

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
AUTOR: JOHNSON PONTES DE MOURA PPGEQ/UFRN

“Proposta de desenvolvimento de um sistema de tratamento anaeróbio de águas residuárias de usina de beneficiamento da casca de coco verde”

EMAIL: Johnsonmoura@gmail.com

1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA-INTRODUÇÃO:

O consumo crescente de água de coco verde, "in natura" ou industrializada, vem acompanhado de expressivo aumento de resíduos, constituídos basicamente pela casca fibrosa, que corresponde a 85% do fruto (Araújo *et al.*, 2004). Este material é disposto em lixões e aterros sanitários, o que representa sérios problemas ao ambiente e um adicional de custo, já que em muitos casos temos os chamados “grandes geradores” e, como tal, devem se responsabilizar pela coleta deste material residual. Uma forma de utilização do resíduo de coco verde consiste na formulação de substratos agrícolas para fins diversos.

A Embrapa Agroindústria Tropical está atualmente implementando uma unidade-piloto para a transformação da casca de coco verde em produtos de alto valor agregado (substrato agrícola, composto orgânico, vasos, artesanatos e artefatos diversos). O sistema envolverá a coleta seletiva da casca do coco verde gerada pelo consumo nas praias, passando pelo beneficiamento do material através de tecnologia desenvolvida pela EMBRAPA e a instalação de uma unidade de artesanato e uma horta comunitária.

O processo envolve uma seqüência de etapas que incluem trituração, prensagem e classificação, conforme a figura 1.

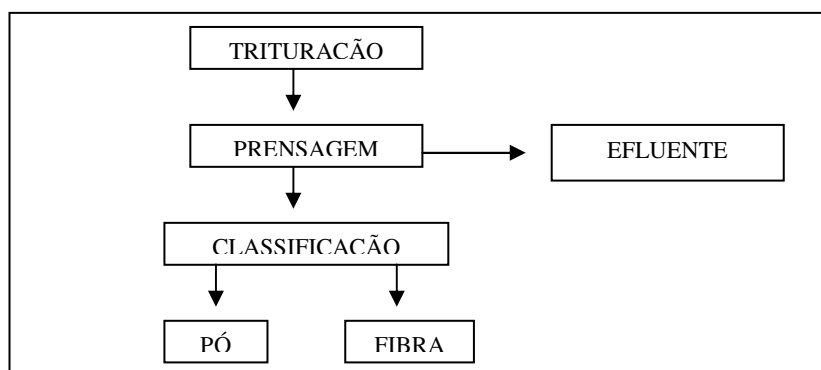


Fig.1: Sistema de processamento da casca de coco verde

Um dos entraves, contudo, é que o processamento gera um efluente com alto poder poluidor na etapa de prensagem, conforme apresentado na tabela 1.

Parâmetro	Unidade	MÉDIA Concentração	LIMITES RESOLUÇÃO CONAMA N° 20 Concentração
DBO ₅	mg/L	41176	5
DQO	mg/L	66195	-
Fenóis	mg/L	11,7	0,5
Alcalinidade	mg/L	1013	-
pH	-	5,4	5-9
Condutividade	mS/cm	8,75	-
Turbidez	UNT	131	100
Amônia	mg/L	746	5
Nitrito	mg/L	0,415	1
Nitrato	mg/L	66	10
Ortofosfato	mg/L	38,46	0,025
Fósforo total	mg/L	130	-
Sulfato	mg/L	6,3	250
Sólidos totais fixos	mg/L	5428	-
Sólidos totais voláteis	mg/L	47610	-
Sólidos suspensos fixos	mg/L	33	-
Sólidos suspensos voláteis	mg/L	393	-
Sólidos dissolvidos fixos	mg/L	5395	-
Sólidos dissolvidos voláteis	mg/L	47217	-

TABELA 1 – Análise Típica do Líquido da Casca de Coco Verde – LCCV.

A vazão dos efluentes do processo de prensagem da unidade-piloto será em média 15 m³/dia, podendo chegar a 20 m³/dia em períodos de produção intensa. Uma alternativa para diminuição da carga orgânica deste resíduo líquido é a utilização de reatores anaeróbios de leito de lodo e fluxo ascendente (Upflow Anaerobic Sludge Blanket - UASB), que podem tratar efluentes com carga orgânica elevada (van Lier *et al.* 2001) e têm a vantagem de produzir gás metano, que pode ser utilizado na própria unidade piloto como fonte de energia.

O efluente ao penetrar no interior do UASB, entra pela câmara de digestão inferior, atravessando-a no sentido ascendente. Neste trajeto, parte da matéria orgânica permanece na zona de lodo, iniciando o processo de digestão anaeróbia. Em seguida o efluente segue para o separador de fases que define-se como uma zona de decantação e uma câmara de coleta de gases separando as fases. Na zona de sedimentação o efluente penetra pela abertura da parte inferior, alcançando os vertedores de superfície com uma velocidade ascensional adequada para a sedimentação de sólidos os quais retornam pelas aberturas das paredes para a zona de transição e de digestão. O gás produzido na fase de digestão é retido em zonas superiores de acumulação, onde é coletado e eventualmente aproveitado.

A operação dos reatores UASB se baseia na atividade autoregulada de diferentes grupos de bactérias que degradam a matéria orgânica e se desenvolvem de forma interativa, formando um lodo biologicamente ativo no reator. Estes grupos bacterianos estabelecem entre si relações simbióticas de alta eficiência metabólica sob a forma de flocos ou grânulos cuja densidade lhes permite sedimentar no digestor. A biomassa permanece no reator sem a

necessidade de suporte adicional. A baixa produção de lodo biológico é uma vantagem ao mesmo tempo em que requer certo cuidado, pois caso a atividade do lodo seja baixa, a operação torna-se comprometida. Assim mesmo, a descarga do lodo de um reator UASB deve ser feita periodicamente (Guerra *et al* 2000). A temperatura do efluente tem influência direta sobre a Atividade Metanogênica Específica (AME) parâmetro chave para o controle total da eficiência do tratamento. Outro parâmetro importante para a operação e controle de um reator UASB é tempo de retenção hidráulica (TRH), medida do tempo de permanência do efluente no reator.

A carga orgânica gerada pela unidade-piloto corresponderá a cerca de 1000 kgDQO/dia, o que deve gerar 48 m³/dia de biogás (75% de metano), suficiente para um grupo gerador de 7,5 KVA.

Esta alternativa deve ser avaliada adequadamente pois este efluente é rico em tanino, contém concentrações elevadas de nitrato e nitrito, além de possuir elevada condutividade elétrica. O fator limitante na degradação anaeróbia de tal efluente parece ser a elevada concentração de taninos condensáveis (13 g/L conforme Araújo *et al* 2004), composto reconhecido como tóxico para grande parte dos microrganismos e possivelmente inibidor do crescimento bacteriano (Bhat-Tej *et al.*, 1998; e Vijayaraghavan e Murthy, 1997). No entanto, alguns autores como Lopez-Fiuza *et al.* (2003) reportaram que o tanino não causou inibição no processo anaeróbio. Outros como Soto *et al.* (1991) conseguiram tratar com sucesso efluentes contendo tanino, resultando na diminuição da toxicidade. Isto justifica a necessidade de uma pesquisa sobre a tratabilidade de tal efluente, visando não somente a redução dos impactos causados ao meio ambiente devido a sua disposição, mas também a possibilidade de se usar tal resíduo como fonte de energia alternativa.

2 OBJETIVOS

Desenvolver um sistema de tratamento anaeróbio de águas residuárias da usina de beneficiamento da casca de coco verde, que seja viável tecnicamente, objetivando reduzir a carga poluidora, alcançando a remoção ótima e contribuindo para a etapa seguinte de pós-tratamento deste, com vistas ao cumprimento das legislações ambientais vigentes.

Viabilizar o pleno funcionamento da usina de beneficiamento da casca de coco verde contribuindo para a sua sustentabilidade.

3. METODOLOGIA E ESTRATÉGIA DE AÇÃO

A pesquisa será realizada em duas etapas. A primeira destina-se a obter dados sobre a biodegradabilidade do LCCV(Líquido da Casca de Coco Verde), bem como seus efeitos tóxicos e inibidores na atividade metanogênica. A segunda etapa destina-se à implementação e operação de um reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB) em escala de laboratório.

Estudo da Biodegradabilidade do Efluente

Os testes de biodegradabilidade anaeróbia do LCCV seguirão os procedimentos descritos nos protocolos do laboratório da Universidade de Wageningen (Leitão, 2004). Em resumo, os testes serão realizados em garrafas de 600 mL lacradas com tampas de borracha (apropriadas para amostragem com seringa e agulha). Lodo anaeróbio em quantidade equivalente a 2 g/L de sólidos totais, será usado como inóculo. Adicionar-se-á o LCCV em quantidade equivalente a 1 gDQO/L. Completar-se-á a garrafa até volume de 400mL com uma solução de nutrientes, elementos traço e solução tampão Chaggu (2004). As garrafas serão mantidas em agitação constante (para evitar problemas com difusão) e à temperatura de aproximadamente 30°C. Sólidos voláteis totais do lodo serão determinados antes do teste para cálculo da fração deste lodo que será convertido a metano. Uma garrafa apenas com lodo será utilizada para avaliação da produção de metano devido ao lodo. O metano será monitorado diariamente durante todo o período do teste para cálculo da biodegradabilidade (Equação 1). A quantificação de metano será feita através de uma garrafa de Marriotte. O monitoramento do metano será encerrado, quando a quantidade de metano produzida nas

garrafas contendo o efluente for igual à quantidade produzida nas garrafas contendo apenas lodo (caracterizando a fase endógena). Todos os testes serão feitos em triplicata.

$$Bio = \left(\frac{DQOE_{CH_4}^{30} - DQOL_{CH_4}^{30}}{DQOE^0} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

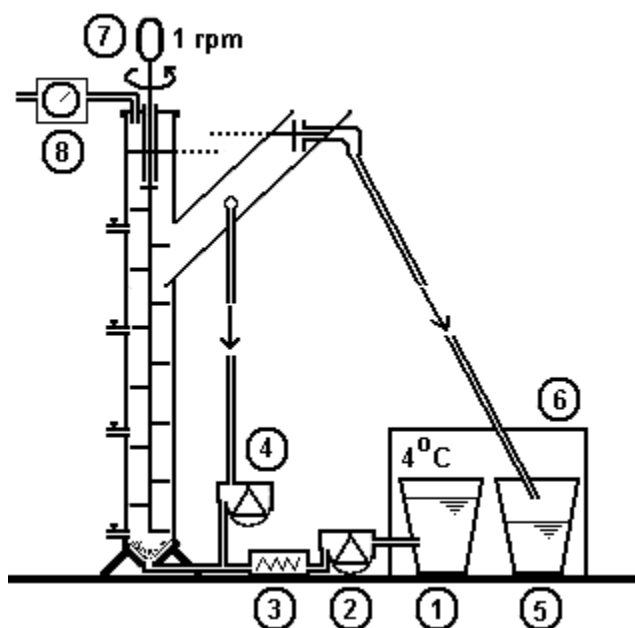
onde: **Bio** é a biodegradabilidade do efluente (%); $DQOE_{CH_4}^{30}$ é a quantidade total de metano produzida nas garrafas com efluente até o final do teste, em termos de DQO; $DQOL_{CH_4}^{30}$ é a quantidade de metano produzida nas garrafas contendo apenas lodo até o final do teste, em termos de DQO; $DQOE^0$ é a massa orgânica do efluente inicialmente introduzida nas garrafas em termos de DQO.

Um teste semelhante será realizado comparando-se a taxa de produção máxima de metano devido ao LCCV (com várias concentrações) com a máxima atividade metanogênica específica do lodo (Leitão, 2004). Isto dará uma idéia da toxicidade do efluente.

Implementação e Operação de Reatores Anaeróbios

Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo

Os experimentos em escala de laboratório, serão realizados em um reator UASB. Ele terá um separador de fases em forma de “Y”, como descrito em Leitão (2004). O reator será equipado com agitador de baixíssima rotação (1 rpm) para evitar formação de canais no leito de lodo. O sistema será composto também por medidor de gás, bombas de alimentação e recirculação, além de um sistema de controle de temperatura para adequação do afluente e do efluente.



LEGENDA:

- (1) Reservatório com afluente
- (2) Bomba peristáltica p/ afluente
- (3) Aquecedor p/ aprox. 30°C
- (4) Bomba peristáltica para recirculação
- (5) Reservatório para efluente
- (6) Refrigerador 4°C
- (7) Agitador lento (1 rpm)
- (8) Medidor de gas

Fig.2: Esquema do reator UASB em escala de laboratório.

Biomassa

O reator será inoculado com lodo obtido de um outro reator UASB que opera na indústria tratando efluentes com a mesma carga orgânica.

Operação do Reator UASB

Adaptação do lodo granular

O teste de biodegradabilidade e de toxicidade do LCCV darão uma boa indicação sobre a carga orgânica máxima que o reator poderá suportar. Porém, será necessário primeiramente uma adaptação da biomassa para obtenção da melhor performance e melhor estabilidade operacional do reator.

Primeiramente o reator em escala de laboratório será operado com um efluente apresentando basicamente os mesmos parâmetros operacionais do reator de origem (carga orgânica, velocidade ascensional, tempo de detenção, etc.). Quando o reator apresentar sinais de estabilidade (boa remoção de DQO, baixa concentração de Ácidos Graxos Voláteis (AGV) no efluente, estabilidade do pH, etc.), será iniciada a mudança gradativa do afluente pelo LCCV, até a completa substituição do efluente original. A cada mudança na concentração de LCCV, serão monitoradas as flutuações no efluente do reator de laboratório, quantidade e qualidade do gás, alcalinidade e pH, de forma a implementar medidas para evitar a acidificação no reator.

Operação em estado estacionário

Após a substituição completa do efluente original pelo LCCV, e a partir da estabilização dos valores de eficiência, AGV, pH, alcalinidade, vazão e composição de gás, etc., o reator será ainda operado por no mínimo 3 vezes a idade do lodo, que será avaliada segundo método descrito em Cavalcanti (2003) e Leitão (2004).

Os reatores serão otimizados, visando redução da taxa de recirculação, aplicação de produtos químicos (nutrientes, solução tampão, etc.), aumento da carga orgânica aplicada, aumento da produção de metano.

Monitoramento

O afluente e o efluente serão armazenados em um reservatório refrigerado (4°C). O reservatório para o efluente deverá ter capacidade para armazenar um volume equivalente a 24 horas de operação, formando uma amostra composta. Serão monitorados os seguintes

parâmetros: DQO afluente e efluente (total e decantado), pH e alcalinidade serão medidos diariamente durante a partida, e 2 vezes por semana durante o estado estacionário; vazão de gás medida diariamente; vazão afluente medida diariamente; composição do gás será medida 2 vezes por semana durante a partida, e semanalmente durante o estado estacionário; a evolução do lodo (perfil de concentração e atividade metanogênica) serão testados quinzenalmente; a concentração de tanino será analisada semanalmente durante o estado estacionário. Todas as análises físico-químicas serão realizadas segundo métodos descritos em APHA (1995).

4. RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS

A viabilidade do tratamento do efluente no beneficiamento da casca de coco verde permitirá estruturar um sistema auto-sustentável gerador de energia elétrica a partir de biomassa, plenamente operativo, atendendo à comunidade.

Espera-se que a possível toxicidade não afete a atividade metanogênica, ou seja, que ocorra a adaptação completa da biomassa sem danos à atividade biológica.

A eficiência de remoção ótima no reator anaeróbio permitirá um pós-tratamento mais efetivo, contribuirá para a maior produção de metano e validará o sistema de tratamento.

As duas unidades (beneficiamento de casca de coco verde e geração de energia) em ações complementares contribuem para a conservação da biodiversidade, colocando produtos ambientalmente seguros no mercado de artigos agrícolas, reduzindo a demanda de produtos feitos a partir da samambaiçu, uma espécie ameaçada de extinção. O uso da casca de coco-anão verde em substituição à samambaiçu (*Dicksonia selowiana*) na produção de vasos e substrato na usina de fibra de coco da EMBRAPA, fomentará a preservação desta espécie.

A capacidade produtiva total da unidade de reciclagem de casca de coco-anão verde é de 10.500 vasos/mês. Isto corresponde à preservação de 12.600 pés de samambaiçu por ano.

Deve-se considerar também que o Nordeste brasileiro é uma região de grande beleza natural, embora apresente os mais baixos indicadores de desenvolvimento humano do país e precise de ações que promovam o desenvolvimento social e econômico de comunidades carentes. A unidade de artesanato fabricará capachos e produtos afins usando a fibra, desta forma empregando mulheres da comunidade local. Será implementada uma horta comunitária, usando parte do substrato agrícola e composto orgânico produzidos na unidade de reciclagem. As verduras produzidas na horta deverão melhorar a oferta de alimentos

saudáveis na comunidade. Oportunidades de emprego serão geradas para que comunidades possam melhorar sua situação de renda.

O projeto ajudará a preservar a biodiversidade, a incrementar a capacidade dos aterros sanitários da região, a melhorar a condição da saúde pública, a instrumentar a comunidade local e, como resultado, a aumentar a qualidade de vida das comunidades carentes.

O problema das doenças tropicais afetando as comunidades costeiras será significantivamente reduzido, embora será difícil de mensurar. O projeto vai gerar empregos diretos, parte deles nas unidades parceiras (produção de côco e geração de energia) e parte na comunidade local carente (coleta de matéria-prima e outras atividades externas de apoio). Este projeto pode ser implementado em outras regiões litorâneas brasileiras, considerando que o Brasil é líder mundial na produção de coco-anão verde e, portanto, o maior gerador de resíduos desse tipo. A área de produção de coco-anão verde no Brasil é 57.000 ha, correspondendo a uma produção de 5,7 milhões de toneladas de resíduo por ano.

As exportações brasileiras de coco-anão para países da Europa também aumentaram bastante, levantando a questão da geração de resíduos nestas localidades e a necessidade da adoção de um sistema de reaproveitamento baseado em uma tecnologia social e ambientalmente saudável, como a que o projeto propõe.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Bhat-Tej, K.; Singh-Bhupinder; e Sharma-Om, P., 1998. Microbial degradation of tannins - A current perspective. *Biodegradation*, 9(5) 343-357.
2. Araújo, A. M.; Rosa, M. F.; Crisóstomo, L. A.; Figueiredo, M. C. B.; e Cunha, E. A., 2004. Avaliação do potencial de aproveitamento do líquido da casca de coco verde. Anais do XIX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Recife – PE.
3. Guerra, R.G.; González, S.M.; Trupiano, A.P.; Figueroa , M.E. ; Seghezzo, L.; Cuevas, C.M.,2000. Perfiles de actividad metanogénica específica en un reactor *uasb* (reactor anaeróbico de flujo ascendente y manto de lodos) utilizado para el tratamiento de líquidos cloacales pre-sedimentados. Universidad Nacional de Salta, Consejo de Investigación-INENCO.
4. Leitão, R. C., 2004. Robustness of UASB Reactors Treating Sewage Under Tropical Conditions. Ph.D. Thesis. Wageningen, Wageningen University. 168.
5. APHA, 1995. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Washington D.C.
6. Araújo, A. M; Brígida, A.I.S.; Rosa, M. F.; Crisóstomo, L.A.; Figueiredo, M. C. B.; Pinto, G.A.S.,2004. Potencial de aproveitamento do líquido da casca de coco verde. 50ª Reunión Anual de la Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical, Costa Rica.