1 y 3, se observa que las nuevas plantas de tratamiento pueden alcanzar la neutralidad en energía eléctrica en caso implementen proyectos de aprovechamiento de biogás. Entre tanto, el aprovechamiento de este combustible para fines productivos aun no puede ser considerado como práctica común, por los motivos concluidos por SALOMON e LORA (2009): los costos elevados de inversión, la falta de programas de inversión y desarrollo tecnológicos en el área de digestión anaerobia, la ausencia de un programa nacional de aprovechamiento de biogás con financiamiento e incentivos específicos por parte del gobierno; las dificultades de comercialización de los créditos de carbono de las pequeñas instalaciones de biogás; la necesidad de definir la tecnología de biodigestión para cada caso específico separadamente; la carencia de recursos humanos especializados para selección de tecnología e para evaluar la viabilidad económica de los emprendimientos.

Recientemente, el gobierno brasiler implementó el proyecto Brasil-Alemania “Fomento al aprovechamiento energético de biogás en Brasil – PROBIOGAS”, por medio de la secretaria nacional de Saneamiento Ambiental del Ministerio de las Ciudades, y el gobierno alemán, por medio de la Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ). Su objetivo es contribuir para la ampliación del uso energético eficiente del biogás e, por consiguiente, para la reducción de emisiones de gases que inducen el efecto invernadero, teniendo vigencia entre los años 2013 y 2017. Según PROBIOGAS (2016), el consumo de energía de la red eléctrica cae significativamente por el aprovechamiento energético del biogás, que suministra hasta el 66% de la demanda del sistema de aireación de un sistema de lodos activados convencional, en el caso del sistema con digestor de lodo, y hasta 99% en el sistema con reactor UASB. El aprovechamiento de energía térmica resulta del funcionamiento de un motor-generator y capaz de suministrar la energía térmica suficiente para secado de 16% de lodo generado en un sistema de lodos activos convencional. En el caso de sistema con UASB y post tratamiento, la energía térmica es capaz de secar 46% del lodo generado en la planta de tratamiento.

5. Futuros desarrollos

Con el objetivo de potencializar la generación de biogás en estaciones de tratamiento de aguas residuales que asocian UASB y post tratamiento, se encuentra en desarrollo una nueva configuración de estación de tratamiento en la cual se emplea fotobioreactores como última etapa. En conjunto, los fotobioreactores tienen como objetivo la degradación de materia orgánica remaneciente, y principalmente, la remoción de nutrientes (nitrógeno y fósforo). El efluente anaerobio es utilizado como sustrato para el crecimiento de las microalgas, que aprovechan la radiación solar, así como el gas carbónico que proviene de la combustión del biogás producido en UASB. En la etapa siguiente se tiene el proceso de separación solido – líquido, el cual tiene como objetivo obtención de una biomasa de microalgas e un efluente final que se encuentre dentro de los límites de reuso. La biomasa algácea obtenida es reenviada para la etapa de hidrólisis, que promueve el aumento de la biodegradabilidad anaerobia de este material. Esa etapa final



maximiza la producción de biogás en el reactor UASB aumentando así la disponibilidad energética del sistema.

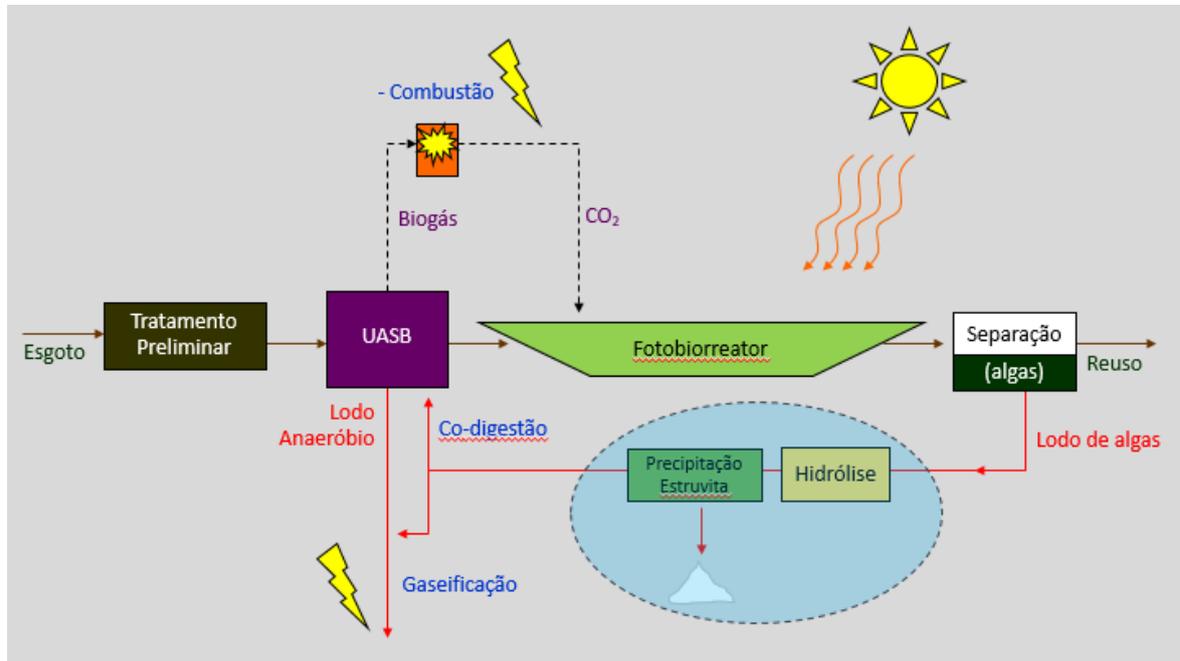


Figura 3 – Configuração de estação de tratamento associando UASB y fotobiorreactor

6. Referências bibliográficas

ZANETTE, A. L. Potencial de aproveitamento energético do biogás no Brasil. 97 p. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Jordão, E.P., Volschan Jr., I. and Alem Sobrinho, A. (2009) - Secondary WWTP preceded by UASB reactors – an excellent Brazilian experience. Water Practice & Technology Vol 4 No 1. doi: 10.2166/WPT.2009.001.

Lobato, L. C. S. (2011) - Aproveitamento energético de biogás gerado em reatores UASB tratando esgoto doméstico. Tese de doutorado da Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 184 pgs.

Salomon, K.R. and Lora, E.E.S. (2011) - Estimate of the electric energy generating potential for different sources of biogas in Brazil. Biomass and Bioenergy, vol. 33, pp. 1101–1107

PROBIOGAS (2016) - Análise da viabilidade técnico-econômica de produção de energia elétrica em ETEs no Brasil a partir do biogás. Organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH. (GIZ) ; autores, Sebastian Rosenfeldt ... [et al.]. – Brasília, DF : Ministério das Cidades, 2016. 145 pp.