

EFICIÊNCIA DE UM REATOR UASB NA REDUÇÃO DA CARGA ORGÂNICA E NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS, TENDO VINHAÇA COMO SUBSTRATO.

Apresentação em pôster.

Thiago Castro De Almeida¹, Diego Weber², André Friderichs², Ronaldo Hoffmann³

¹Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos (PPGEPro) - UFSM (Eng.thiagocastro@yahoo.com.br, Telefone: ((55)99270090)

²Mestre em Engenharia de Processos (PPGEPro) - UFSM

³Professor do Departamento de Engenharia Química e do PPGEPro - UFSM

Resumo

A importância da indústria sucroalcooleira no Brasil é significativa para nossa economia. E o crescimento da indústria levou a um grande volume de vinhaça gerada, onde cada litro de etanol gera em torno de dez litros de vinhaça. A vinhaça é rica em nutrientes minerais e apresenta elevado teor de matéria orgânica, o que justifica sua intensa utilização na fertirrigação de áreas cultivadas com cana. Uma das principais alternativas para a vinhaça é a digestão anaeróbica em reatores UASB (upflow anaerobic sludge blanket digestion), apresentando ainda um fator econômico: a produção de metano e seu aproveitamento. Este trabalho teve como objetivo avaliar a aplicabilidade do sistema de digestão anaeróbia da vinhaça, em reatores UASB, para reduzir a DQO (Demanda Química de Oxigênio), bem como a avaliação qualitativa do biogás para geração de energia. As DQO dos afluentes variam de 34700 mg/L a 112000mg/L, e a média da eficiência na redução da DQO ficaram em torno de 43%. E através da avaliação qualitativa, verificou-se a produção de biogás ao fim de cada ciclo.

Palavras-chave: Biogás, indústria sucroalcooleira, DQO, UASB.

1. Introdução

O crescente apelo pela sustentabilidade e cuidado com o meio ambiente após ECO-92 e o protocolo de Kyoto, contribuíram na procura de combustíveis limpos e renováveis. O Brasil com a produção de etanol a partir da cana d'açúcar se destaca neste seguimento, antes mesmo destes tratados, com o lançamento do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) na década de 70.

A indústria sucroalcooleira do Brasil vive uma fase promissora com a valorização do etanol como alternativa à substituição dos combustíveis fósseis, o fortalecimento do preço do açúcar no mercado de commodities, a utilização e a valorização de subprodutos industriais resultantes da fabricação de açúcar e álcool, a disposição de mais de 500 variedades de cana ajudando na otimização da lavoura e o crescimento da álcoolquímica, sendo estes fatores que motivaram uma forte expansão da cultura da cana no Brasil, e induziram à modernização e à maior eficiência da indústria (Souza e Silva, 2008).

A produção de praticamente 70% do etanol no mundo é referente ao Brasil e os Estados Unidos, com a diferença que o primeiro utiliza Cana de açúcar e o segundo milho. O custo do etanol produzido no Brasil corresponde à metade do custo do etanol produzido nos Estados Unidos e um terço do produzido de beterraba na Europa. (ANÁLISE EDITORIAL, 2008). A expectativa de aumento na produção de cana da safra 2012/2013 para safra 2013/2014 é de 532,1 milhões para de 580 milhões de toneladas, elevação de 7% (UNICA, 2013).

A evolução da produção de etanol levou em conjunto o aumento na produção de vinhaça, pois cada litro de álcool origina entre 10 e 15 litros de vinhaça (CORAZZA, 2006; CRAVEIRO, 1983). A vinhaça é um efluente gerado da destilação e fermentação da cana no processo de fabricação do etanol e na cristalização do caldo de cana para fabricação de açúcar, seu alto potencial poluidor é devido o grande volume produzido, já mencionado, e a alta concentração de matéria orgânica e nutrientes presentes (LUDOVICE, 1997; VAN HAANDEL, 2000). A vinhaça geralmente possui cor marrom clara com sólidos totais variando entre 2 e 4%, quando é proveniente de caldo de cana-de-açúcar.

Uma das alternativas mais utilizadas para o destino final da vinhaça é sua aplicação "*in natura*" no solo, geralmente onde temos solos cultivados de cana d'açúcar. Esta prática, chamada fertirrigação, é apresentada como a solução para o enorme problema da disposição desse resíduo desde quando foi proibido o seu simples descarte no curso d'água mais próximo da usina, prática adotada historicamente (PINTO, C. P., 1999). Entretanto a fertirrigação apresenta alguns problemas como a contaminação do lençol freático, a dificuldade de se saber a quantidade de doses a aplicar devido a grande variabilidade da vinhaça, entre outros.

Existem alternativas para o destino da vinhaça, e uma delas é a digestão anaeróbica que oferece várias vantagens em comparação aos aeróbios, as principais seriam o menor consumo de energia, a menor produção de lodo, a necessidade de menor área para a implantação do sistema e a potencialidade de uso do biogás como combustível (WEBER, 2006). Outra vantagem importante da digestão anaeróbica é uma redução significativa na DQO (Demanda Química de Oxigênio) que, por sua vez, diminui o poder poluidor da vinhaça (GRANATO, 2003).

A digestão, no entanto, só tornou-se atrativa com o desenvolvimento de reatores de alta taxa, como é o caso do Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (UASB). (SZYMANSKI, et al. 2010).

A regulamentação da disposição de efluentes de origem doméstica ou industrial é bem rígida. A vinhaça, no Brasil, desde a expansão da produção de álcool incentivado pelo PROALCOOL, em 1970, onde algumas normas foram criadas, tendo em vista o aumento substancial da produção de vinhoto e seu alto poder poluidor principalmente quando lançado em corpos aquáticos (CORAZZA, 2006).

A digestão anaeróbia é um processo que se divide em quatro fases, onde em cada etapa age um grupo específico de microrganismos, num efeito em cadeia, onde em uma etapa são gerados os produtos intermediários do estágio seguinte. (AQUINO, 2005). O primeiro passo da digestão anaeróbia é a hidrólise, onde as moléculas orgânicas maiores e mais complexas são hidrolisadas para monômeros. Na segunda etapa os monômeros são convertidos, por bactérias acidogênicas, a ácidos graxos de cadeia curta, alcoóis e cetonas, acetato, CO_2 , H_2 . Posteriormente os produtos formados na fase acidogênica são convertidos em acetato de H_2 e CO_2 durante o acetogênese. Por último a etapa da metanogênese, que pode ser a mais importante, pois é designado por arqueias metanogênicas, que convertem os produtos da acetogênese em metano e dióxido de carbono.

A elevada presença de metano no biogás nos UASB faz com que suas aplicações refiram-se principalmente à geração de energia, pelo seu potencial combustível. O poder calorífico do biogás se situa em torno de 5.000 a 7.000 kcal.m^{-3} ; entretanto, este potencial pode atingir 12.000 kcal.m^{-3} caso o CO_2 seja retirado da mistura (CORTEZ et al., 2007).

E o biogás pode ser aproveitado na indústria sucroalcooleira na queima da caldeira, na geração de vapor e acionamento da moagem da cana ou utilizar parte do biogás em substituição aos combustíveis na agroindústria durante o período da safra (GRANATO, 2003).

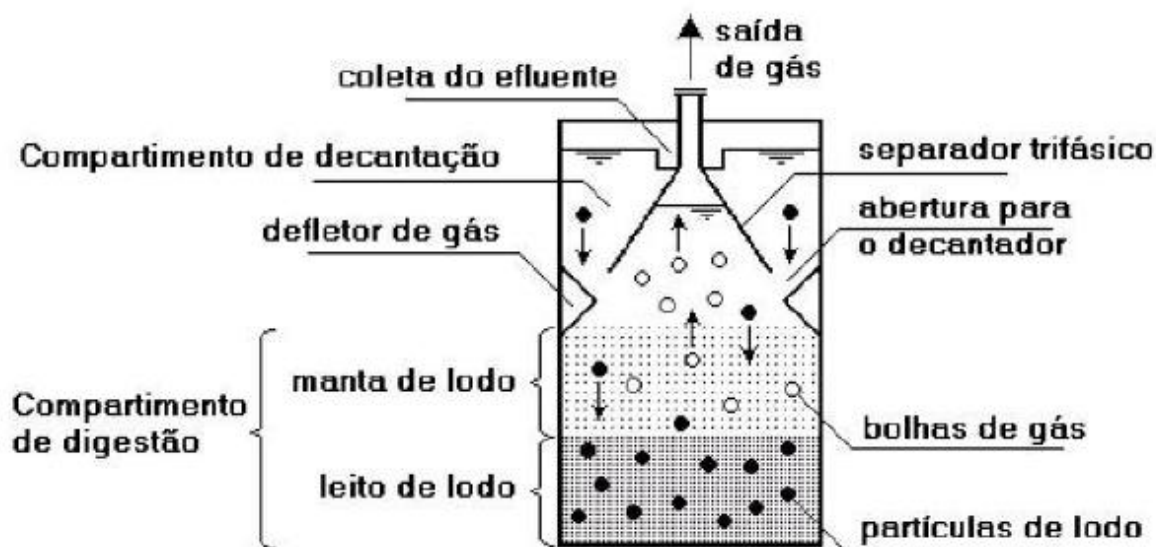


Figura 1: Desenho esquemático de um Reator UASB
 Fonte: Chernicharo, 1997.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de um Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (UASB) em reduzir a DQO da vinhaça e a avaliação qualitativa da produção de biogás.

2. Metodologia

O experimento foi realizado no Laboratório de Processos Industriais, pertencente ao curso de Engenharia Química/UFSM, e utilizou-se um Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente em escala laboratorial já existente, modelo elaborado pelo Professor Djalma Dias Da Silveira.

O reator é de acrílico transparente, com 1,25 metros de altura e 0,12 metros de lado, apresentando um volume de 18 litros e ligado a um galão de 50 litros. A circulação do efluente era realizada por uma bomba peristáltica, proporcionando uma vazão de 8,64 L/h, tempo de detenção hidráulica de 2,1 horas e velocidade ascensional de 0,6 m/h.

A operação era realizada por ciclos, onde cada ciclo representava cinco dias, então eram colocados no galão aproximadamente 40 litros da vinhaça e passados cinco dias o efluente era retirado para iniciar um novo ciclo.

A vinhaça era proveniente da micro destilaria, localizada no Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, e as análises da mesma e dos efluentes de cada ciclo eram realizadas utilizando-se os procedimentos previstos no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA-WEF-WWA, 1995).

Para a medição qualitativa do biogás gerado, foi feito um tubo em “U” com líquido corante em um papel milimetrado (Figura 2). A cada final de ciclo era observada através da diferença de altura entre as colunas de corante, a geração ou não de biogás.

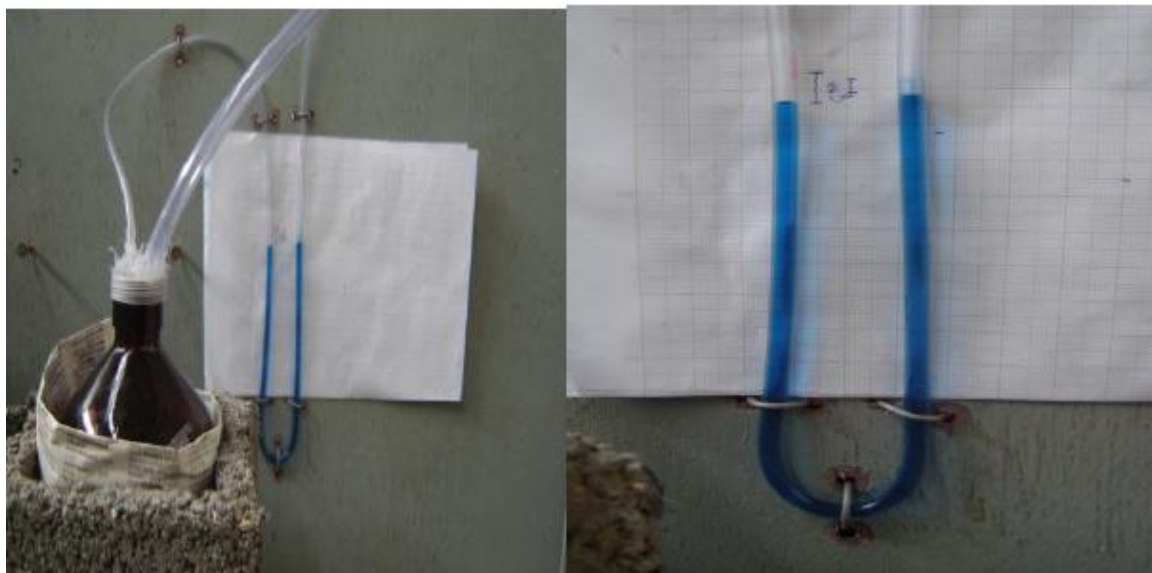


Figura 2: Tubo em “U”.

Para acelerar o funcionamento do reator foi utilizado um inoculo proveniente de uma cervejaria, onde o mesmo já estava adaptado a uma carga orgânica relativamente alta. O inóculo consiste de cor escura e cheiro fortemente desagradável, no qual serviu de suporte inicial e criando um meio de cultura favorável à formação das colônias bacterianas desejáveis para o inicio da operação.

Alguns parâmetros devem ser cuidados para que a funcionalidade do reator seja estabelecida. O pH no interior do reator deve ser mantido na faixa de 6,0 e 8,0 para que não ocorra uma inibição das bactérias. Porém o pH da vinhaça era geralmente é de 4,3, exigindo correção, sendo acrescentado hidróxido de sódio. Outro ponto a ser relacionado para o bom funcionamento é a relação em massa de C:N:P de 350:7:1(CHERNICHARO,1997). A estratégia utilizada para a complementação foi o uso do fertilizante Krista MAP (Yara), como fonte de Fósforo (26% de Fósforo), e uréia como fonte principal de Nitrogênio (46% de Nitrogênio).



Figura 3: Vista frontal do UASB.

3. Resultados e Discussões

O pH da vinhaça apresentou o valor médio de 4,0 , sendo assim necessário corrigir com hidróxido de sódio até o valor médio de 7.

Na tabela 1 estão os resultados de DQO, Sólidos Totais e as temperaturas. As DQO dos afluentes variam de 34700 mg/L a 112000mg/L, esta variação pode ser explicada pela diferença nos manejos agrícolas e a utilização de diferentes leveduras na fermentação (PINTO, 1999). A média da eficiência na redução DQO ficou em torno de 43%, mas a variação era grande, onde tivemos picos de até 80% de redução.

A avaliação da geração de biogás a cada ciclo foi feita qualitativamente, apenas verificando a diferença das alturas nas colunas, e foi amostrado que a cada ciclo modificava as alturas. Certificando-se que havia produção de biogás, além de observarmos que nas melhores eficiências da remoção de DQO se obteve maiores diferenças das colunas, ou melhor, maior produção de biogás. Mostra-se então a necessidade de agora ser realizada uma avaliação quantitativa do biogás.

Segundo OLIVA (1997), 70% do metano produzido em um reator é produto da degradação do acetato pelas bactérias metanogênicas acetotróficas. Nesse processo o grupo carboxila do acetato é convertido em CO_2 e o grupo metil incorporado como metano.

Ainda segundo este autor, o segundo grupo das bactérias metanogênicas chamadas de hidrogenotróficas é aquela capaz de produzir metano a partir de H₂ e CO₂.

As temperaturas ao longo destes ciclos se mantiveram entre 20° e 40° graus, sendo importante, pois é chamada faixa mesofílica que é importante para crescimento das bactérias metanogênicas. Onde as mesmas apresentaram uma relação significativa com a produção de metano (SIQUEIRA, 2008).

Segundo LAMONICA (2006), o processo de biodigestão anaeróbia consiste na biodegradação de sua carga orgânica e geração de biogás, comprovando nossa hipótese de um dos motivos na eficiência da redução de DQO.

Redução (%)	DQO inicial (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Média (°C)	Período do Ciclo (dias)
42,40	56600	22000	16,9	26,5	20,91	5
39,56	27300	18858	13,8	19,8	16,40	5
46,39	34700	19600	18,2	27,5	21,76	5
41,23	43900	22000	9,2	19,7	13,78	5
75,65	72300	20000	3,8	22	13,33	5
58,47	48400	28800	15,2	28	20,18	5
63,94	68500	29588	17,9	31,8	22,71	5
37,00	94300	35472	12,6	24,4	18,59	5
56,33	112000	31412	12	22,4	16,72	5
81,56	65200	37500	12	28,5	20,56	5
24,77	44800	33820	12	28	20,12	5
6,47	44800	33820	19,6	27,3	22,04	5
9,04	43100	21860	14	27	20,59	5
8,56	43200	21604	14,6	30,8	21,99	5
57,42	72100	18280	16,5	33,3	25,90	5
58,66	72100	18280	18,8	34,2	25,25	5
30,51	72100	18280	12,9	29,1	20,01	5

Tabela 1 - Dados experimentais para a digestão da vinhaça de cana-de-açúcar.

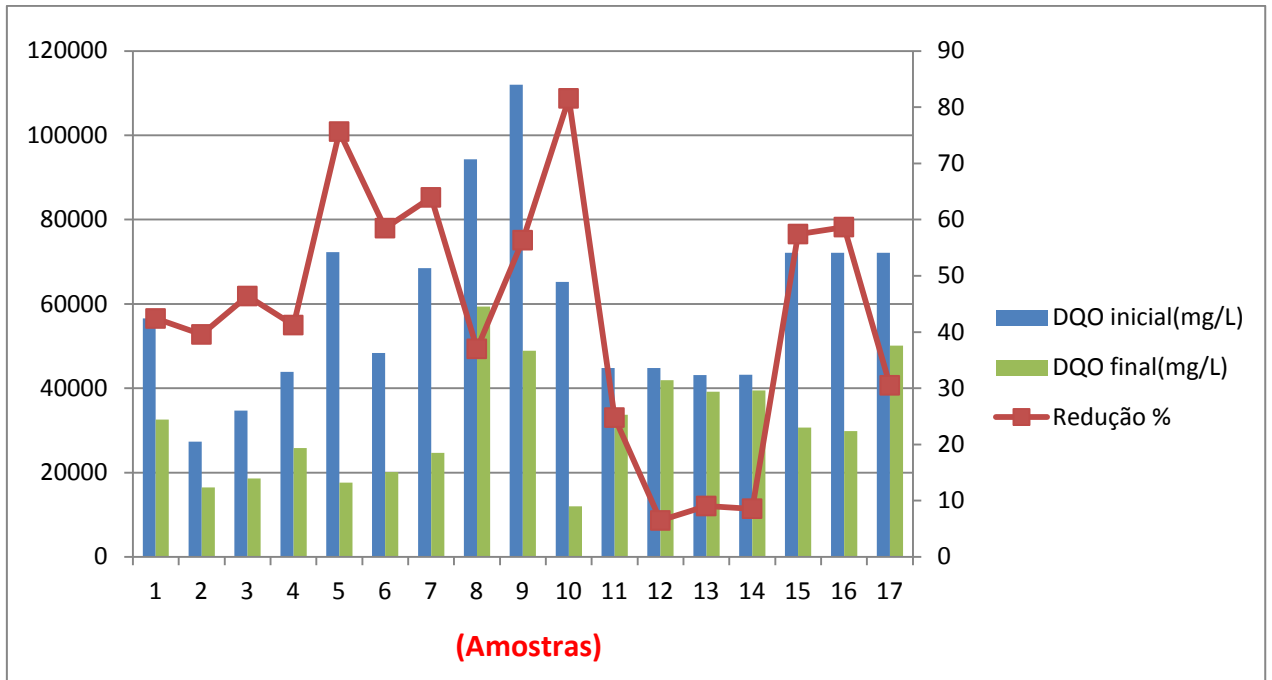


Gráfico 1: Relação da DQO inicial e final.

4. Conclusão

Conclui-se que este Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (UASB), possui uma grande eficiência em reduzir a DQO. Sendo necessário o cuidado com o pH, relação C:N:P e temperatura para que se tenha uma grande funcionalidade do UASB.

Ao final de cada ciclo, através da avaliação qualitativa, observou-se a geração de biogás. E para um próximo experimento seria importante a quantificação do biogás.

A estratégia operacional de sobrecarga orgânica em digestores anaeróbios pode ser considerada uma importante técnica para predominância de microrganismos com elevadas taxas de produção de metano, sendo assim relevante, quando se tratar de efluentes concentrados como vinhaça, onde, há valorização do material orgânico pela produção do biogás.

5. Referências

- ANÁLISE EDITORIAL. **Análise energia**. Disponível em:
<http://www.analise.com/editora/analiseenergia_apresentacao.php?setEdit=true>. Acesso em: 15 JUN. 2013.
- AQUINO, S.F.; CERNICHARO, C. A. L. **Acúmulo de ácidos graxos voláteis (AGVS) em reatores anaeróbios sob estresse: causas e estratégias de controle**. *Engenharia Sanitária. Ambiental*. Vol.10. n. 2. 152-161, 2005.
- APHA- AWWA- WEF, **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed. EUA: APHA-AWWA-WEF. 1995
- CORAZZA, R. I. **Impactos ambientais da vinhaça: controvérsias científicas e lock-in na fertirrigação**. SOBER - Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. XLIV CONGRESSO DA SOBER “Questões Agrárias, Educação no Campo e Desenvolvimento”. Fortaleza – CE. 16p. 2006
- CERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: SEBRAC, 1997.
- CRAVEIRO, A. M. **Produção de biogás a partir de vinhaça**. *Saccharum*. São Paulo. v.6, n.25, p.16-25, 1983.
- CORTEZ, L. A .B.; SILVA, A.; LUCAS JUNIOR, J. de; JORDAN, R. A.; CASTRO, L. R. de. Biodigestão de efluentes. In: CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. S. (Coord.). *Biomassa para energia*. Campinas: Editora da UNICAMP, 2007.
- GRANATO, E. F. **Geração de Energia Elétrica pela Biodigestão Anaeróbia da Vinhaça**. 2003. 139p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) UNESP. Bauru. 2003.
- LAMONICA, H. M. **Potencial de geração de excedentes de energia elétrica a partir da biodigestão da vinhaça**. Campinas: Editora Unicamp, 2006.
- LUDOVICE, M.T. **Estudo do efeito poluente da vinhaça infiltrada em canal condutor de terra sobre o lençol freático**. 1996 Dissertação (Mestrado em Eng^a Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.
- PINTO, C. P. **Tecnologia da Digestão Anaeróbia da Vinhaça e Desenvolvimento Sustentável**, Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Universidade Estadual de Campinas, 1999.
- SIQUEIRA, L. M. **Influência da taxa de carregamento orgânico na degradação anaeróbia da vinhaça em reator de leito fluidizado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade de São Paulo, São Carlos – SP. 130 p. 2008.
- SZYMANSKI, M. S. E., BALBINOT, R., SCHIRMER, W. N. **Biodigestão anaeróbia da vinhaça: aproveitamento energético do biogás e obtenção de créditos de carbono – estudo de caso**. *Ciências Agrárias*, v.31, p. 901-910, 2010.

SOUZA E SILVA, G.;MARRA, R.; GOES, T. **Setor sucroalcooleiro no Brasil Situação atual e perspectivas.** Revista política agrícola. Ano XVII – Nº 2 – Abr./Maio/Jun. 2008.

OLIVA, L. C. H. V. (1997). **Tratamento de esgotos sanitários com reator anaeróbio de manta de lodo (UASB). Protótipo: desempenho e respostas dinâmicas às sobrecargas hidráulicas.** Tese de Doutorado em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos, SP.

UNICA. União da Indústria de Cana-de-Açúcar. **Perspectivas para o setor sucroalcooleiro no Brasil.** Disponível em:<< <http://www.unica.com.br>>>Acesso em: 14 JUN. 2013.

VAN HAANDEL, A. C. **Aproveitamento dos subprodutos de destilarias de álcool para proteger o meio ambiente e aumentar a rentabilidade.** ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Artigo apresentado no XXVII congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000, Porto Alegre.

WEBER, M. I. **Avaliação da eficiência de um reator anaeróbio de leite fluidizado para tratamento de resíduos líquidos da indústria de refrigerantes.** Dissertação (Mestrado) em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, da Universidade Federal do Paraná.166 p. 2006.