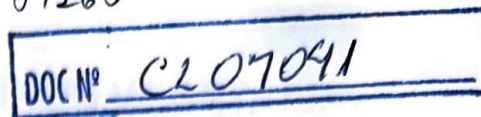


PROGRAMA CYTED – CIENCIA E TECNOLOGÍA PARA EL DESAROLLO
ÁREA TEMÁTICA 3 - PROMOCIÓN DEL DESARROLLO INDUSTRIAL
PROYECTO: APLICACIONES INDUSTRIALES DE LOS TANINOS VEGETALES
(<http://www.pucrs.br/feng/quimica/lope/taninos>)

SP 04160



Primera edición: octubre de 2007.

Realización: PROYECTO: APLICACIONES INDUSTRIALES DE LOS TANINOS VEGETALES – PROGRAMA CYTED

Editor: EDIPUCRS

Diseño y armada electrónica: PUCRS Virtual

Porto Alegre, RS, Brasil.

Reservados todos los derechos.

Este libro no podrá ser reproducido en forma alguna,

total o parcialmente, sin la autorización escrita del Programa CYTED.

**Datos Internacionales de
Catalogación en Publicación (CIP)**

**A642 Aplicaciones industriales de los Taninos vegetales :
productos y procesos [recurso eletrônico] /
Eduardo Cassel, Rubem Mário Figueiró Vargas
(Orgs.) – Porto Alegre : EDIPUCRS, 2007.
1 CD-ROM**

ISBN 978-85-7430-674-2

Edição bilingüe: português e espanhol

1. Tanino - Produção, 2. Tanino - Extração. 3.

Engenharia Química. I. Cassel, Eduardo. II. Vargas,

Rubem Mário Figueiró.

CDD 633.87

**Bibliotecaria Responsable
Ginamara Lima Jacques Pinto
CRB 10/1204**

Eduardo Cassel
Rubem Mário Figueiró Vargas
(Orgs.)

Eduardo Cassel

Rubem Mário Figueiró Vargas

(Orgs.)



EDIPUCRS

Porto Alegre - 2007

Capítulo 6 - Potencialidades de aplicação do líquido da casca de coco verde

Morsyleide F. Rosa¹, Edy Brito², Gustavo S. Pinto³, Lindbergue A. Crisóstomo⁴,
Renato C. Leitão⁵, Selene M. Morais⁶, Selma E. Mazzetto⁷

EMBRAPA Agroindústria Tropical, R. Dra. Sara Mesquita, 2270, 60511-110
Ceará, Brasil

¹e-mail: morsy@cnpat.embrapa.br, ²e-mail: edy@cnpat.embrapa.br, ³e-mail:
gustavo@cnpat.embrapa.br, ⁴e-mail: lindberg@cnpat.embrapa.br, ⁵e-mail:
renato@cnpat.embrapa.br

⁶UECE, Av. Paranjana 1700, 60740-000 Ceará, Brasil

e-mail: selene@uece.br

⁷UFC, Campus do Pici Ceará, Brasil

e-mail: selma@ufc.br

Resumo

Durante o processamento da casca de coco verde (*Cocos nucifera*) é gerada uma grande quantidade de efluente, denominado líquido da casca de coco verde (LCCV), ainda sem uso ou destino adequados. Este líquido apresenta em sua composição um conteúdo de polifenólicos, açúcares e potássio que vem estimulando pesquisas com o intuito de avaliar seu uso em aplicações de alto valor agregado. O presente capítulo apresenta uma discussão sobre os estudos atualmente em andamento que versam sobre o potencial do LCCV como fonte de taninos para formulação de resinas fenólicas e para fins fitoterápicos; como fonte de açúcar em processos fermentativos; como fonte de potássio na fertilização de cultivos agrícolas e como fonte de energia, já que possui concentração elevada de matéria orgânica que pode ser digerida anaerobiamente visando à produção de biogás. Os resultados obtidos até o momento indicam que o LCCV apresenta atividade farmacológica, como anti-helmíntico; teor de taninos condensados, da ordem de 8 g/L, capaz de viabilizar a elaboração de resinas ou adesivos; teor de açúcares em torno de 50 g/L que o torna factível de ser usado como meio de fermentação; conteúdo de potássio que possibilita seu uso na fertirrigação de culturas, sobretudo aquelas tolerantes a alta salinidade, em razão da sua alta condutividade elétrica; e matéria orgânica facilmente biodegradável, suficiente para produzir 18m³ de biogás, ou 125 KWh, por metro cúbico de LCCV. Palavras chave: tanino, resina, fitoterápico, potássio, fermentação

1 Introdução

O Brasil conta com uma área plantada de 90 mil ha de coqueiro anão verde para o consumo da água de coco (Informação do Sindicato Nacional de Produtores de Coco).

Este consumo gera uma elevada quantidade de cascas (dois bilhões de quilos/ano), que compreendem 85% do peso total do fruto. As cascas de coco verde são correntemente designadas aos aterros e vazadouros sendo, como toda matéria orgânica, potenciais emissoras de gases estufa (metano), e, ainda, contribuindo para que a vida útil desses depósitos seja diminuída, proliferando focos de vetores transmissores de doenças, mau cheiro, possíveis contaminação do solo e corpos d'água, além da inevitável destruição da paisagem urbana.

Pesquisas realizadas pela EMBRAPA apontam uma série de alternativas viáveis para o beneficiamento da casca de coco verde, incluindo produção de substrato agrícola, mantas geotêxteis, artefatos automotivos, vasos, artesanatos, dentre outros.

Ocorre que durante o processo de beneficiamento da casca de coco verde, uma grande quantidade de efluente líquido, denominado "Líquido da Casca de Coco Verde", LCCV, é gerada na etapa de prensagem. A utilização do pleno potencial da casca de coco verde implica no uso de seus constituintes secundários o que envolverá, de certa forma, o aproveitamento do LCCV.

Este líquido tem uma composição química complexa e guarda uma variedade de produtos químicos, potencialmente exploráveis. Alguns estudos estão em andamento com intuito de avaliar sua viabilidade de uso.

2 Potencialidades de aplicação do LCCV

2.1 LCCV como fonte de taninos para formulação de resinas fenólicas

Em geral, resinas, ou adesivos, são materiais obtidos a partir de compostos fenólicos. As resinas têm larga aplicação na impregnação de materiais diversos (papéis, tecidos, madeira etc), na fabricação de adesivos e vernizes, e também podem ser usadas na elaboração de compósitos.

A substituição do fenol (matéria-prima fóssil) por algum composto químico oriundo de recursos renováveis para produção de adesivos, como, por exemplo, o tanino, é uma alternativa econômica e ambientalmente interessante. Além de reagirem facilmente com o formaldeído, os taninos presentes na casca de coco verde podem incorporar valor à cadeia produtiva e minimizar o problema de descarte das cascas geradas pelo consumo da água de coco.

O termo taninos é utilizado para definir duas classes distintas de compostos químicos de natureza fenólica: os taninos hidrolisáveis e os taninos condensados. Os taninos condensados são adequados para produção de adesivos fenólicos, em razão da sua natureza química e alta reatividade com formaldeído, permitindo a produção de um polímero de estrutura tridimensional, reticulada e com alto peso molecular (Pizzi, 1994, Gonçalves e Lelis, 2001).

Os taninos condensados, e os flavonóides que lhe dão origem, são conhecidos por sua larga distribuição, estando presentes na casca de todas as folhosas e coníferas examinadas até hoje (Hergert, 1989). Estão presentes, ainda, freqüentemente, no cerne

de várias essências florestais (Haslam, 1967; Porter, 1998). As espécies florestais mais utilizadas para produção comercial de taninos são as cascas de acácia-negra. No Brasil, o adesivo de taninos de acácia-negra é produzido em escala comercial, substituindo parcial ou totalmente o fenol nos adesivos fenol-formaldeído (Pizzi, 1983; Keinert e Wolf, 1984; Pizzi, 1994).

O LCCV apresenta em sua composição, dentre outras substâncias, um conteúdo de polifenólicos. Estudos preliminares detectaram que a quantidade de taninos condensados é da ordem de 8 g/L, podendo atingir até 13 g/L, valor superior às espécies açoita cavalo e pau pereira (Trugillho et al., 1997), o que indica sua potencialidade como fonte natural de taninos na preparação de resinas fenólicas.

Resina fenólica do tipo líquida, utilizando LCCV como fonte alternativa de tanino, foi elaborada a partir de reação do LCCV bruto com formaldeído e hidróxido de amônio. Os resultados evidenciaram entretanto, que outras substâncias presentes no LCCV, incluindo açúcares, podem ter interferido na reação, prejudicando a qualidade final da resina. A literatura relata que a qualidade de adesivos pode ser prejudicada fortemente por gomas e açúcares que geralmente são extraídos juntamente com os taninos (Pizzi; Mittal, 1994 apud Carneiro et al., 2001).

Abordagens referentes à caracterização química do LCCV em conjunto com estudos objetivando a separação de açúcares do LCCV podem levar a conclusões que permitam recomendar o emprego desse líquido como fonte de matéria-prima tanante para a produção de adesivos.

2.2 LCCV como anti-helmíntico na ovinocaprinocultura

A ovinocaprinocultura é uma atividade largamente explorada nos países tropicais, visando à produção sustentada de carne, leite e peles. O interesse pela exploração de caprinos e ovinos vem aumentando nos países desenvolvidos, onde o uso de tecnologias, com o objetivo de aumentar a produção, já é significativo. Entretanto, as endoparasitoses gastrointestinais se constituem no principal fator limitante para a produção de caprinos e ovinos em todo o mundo, especialmente nas regiões tropicais, onde os prejuízos econômicos são mais acentuados (Vieira, 2003).

Para prevenir ou minimizar as perdas na produção, ocasionadas pela verminose gastrointestinal, utilizam-se os tratamentos anti-helmínticos. Entretanto, o uso dos anti-helmínticos sintéticos apresenta problemas como a resistência e a poluição da pastagem (Walsh et al., 2007).

O uso de produtos naturais para fins terapêuticos é uma prática milenar. A atividade antiviral, antimutagênica, antibacteriana, anti-carcinogênica e anti-inflamatória dos compostos polifenólicos, em especial catequinas, tem sido relatada na literatura especializada (Mendonça Filho et al., 2003, Esquenazi et al., 2003). Neste sentido, os produtos naturais constituem fontes de produtos potencialmente ativos para serem utilizados em substituição ou em conjunto com os anti-helmínticos usuais, já que as plantas produzem, por meio do metabolismo secundário, agentes de defesa contra o ataque de patógenos oriundos do meio ambiente. Neste contexto, o LCCV apresenta-se como um produto promissor devido às suas diversas propriedades biológicas

(Mendonça Filho et al., 2003) e a sua facilidade de obtenção e baixo custo na região Nordeste.

O LCCV foi submetido à extração com o solvente butanol em funil de separação. A solução do butanol foi evaporada em evaporador rotativo e o extrato obtido como também o LCCV liofilizado foram submetidos a testes contra os ovos de *Haemonchus contortus*, principal nematóide de ovinos e caprinos no Nordeste. Nos testes, o LCCV apresentou eficácia média significativa a partir da concentração de $1,5 \text{ mg mL}^{-1}$ (86,22%) enquanto o extrato butanólico apresentou 81,43 % de eficácia na concentração de 5 mg mL^{-1} . Pelos resultados, observa-se que o LCCV apresentou maior atividade ovicida em concentração inferior a do extrato butanólico, não apresentando diferença estatística com a maior concentração (3 mg mL^{-1}) e nem com o anti-helmíntico tiabendazol ($P < 0,05$). Avaliou-se o teor de taninos pelo método de Folin-Denis - no extrato butanólico o teor é de 8,16% e no LCCV é de 14%. Esta maior quantidade de taninos no LCCV deve ser a causa da sua maior atividade já que a propriedade anti-helmíntica já tem sido relatada na literatura para taninos.

A presença de metabólitos bioativos na casca de coco foi destacada por Cho et al, 1998, que relataram a associação do ácido hidroxibenzoico à atividade antimicrobiana. Segundo Dey et al. (2003), 18,5% a 19% do conteúdo total de fenólicos da casca de coco referem-se a essa substância. Ainda, Kirszberg et al. (2003) evidenciaram a atividade antioxidante das catequinas, que são derivadas do ácido hidroxibenzoico.

Foi verificada a toxicidade subcrônica (30 dias) e crônica (60 dias) do LCCV em ratos. Observou-se que não existiu diferença estatística entre os grupos tratados e controles durante os 30 primeiros dias de tratamento ao avaliar os parâmetros hematológicos, bioquímico e ganho de peso dos animais. Porém os animais que receberam o LCCV no 60º dia de tratamento apresentaram aumento dos triglicerídeos e redução no ganho de peso ($P < 0,05$). Portanto o LCCV revelou baixa toxicidade nos animais de laboratório.

Em conclusão o LCCV constitui um produto potencialmente útil para ser utilizado na ovinocaprinocultura no tratamento ou prevenção das helmintoses.

2.3 LCCV como fonte de potássio, na fertilização de cultivos agrícolas

Outra alternativa analisada para avaliar a potencialidade de uso deste extrato líquido é o seu aproveitamento na irrigação, principalmente considerando seu conteúdo de potássio. Uma caracterização típica do líquido é apresentada na Tabela 1.

O conteúdo de potássio solúvel (K) no LCCV é de $1,864 \text{ g.L}^{-1}$, equivalente, em K_2O , a $2,24 \text{ g.L}^{-1}$ de K. Considerando o cloreto de potássio como o fertilizante comercial de menor custo por kg de K_2O (58% K_2O), cada litro do LCCV substituiria 3,85 g do fertilizante comercial. Considerando um coqueiral em produção, com 205 plantas ha^{-1} , cultivado em solo com conteúdo de potássio trocável superior a $3,0 \text{ mmolc.dm}^{-3}$, a recomendação seria de $180 \text{ kg.ha}^{-1}\text{de } \text{K}_2\text{O.ano}^{-1}$ (equivalente a aproximadamente 310 kg de cloreto de potássio). Seriam necessários 80×10^3 litros de LCCV $\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, equivalente a $391 \text{ L.planta}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

Tabela 1 Caracterização do líquido da casca de coco verde

Variável	Resultado	Unidade
Condutividade Elétrica	7,88	dS/m
Cálcio (Ca)	5,22	mmol/L
Magnésio (Mg)	6,15	mmol/L
Potássio (K)	47,69	mmol/L
Sódio (Na)	15,65	mmol/L
Cloreto em água	83,00	mmol/L
Carbonato em água	<0,01	mmol/L
Sulfato em água	0,08	mmol/L
Bicarbonato (HCO_3)	0,80	mmol/L
pH	5,02	mmol/L
Soma ânions	83,88	mmol/L
Soma Cátions	74,72	mmol/L
Fósforo (P)	3,08	mmol/L
Nitrogênio Amoniacal	11,2	mg/L
Nitrato	0,1	mg/L
Razão de adsorção de sódio (RAS)	6,56	

Laboratório de Solos e Água – Embrapa Agroindústria Tropical

Considerando, ainda, a grande mobilidade do íon potássio no solo, principalmente nos arenosos, a aplicação deveria ser dividida em no mínimo seis parcelas o que equivaleria a 65 litros por planta por aplicação. Por outro lado, considerando que o solo apresenta teor de K trocável inferior a $1,6 \text{ mmolc.dm}^{-3}$, a quantidade de LCCV por aplicação seria de 145 litros por planta por aplicação.

A alta condutividade elétrica indica restrições de uso para algumas culturas menos tolerantes à salinidade. Entretanto, essa questão é minimizada em solos com grande permeabilidade. O pH ligeiramente ácido não se apresenta como impedimento à utilização já que pequenas quantidades de substâncias alcalinas seriam necessárias para sua regulação ou, em caso de solos alcalinos, a neutralização ocorreria normalmente.

2.4 LCCV como fonte de açúcar em processos fermentativos

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é o parâmetro mais usual de medição da poluição orgânica aplicado a águas residuárias. É a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbica a uma forma inorgânica estável (Silva et al., 2003). De acordo com a Tabela 2, observa-se que a DBO no LCCV é da ordem de 70g.L^{-1} , devido ao fato de ela ser rica em componentes orgânicos, como açúcares ($42,67\text{g.L}^{-1}$), compostos fenólicos ($8,08\text{g.L}^{-1}$) e proteínas ($2,97\text{g.L}^{-1}$). A DBO presente no LCCV, assim como no efluente da silagem (Loures et al., 2003), é tida como alta, chegando a superar os valores encontrados no esgoto doméstico. Assim sendo, é considerado um sério poluente caso venha a ser lançado em cursos d'água.

Tabela 2 Caracterização do LCCV quanto a sua carga orgânica

Variável	Resultado	Unidade
DQO ⁽¹⁾	81,48	g/L
DBO ₅ ⁽²⁾	70,72	g/L
Açúcares Totais	42,67	g/L
Açúcares Redutores	37,22	g/L
Fenólicos Totais	8,08	g/L
Proteína Total ⁽³⁾	2,97	g/L

⁽¹⁾ DQO – Demanda química de oxigênio; ⁽²⁾ DBO₅ – Demanda bioquímica de oxigênio; ⁽³⁾ Proteínas - determinada através da concentração de nitrogênio orgânico utilizando-se o fator de conversão 6,25 (AOAC, 1990)

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é outro parâmetro também utilizado para medir o conteúdo de matéria orgânica de águas residuárias e define-se como sendo a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um

agente químico. A DQO é mais alta do que a DBO, em virtude da maior facilidade com que grande número de compostos podem ser oxidados por via química (Silva et al., 2003). A DQO do LCCV foi estimada em $81,48\text{g.L}^{-1}$.

A relação entre os parâmetros de DBO e DQO é uma importante ferramenta na escolha de processos e operações mais adequados para tratamento de águas residuárias, e indica quão facilmente o efluente é biodegradável. Segundo Ben e Mc Auliffe (1975), a razão DBO/DQO igual 0,87 (LCCV) indica que o líquido é facilmente tratado por processo biológico.

Os açúcares presentes no LCCV, em torno de 45 g.L^{-1} , são um dos fatores que valida a aplicação do líquido em processos fermentativos, aumentando o rendimento do processo, sem custo adicional.

O LCCV quando colocado em recipientes fechados sempre produz grandes liberações de gás e odor característico de etanol. Baseado neste fato e em sua composição rica em açúcares fermentescíveis, avaliou-se durante 10 dias de incubação a potencialidade de sua fermentação alcoólica natural.

A concentração de etanol produzido, estimada através da liberação de CO_2 do meio, mostrou que o processo fermentativo se encerra, praticamente, após 4 dias, com a produção de aproximadamente 20g.L^{-1} de álcool, com um consumo de aproximadamente 80% dos açúcares totais iniciais (Figura 1) e uma eficiência de conversão de 77%.

Apesar das propriedades antimicrobianas dos compostos fenólicos e taninos, muitos fungos, bactérias e leveduras são bastante resistentes e conseguem crescer e se desenvolver (Bhat et al, 1998). A presença de $8,08\text{g/L}$ de compostos fenólicos no LCCV não foi um obstáculo ao processo fermentativo. Este fato não apenas confirma a potencialidade de utilização do LCCV para a produção de bioetanol, como também sinaliza que microrganismos nele contidos apresentam grande potencial para a indústria fermentativa. O acompanhamento da microbiota do LCCV durante sua fermentação natural permitiu isolar diferentes leveduras.

O isolamento e a identificação de espécies presentes no LCCV, trabalho que já está sendo desenvolvido, é de grande valia, pois podem ser identificados tipos ou grupos de leveduras diretamente responsáveis pela fermentação alcoólica, reduzindo custos e aumentando a eficiência do processo.

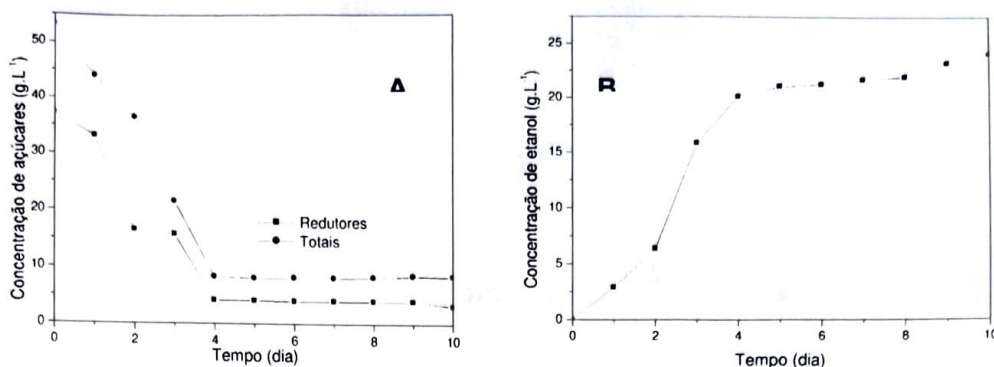


Figura 1 Consumo de açúcares (A) e produção de etanol (B) durante dez dias de fermentação natural do LCCV

Embora os resultados sejam limitados quanto às espécies de microrganismos presentes no LCCV, foi possível observar uma variação do número de colônias e tipos de bolores e leveduras presentes no líquido durante os dez dias de fermentação. No início do processo, o grande número de bolores predomina sobre as leveduras; após 24 horas as leveduras passam a ser predominantes, e após 48 horas apenas elas são observadas (Figura 2). A partir do “Dia 2” há uma sucessão de populações, os bolores morrem e as leveduras permanecem.

Segundo Moraes (2001), cada microrganismo responde diferenciadamente ao ambiente, provendo a cada um seletiva e competitiva vantagem em seu nicho ecológico. A resposta do microrganismo ao ambiente é por vezes interativa: enquanto cresce e se reproduz, ou quando se adapta ao ambiente, o microrganismo modifica o próprio ambiente, como uma consequência de suas próprias atividades de crescimento e, em alguns casos, para melhorar suas vantagens competitivas contra outros microrganismos.

A fermentação natural do LCCV demonstrou o potencial fermentativo do líquido quanto a sua capacidade de produção de bioetanol, que hoje se desenha como um dos mais viáveis substitutos para a gasolina, principalmente se sua origem for de subprodutos agrícolas ou materiais residuais.

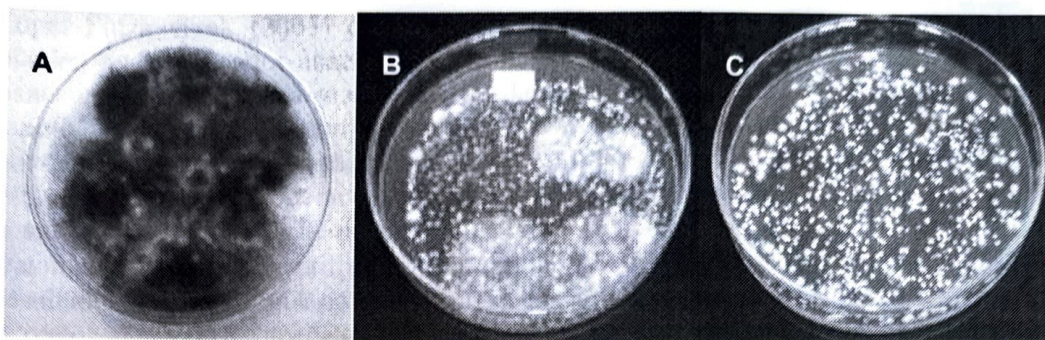


Figura 2 Placas de Petri utilizadas na avaliação do perfil da carga microbiana durante processo fermentação natural do LCCV, segundo o método de plaqueamento por espalhamento. No início do processo (A), após 24 (B) e 96 horas (C) de fermentação.

2.5 LCCV como fonte de energia

Uma alternativa para utilização sustentável do LCCV é a degradação anaeróbia visando, não somente o tratamento deste efluente para ser disposto adequadamente no meio ambiente, como também a produção de biogás para geração de energia.

Análises físico-químicas do LCCV, efetuadas no Laboratório de Gestão Ambiental da Embrapa Agroindústria Tropical, indicaram valores elevados de concentração de matéria orgânica (entre 60 e 80 gDQO/L), o que torna o uso do tratamento biológico uma opção bastante atraente. No entanto, o LCCV também contém um alto teor de taninos que podem causar problemas no processo de degradação biológica do LCCV (Brígida e Rosa, 2003). Este composto é resistente ao ataque microbiano e é tóxico para vários tipos de organismos (Bhat et al., 1998).

Apesar das propriedades antimicrobianas dos taninos, fungos, bactérias e leveduras conseguem crescer e se desenvolver em meios contendo esses compostos. Além disto, estudos mostraram serem viáveis as degradações anaeróbia, aeróbia e fúngica destes compostos (Bhat et al., 1998; López-Fiuza et al., 2003).

Muitos compostos orgânicos tóxicos e recalcitrantes são degradados sob condições anaeróbias, servindo como substrato para fermentação e produção de metano. Exemplos típicos são os compostos alifáticos e aromáticos não halogenados como fenol e tolueno (Metcalf & Eddy, 2003). A degradação anaeróbia de galotaninos através de lodo anaeróbio foi primeiramente reportada por Field e Lettinga (1987). Os autores observaram que embora os galotaninos sejam rapidamente biodegradáveis em baixas concentrações (menores que 700mg/L), eles são altamente tóxicos para as bactérias metanogênicas.

Apesar dos resultados encontrados por Field e Lettinga (1987), diversos outros pesquisadores conseguiram mostrar ser possível a degradação anaeróbia de taninos.

López-Fiuza et al. (2003) operaram dois reatores UASB (upflow anaerobic sludge blanket reactor - reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo) em escala de bancada para verificar a viabilidade de degradação anaeróbia de extratos naturais de tanino. Os reatores foram alimentados com efluente sintético contendo taninos condensados na concentração máxima igual a 1000 mg/L. Um dos reatores manteve-se estável durante toda a operação, enquanto o outro apresentou instabilidade somente para a situação de 1000 mg/L de taninos condensados. Freitas Neto (2007) pesquisou o tratamento do LCCV utilizando um reator UASB em escala de laboratório. Os resultados mostraram que os taninos presentes no LCCV não apresentaram toxicidade e o reator alcançou remoções de DQO entre 80 e 90%, operando com carga orgânica volumétrica de 10kgDQO/m³.dia e tempo de detenção hidráulica de (TDH) 6 dias. A produção de gás ficou em torno de 60L/dia.

Portanto, uma opção viável para a melhoria da qualidade do efluente contendo taninos seria a utilização de reatores anaeróbios de alta taxa, tais como UASB. Estes reatores apresentam várias vantagens quando comparados a processos de tratamento de esgotos mais tradicionais, tais como: alta taxa de carregamento, baixa produção de lodo e nenhum consumo de energia, o que se reflete em baixíssimo custo de construção, operação e manutenção Lettinga et al. (1980). O que permite o uso de reatores UASB para cargas orgânicas elevadas, em comparação com outros processos anaeróbios, é o desenvolvimento de um lodo anaeróbio granular denso, que se concentra no fundo do reator (Metcalf & Eddy, 2003). Devido à atividade anaeróbia, gases (principalmente CH₄ e CO₂) são formados, dando uma vantagem importante a esta técnica, pois o gás metano produzido pode ser utilizado como fonte de energia na própria usina de beneficiamento da casca de coco verde.

Vários pesquisadores investigaram a digestão anaeróbia de produtos agrícolas para produção de energia através do biogás como substituto do gás natural (Demirbas e Balat, 2006; Gunaseelan, 2004; Chynoweth et al., 2001). O potencial energético destes produtos está entre 5,4 x 10¹⁵ KWh para resíduos agrícolas e 16,9 x 10¹⁶ KWh para os produtos in natura (Chynoweth et al., 2001).

Baseando-se nos resultados obtidos por Freitas Neto (2007), uma usina de beneficiamento do coco verde, como a que está instalada no Jangurussu, Fortaleza – CE, produzirá em média 15 m³/dia de LCCV, com DQO em torno de 70 kg/m³. Supondo que os reatores UASB tenham eficiência de 75%, o sistema produzirá 270 m³/dia de biogás com aproximadamente 75% de metano. Isto é suficiente para gerar 1875 KWh. Em outras palavras, a matéria orgânica facilmente biodegradável presente no LCCV é suficiente para produzir 18m³ de biogás, ou 125 KWh, por metro cúbico de LCCV gerado.

3 Referências bibliográficas

Ben, F.R.; Mc Auliffe, C.A. *Química e Poluição*. Livros Técnicos e Científicos. ED. S/A – EDUSP, 134p, 1975.

- Bhat, T.K.; Singh, B.; Sharma, O.P. Microbial degradation of tannins – a current perspective. *Biodegradation*. v.9, p.343-357, 1998.
- Brigida, A.I.S.; Rosa, M.F. Determinação do teor de taninos na casca de coco verde (*Cocos nucifera* L.). In: *The Interamerican Society For Tropical Horticulture*, 2003, Fortaleza, Brasil. Proceedings... v. 47, p. 25-27.
- Carneiro, A.C.; Vital, B.R.; Pimenta, A.S.; Mori, F.A. Reatividade dos taninos da casca de eucalyptus grandis para produção de adesivos. *Cerne*, v.7, n.1, p.001-009, 2001.
- Chynoweth, D.P.; Owensa, J.M.; Legrandb, R. Renewable methane from anaerobic digestion of biomass. *Renewable Energy*. v. 22, p. 1-8, 2001.
- Demirbas, M.F.; Balat, M. Recent advances on the production and utilization trends of bio-fuels: A global perspective. *Energy Conversion and Management*. v. 47, p. 2371-2381, 2006.
- Esquenazi, D., Wigg, M.D., Miranda, M.M.F.S., Rodrigues, H.M., Tostes, J.B.F., Rozental, S., Silva, A.J.R., Alviano, C.S. Antimicrobial and antiviral activities of polyphenolics from *Cocos nucifera* Linn. (*Palmae*) husk fiber extract. *Research in Microbiology*, v. 153, p. 647-652, 2002.
- Field, J.A.; Lettinga, G. The methanogenic toxicity and anaerobic degradability of a hydrolyzable tannin. *Water Research*. v. 21, n. 3, p.367-374, 1987.
- Freitas Neto, M.A. *Tratamento biológico do líquido da casca do coco verde*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Fortaleza – CE, 135p. 2007.
- Gonçalves, C.A., Lelis, R.C.C. Teores de taninos da casca e da madeira de cinco leguminosas arbóreas. *Floresta e Ambiente*, v. 8, p. 167-173, 2001.
- Gunaseelan, V. N. Biochemical methane potential of fruits and vegetable solid waste feedstocks. *Biomass and Bioenergy*, v. 26. p. 389-399, 2004
- Haslam, E. *Chemistry of vegetable tannic*. New York: Academic Press, 1967. 79 p.
- Hergert, H.L. *Condensed tannins in adhesives – Introduction and historical perspectives*. In *Adhesives from Renewable Resources*. Hemingway, R.W., Conner, A.H., eds. Cap. 12, ACS Symposium Series 385, pp. 155-171, 1989.
- Keinert, J.; Wolf, F. *Alternativas de adesivos à base de taninos para madeira*. Curitiba: FUPEF, 1984. 27 p. (FUPEF Série Técnica).
- KIRSZBERG, C., Esquenazi, D. Alviano, C.S., Rumjanek V.M. The effect of a catechin-rich extract of *Cocos nucifera* on lymphocytes proliferation. *Phytother Res*. 2003, 17(9), p.1054-1058.
- Lettinga, G.; Van Velsen, A. F. M.; Hobma, S. W.; Zeeuw, W.; Klapwijk, A. Use of the upflow sludge blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment especially anaerobic treatment. *Biotechnology and Bioengineering*. v. 22, n. 4, p. 699-734, 1980.
- López-Fiuza, J.; Omil, F.; Méndez, R. Anaerobic treatment of natural tannin extracts in UASB reactors. *Water Science and Technology*. v. 48, n. 6, p. 157-163, 2003.
- Loures, D.R.S. et al. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. *Rev. Bras. Zootec.*, 32, 6, 1851-1858, 2003.
- Mendonça-Filho, R.R., Rodrigues, I.A., Alviano, D.S., Santosa, A.L.S. Soares, R.M.A., Alviano, C.S., Lopes, A.H.C.S., Rosa, M.S. Leishmanicidal activity of polyphenolic-rich extract from husk fiber of *Cocos nucifera* Linn. (*Palmae*). *Research in Microbiology*, v. 155, p.136-143, 2004.

- Metcalf & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Metcalf & Eddy Inc., 2003. 1819p.
- Moraes, I.O. *Produção de microrganismos* In: Lima, U.A.; Aquarone, E; Bozani, W.; Schmidell, W. *Biotecnologia industrial - Processos fermentativos e enzimáticos*. São Paulo. Edgard Blucher, v. 3, 2001.
- Pizzi, A (Ed.) *Wood adhesives: chemistry and technology*. New York: Marcell Deckker, 1983. 364p.
- Pizzi, A. *Tannin-based wood adhesives*. In *Advanced Wood Adhesives Technology*. Pizzi A., ed., Cap. 5, Marcel Dekker Inc., New York, pp. 149-217, 1994.
- Porter, L.J. Flavans and proanthocyanidins. IN: Harborne, J. B. Ed. *The flavonoides: advances in research since 1980*. New York: Chapman and Hall, 1998. 621 p.
- Silva, F.F et al. Variação da carga orgânica do efluente de fecularia de mandioca. *Acta Scientiarum: Agronomy*. Maringá, v. 25, n. 1, p. 161-165, 2003.
- Trugillho, P.F., Caixeta, R.P., Lima, J.T., Mendes, L.M. Avaliação do conteúdo em taninos condensados de algumas espécies típicas do cerrado mineiro. *Cerne*, 3(1), p. 001-013, 1997.
- Vieira, L.S. *Alternativas de controle da verminose gastrintestinal dos pequenos ruminantes*. Circular Técnica 29, Sobral: Embrapa-CNPC, 2003. 10p.
- Walsh, T.K., Donnan, A.A., Jackson, F., Philip, Skuce, P., Wolstenholme, A.J. Detection and measurement of benzimidazole resistance alleles in *Haemonchus contortus* using real-time PCR with locked nucleic acid Taqman probes. *Veterinary Parasitology*, v. 144, n. 3-4, p. 304-312, 2007.