

**UMA ABORDAGEM TEÓRICA DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS  
ATRAVÉS DO RESÍDUO DA PRODUÇÃO DA MANDIOCA**  
**A THEORETICAL APPROACH TO THE PRODUCTION OF  
BIOGAS THROUGH CASSAVA PRODUCTION RESIDUE**  
**UNA APROXIMACIÓN TEÓRICA A LA PRODUCCIÓN DE  
BIOGÁS A TRAVÉS DE RESIDUOS DE PRODUCCIÓN DE YUCA**

**Igor Aparecido dos Santos Correia**

**aparecidoigor@hotmail.com**

**Centro Universitário de Adamantina- UniFAI**

**Resumo**

Fazendo a caracterização da manipueira para verificar a possibilidade de instalação de um biodigestor. Manipueira nada mais é do que o caldo provindo da prensagem da mandioca, ele é altamente poluidor devido sua carga orgânica, se despejado incorretamente pode gerar do processo de contaminação seja do solo, água ou do ar, um exemplo claro de contaminação pode ser a eutrofização. Outro fator importante deste resíduo é que quando hidrolisado gera a linamarina que forma ácido cianídrico que pode causar mortes em animais seres humanos, pois ele impede o oxigênio a entrar nas células, causando assim o mau funcionamento dela. Pensando em tudo isso o melhor a se fazer é um biodigestor que diminuirá ou eliminará o uso de lenhas pois o aquecimento será feito pelo gás, tornando-se autossuficiente em energia, não polui o meio ambiente e o biodigestato pode servir como adubo controlado devido alta carga de DBO. Este ácido cianídrico é altamente volátil apenas aumentando um pouco a temperatura ou deixando por algum tempo exposto ao sol eliminará boa parte dele.

Palavras chaves: Manipueira; tratamento; biodigestor.

**Abstract**

Making the characterization of manipueira to verify the possibility of installing a biodigestor. Manipueira is nothing more than the broth coming pressing of cassava, it is highly polluting due your organic load, if disposed of incorrectly may cause the process of contamination is from the ground, water or air, a clear example of contamination can be eutrophication. Another

**Igor Aparecido dos Santos Correia.** Engenharia Ambiental. Centro Universitário de Adamantina

**Ana Paula Jambers Scandellai.** Engenheira Ambiental, Doutoranda em Engenharia Química (UEM)

**Alexandre Teixeira.** Engenheiro Químico com Pós-Doutorado em Engenharia Química (UEM)

**João Rafael Moraes Cini.** Químico, Mestre em Bioenergia

important factor of this residue is that when hydrolyzed generates linamarin that form hydrocyanic acid which can cause deaths in animals human beings, because it prevents the oxygen into the cells, thus causing her malfunction. Thinking of all this the best thing to do is a bio-digester that will reduce or eliminate the use of fuelwood because heating is done by gas, becoming self-sufficient in energy, does not pollute the environment and the biodigestato can serve as fertiliser due controlled high load of DBO. This hydrogen cyanide is highly volatile only increasing some temperature or leaving for some time in the Sun will eliminate a good part of it.

Keywords: Manipueira; treatment; biodigester.

## Resumen

Hacer la caracterización de la manipueira para verificar la posibilidad de instalar un biodigester. Manipueira no es más que la presión que viene de caldo de yuca, es altamente contaminante debido a su carga orgánica, si desechan incorrectamente puede causa que el proceso de contaminación es de la tierra, agua o aire, un ejemplo claro de contaminación puede ser eutrofización. Otro factor importante de este residuo que es cuando hidrolizada genera linamarin que forman ácido cianhídrico que puede causar muertes en los animales los seres humanos, porque impide que el oxígeno en las células, provocando su mal funcionamiento. Pensando en todo esto lo mejor es un bio-digester que reducir o eliminar el uso de leña porque la calefacción se realiza por el gas, ser autosuficientes en energía, es no contaminar el medio ambiente y el biodigestato puede servir como abono debido control alta carga de DBO. Este cianuro de hidrógeno es muy volátil sólo aumentar alguna temperatura o dejar por algún tiempo en el sol eliminará una buena parte de él.

Palabras clave: Manipueira; tratamiento; biodigester.

## INTRODUÇÃO

Devido ao seu alto teor energético, o Brasil é um dos maiores consumidores de mandioca (*Minhot esculenta C.*) do mercado mundial, sendo que quantitativamente *per capita* o brasileiro consome cerca de 42,2 kg/hab./ano enquanto em outros países a média *per capita* seria de 16,4 kg/hab./ano (FAO, 2003), desta maneira a produção de Farinha provinda da prensagem da mandioca é indispensável em áreas como no Nordeste do país ou até mesmo em outras regiões, implicando assim o crescimento de indústrias neste ramo industrial.

Um dos problemas do crescimento exponencial de grandes farinheira e fecularias são os resíduos gerados pela prensagem, a chamada “manipueira” (palavra de origem indígena que significa “água de goma”) que se descartada incorretamente gera um grande

**Igor Aparecido dos Santos Correia.** Engenharia Ambiental. Centro Universitário de Adamantina

**Ana Paula Jambers Scandelai.** Engenheira Ambiental, Doutoranda em Engenharia Química (UEM)

**Alexandre Teixeira.** Engenheiro Químico com Pós-Doutorado em Engenharia Química (UEM)

**João Rafael Moraes Cini.** Químico, Mestre em Bioenergia

desastre ambiental devido sua toxidez que é formada por um glicosídeo (linamarina) que quando hidrolisado forma ácido cianídrico (BRANCO, 1979) quando entra em contato com a hemoglobina do sangue inibe a cadeia respiratória (CEREDA et alii, 1981), de maneira a se quantificar para facilitar o entendimento, a cada tonelada de mandioca prensada cerca de 300 l de manipueira é produzido, com este volume a poluição gerada equivale de 200 a 300 habitantes/dia (HESS 1962).

É muito comum se ouvir falar que ao redor dessas bacias de manipueira morrem gado, alguns pássaros que se aproxima para beber daquele líquido, pois tem um gosto adocicado vindo da hidrolização do glicosídeo transformando-o em: glicose; acetona e ácido cianídrico (FIORETTO, 1987). Há uma grande diferença quando este líquido é gerado pela Farinheira e quando é gerado por uma Fecularia.

Com base em todos estes dados o essencial é direcionar este líquido para outros fins, que se adequa melhor com o tipo de empresa, seja um biodigestor, tratamento ou fazer outros tipos de materiais.

O projeto que tem mais retorno financeiro costuma ser o biodigestor, pois este com pouco tempo de uso já consegue dar um retorno considerável para a empresa, pois diminui, chegando até a extinguir, o uso de lenha e alguns outros materiais.

- **Biodigestor**

Apesar de pouco eficiente, o mais comum de se achar em fecularias e casas de farinhas são tratamentos através de lagoas anaeróbias que apresenta várias desvantagens, uma delas é a emissão de gases descontrolada, riscos de sobrecargas em lagoas por falta de monitoramento segundo UBALUA (2007), já o biodigestor mantém uma tecnologia eficiente de todos os ângulos de vista, se auto mantém na questão energética, aproveita o resíduo de maneira sustentável transformando-o em energia para fornos que antes precisavam de lenhas para se manter aquecido ANGONESE *et all* (2007).

O tratamento da manipueira feito por Biodigestor necessita a divisão de duas fazes: acidogênica e metanogênica, e este é um dos pequenos problemas, o custo de

**Igor Aparecido dos Santos Correia.** Engenharia Ambiental. Centro Universitário de Adamantina

**Ana Paula Jambers Scandellai.** Engenheira Ambiental, Doutoranda em Engenharia Química (UEM)

**Alexandre Teixeira.** Engenheiro Químico com Pós-Doutorado em Engenharia Química (UEM)

**João Rafael Moraes Cini.** Químico, Mestre em Bioenergia

implantação é um pouco maior quando feito de duas fases, mas o retorno se dá em pouco tempo de uso. Poucos biodigestores são feitos de uma única fase e estes foram realizados por CUZIN et al. (1992) e RIBAS & BARANA (2003).

Durante a prensagem gera um líquido viscoso chamado Manipueira, que contém uma altíssima carga de DBO, ou seja, carga orgânica, sendo assim é um grande problema ambiental: O seu descarte correto! Esta é a finalidade do projeto, demonstrar uma maneira eficiente de descarte, cortando custos e gerando uma fonte de energia. Este líquido tem como DBO média de  $3784 \text{ mg L}^{-1}$  o que resulta em  $22,7 \text{ kg de DBO.t}^{-1}$  o mesmo que a poluição gerada por 420 habitantes, sendo assim para cada tonelada processada de mandioca temos uma poluição média de 460 habitantes. (FERNANDES JR, 1995).

A linamarina é constituída por ligações beta e hidroxinitrilos (cianoidrina) que quando hidrolisada por enzimas endógenas, dá-se origem a glicose, acetona e ácido cianídrico segundo Telles (1987). Tanto a inalação ou ingestão em excesso do ácido cianídrico causa um sério problema a nossa saúde, pois inibe grande número, particularmente a oxidase terminal, na cadeia respiratória (CEREDA, 1994).

## **METODOLOGIA**

A manipueira utilizada neste estudo é um resíduo líquido proveniente de uma indústria de fabricação de farinhas, localizada no oeste do estado de São Paulo. Nesta indústria, são produzidos diversos tipos de farinha torrada, amarela e normal. A geração de efluentes é dependente do produto e da sua quantidade produzida, o qual passa por tratamento físico-químico e biológico para posterior lançamento em corpo hídrico receptor.

A amostra de manipueira foi coletada na entrada da estação de tratamento de efluentes do local, ou seja, a manipueira bruta, gerada nos processos produtivos da empresa. Após coleta, o efluente bruto foi caracterizado por meio dos parâmetros químicos de pH, turbidez, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de

**Igor Aparecido dos Santos Correia.** Engenharia Ambiental. Centro Universitário de Adamantina

**Ana Paula Jambers Scandelai.** Engenheira Ambiental, Doutoranda em Engenharia Química (UEM)

**Alexandre Teixeira.** Engenheiro Químico com Pós-Doutorado em Engenharia Química (UEM)

**João Rafael Moraes Cini.** Químico, Mestre em Bioenergia

oxigênio (DBO), sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV), sólidos totais fixos (STF) e cianeto livre, os quais são parâmetros de grande importância, tanto para a caracterização, quanto para o lançamento deste efluente.

O pH foi obtido por potenciometria, em pH-metro Spencer® SP3650-65 (Hipperquímica) A influência do Ph é muito claro, pois este parâmetro influencia diretamente na dosagem e liberação do cianeto, ou seja quanto maior o Potencial Hidrogênio maior é a liberação de Linamarina formada por glicosídeos  $\beta$  gerando assim o ácido cianídrico, segundo CHISTÉ (2011). A turbidez foi analisada por nefelometria, em turbidímetro Hanna HI93703C. A DBO foi determinada pelo método manométrico, utilizando um sistema Aqualytic AL606, sendo incubadas a 5 dias por  $20 \pm 1$  °C a turbidez consegue participar no processo microbiológico de bactérias, onde os microrganismos entram em ação com maior facilidade devido o pouco contato com a luz, pois está não consegue entrar por completo no efluente.

Ajudando assim na reprodução da biota do efluente. Para a determinação da DQO utilizou-se a técnica de colorimetria (método 5220 D) e quantificação das concentrações de ST, STV e STF ocorreram por gravimetria (métodos 2540 B e 2540 E), ambos segundo o *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1998). O cianeto foi determinado por fotometria, em fotômetro Merck Nova 60 Spectroquant® (método 114561), sendo que a concentração obtida corresponde aos cianetos livres ( $\text{CN}^-$  e HCN) e de ligações fracas a moderadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da caracterização química da manipueira, efluente oriundo da produção de farinha de mandioca.

De acordo com esses dados, é possível ter um panorama das características da manipueira. O pH do efluente se apresentou ácido, provavelmente devido à presença do ácido cianídrico.

**Igor Aparecido dos Santos Correia.** Engenharia Ambiental. Centro Universitário de Adamantina

**Ana Paula Jambers Scandelai.** Engenheira Ambiental, Doutoranda em Engenharia Química (UEM)

**Alexandre Teixeira.** Engenheiro Químico com Pós-Doutorado em Engenharia Química (UEM)

**João Rafael Moraes Cini.** Químico, Mestre em Bioenergia

Tanto o pH, quanto a turbidez e a concentração de cianeto se apresentaram acima dos limites permitidos para o lançamento deste efluente (BRASIL, 2005, 2011).

**Tabela 1.** Propriedades Físico- Químicas da Manipueira.

Parâmetro	Valores	Limites <sup>a</sup>
pH	4,6	5,0-9,0 <sup>(1)</sup>
Turbidez (UNT)	1000	100 <sup>(2)</sup>
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (mg L <sup>-1</sup> )	694	5,0 <sup>(2)</sup>
Demanda química de oxigênio (DQO) (mg L <sup>-1</sup> )	17914	-
Cianeto (mg L <sup>-1</sup> )	17,5	0,2 <sup>(1)</sup>
Sólidos totais (mg L <sup>-1</sup> )	44500	-
Sólidos totais voláteis (STV) (mg L <sup>-1</sup> )	37100	-
Sólidos totais fixos (STF) (mg L <sup>-1</sup> )	7400	-

Nota: (a) Limites permitidos para o lançamento, segundo (1) Resolução CONAMA n. 430/2011 (BRASIL, 2011); (2) Resolução CONAMA n. 357/2005 (BRASIL, 2005), referente a rios classe 2.

Fonte: Autores.

A coloração da manipueira é influenciada pela presença de sólidos dissolvidos no efluente, conferindo uma cor amarelo forte ao mesmo, enquanto que a turbidez é formada pela contribuição das partículas suspensas, presentes no mesmo.

Da mesma forma, os sólidos totais, fixos e voláteis foram detectados em concentrações extremamente altas. A matéria orgânica também foi encontrada em elevadas concentrações na manipueira, uma vez que ambos os seus parâmetros, DQO e DBO, se apresentaram bastante altos; sendo que a DBO, único parâmetro de matéria orgânica com limite estabelecido pela legislação, se apresentou acima desse limite permitido, que é de 5,0 mg L<sup>-1</sup>. A baixa biodegradabilidade, expressa pela relação DQO/DBO indica a característica recalcitrante desse efluente, uma vez que razões maiores que 4,0 indicam, segundo Von Sperling (2014), efluente de elevada fração inerte (não biodegradável), sendo mais indicados, para o seu tratamento, os processos físico-

**Igor Aparecido dos Santos Correia.** Engenharia Ambiental. Centro Universitário de Adamantina

**Ana Paula Jambers Scandelai.** Engenheira Ambiental, Doutoranda em Engenharia Química (UEM)

**Alexandre Teixeira.** Engenheiro Químico com Pós-Doutorado em Engenharia Química (UEM)

**João Rafael Moraes Cini.** Químico, Mestre em Bioenergia

químicos ou avançados. Além disso, essa razão indica a predominância de compostos refratários sobre os biodegradáveis. Todos os parâmetros avaliados evidenciam a necessidade de tratamento adequado da manipueira.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo ocorre devido a quatro tipos de microrganismos: Hidrolíticos, acidogênica, acetânogênicos e metanogênica (VEEKEN; HAMELERS, 1999). Segundo Chernicharo (2000) define-se a fase metanogênese como processo de produção de gás metano (CH<sub>4</sub>), sendo ele biológico de grande importância para o fluxo de carbono principalmente em ambientes anóxicos.

A produção de metano se deve as bactérias fermentativas os biopolímeros e monômeros, que por ação de enzimas, são convertidos em hidrogênio, ácidos orgânicos de cadeia curta, dióxido de carbono, aminoácidos e outros produtos como a glicose, as acetânogênicos convertem o hidrogênio produto fermentativo em gás metano e dióxido de carbono além de hidrogênio segundo (CHERNICHARO, 2000) as reações para a formação de metano. É de onde vem 70% de todo o metano, onde o grupo metil é reduzido a metano e o grupo carboxílico é oxidado a gás carbônico.

Com os experimentos realizados acima conseguimos chegar a uma conclusão que o líquido em questão é muito complexo e com altíssima carga orgânica, o que é de total interesse para formação desta matriz energética, pois é com esta fonte que se converterá a energia em forma de calor ou até mesmo elétrica.

Escrever as principais considerações e conclusões que alcançou na pesquisa desenvolvida. Segundo MOTTA (1985), a matéria orgânica final, no processo anaeróbio, é evaporada na forma de biogás, que é composto por gás metano (70%), dióxido de carbono (20%) e outros gases (1%) e o rendimento foi de 0,58 L gás g<sup>-1</sup> SV adicionado ao reator, com teor de metano de 50 a 57%, na prática significa que a cada m<sup>3</sup> de gás metano equivale a 1,5 kg de lenha, a partir desta ideia podemos auxiliar a combustão em caldeiras e equipamentos da empresa processadora de mandioca. Algum parâmetro pode

**Igor Aparecido dos Santos Correia.** Engenharia Ambiental. Centro Universitário de Adamantina

**Ana Paula Jambers Scandellai.** Engenheira Ambiental, Doutoranda em Engenharia Química (UEM)

**Alexandre Teixeira.** Engenheiro Químico com Pós-Doutorado em Engenharia Química (UEM)

**João Rafael Moraes Cini.** Químico, Mestre em Bioenergia

ser controlado antes mesmo da entrada do efluente para uma maior eficiência, como por exemplo o pH que está entorno de 4,6 e as bactérias agem em um pH entorno de 6,0 e 7,0 fazendo com que haja necessidade de correção para atingir seu ápice de digestão.

Portanto o efluente da mandioca se consegue produzir energia com algumas correções de parâmetros físico-químico, gerando assim uma fonte alternativa para empresa, seja ela via calor ou pela troca de energia elétrica.

## REFERÊNCIAS

ANGONESE, A.R.; CAMPOS, A.T.; WELTER, R.A. Potencial de redução de emissão de equivalente de carbono de uma unidade suinícola com biodigestor. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.3, p.648-657, 2007.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 20. ed. Washington: APHA, 1998.

BRANCO, S.M. A. dinâmica de populações microbiológicas na estabilização aeróbica de resíduos orgânicos de fecularia de mandioca. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v.1, n.2. p.140-162, 1967.

BRASIL. (2005) CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília.

BRASIL. (2011b) Ministério da Saúde. Portaria n.º 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, Brasília.

**Igor Aparecido dos Santos Correia.** Engenharia Ambiental. Centro Universitário de Adamantina

**Ana Paula Jambers Scandelai.** Engenheira Ambiental, Doutoranda em Engenharia Química (UEM)

**Alexandre Teixeira.** Engenheiro Químico com Pós-Doutorado em Engenharia Química (UEM)

**João Rafael Moraes Cini.** Químico, Mestre em Bioenergia

CEREDA, M.P. et al. Tratamiento anaeróbico en dos fases de suspensiones amiláceas I- Fase acidogênica. **Rev. Agroquim. Technol. Aliment.**, v. 26, p. 101-108, 1986.

CEREDA, M.P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In. (Coord). Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. São Paulo: fundação Cargill, v.4, cap.1, p.31-35. (Séries culturas de tuberosas amiláceas Latino americanas), 2001.

CHERNICHARO, C.A.L., Reatores anaeróbios. Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1977, v. 5. p. 13-77

CHERNICHARO, C.A.L. Reatores Anaeróbios – princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, Belo Horizonte, v.5, 2000.

CUZIN, N.; FARINET, J. L.; SEGRETAIN, C.; LABAT, M. Methanogenic fermentation of cassava peel using a pilot plug flow digester. *Bioresource Technology* 41, p.259-264, 1992.

FAO. Food outlook: global information and early warning system on food and agriculture. Disponível em: [http://www.relefweb.int/library/documents/2001/fao\\_foodoutlook\\_31oct.pdf](http://www.relefweb.int/library/documents/2001/fao_foodoutlook_31oct.pdf) Acesso em: 12 jun.2002.

FERNANDES JÚNIOR, A. Tratamentos físicos e biológicos da manipueira. In: CEREDA, M.P. (Coord.) Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. v.4, cap.10, p.138-50.

FIORETTO, A.M.C. Viabilidade de cultivo de *Trichosporon* spp. em manipueira. Botucatu, UNESP/Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1987. 96 p.

**Igor Aparecido dos Santos Correia.** Engenharia Ambiental. Centro Universitário de Adamantina

**Ana Paula Jambers Scandelai.** Engenheira Ambiental, Doutoranda em Engenharia Química (UEM)

**Alexandre Teixeira.** Engenheiro Químico com Pós-Doutorado em Engenharia Química (UEM)

**João Rafael Moraes Cini.** Químico, Mestre em Bioenergia

HESS, M. L. Tratamentos de despejos de fecularia de mandioca por oxidação biológica. Revista D.A.E., São Paulo, v. 23, n. 46. p. 29-35, 1962.

MOTTA, L.C. Fertilização de manipueira da mandioca em digestão anaeróbia. Botucatu, 1985, 119p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1985.

Nogueira, J. L. M. Desenvolvimento limpo e o mercado de carbono. Disponível em < [www.pucminas.br/conjuntura](http://www.pucminas.br/conjuntura) >. Acessado em 20 de nov. 2008.

RIBAS M.M.F.; BARANA A.C. Start-up Adjustment of a plug-flow digester for cassava wastewater (manipueira) treatment. Scientia Agrícola, v.60, n.2, p.223-229, abr./jun.2003

UBALUA, A. O. Cassava waste treatment options and value addition alternatives. **African Journal of Biotechnology**, v. 6, p. 2065-2073, 2007.

VEEKEN, A., HAMELERS, B. Effect of temperature on hydrolysis rates of selected biowaste components. Bioresource Technology. v.69, p. 249-254, 1999.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

**Igor Aparecido dos Santos Correia**. Engenharia Ambiental. Centro Universitário de Adamantina

**Ana Paula Jambers Scandelai**. Engenheira Ambiental, Doutoranda em Engenharia Química (UEM)

**Alexandre Teixeira**. Engenheiro Químico com Pós-Doutorado em Engenharia Química (UEM)

**João Rafael Moraes Cini**. Químico, Mestre em Bioenergia