

# POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DOS RESÍDUOS DE MANDIOCA EM BIODIGESTORES NO MUNICÍPIO DE TEFÉ - AM

**Enan Matheus Guedes** – matthewz.enan@gmail.com

**Samuel Nogueira Cerniak** – samucanc@yahoo.com.br

Universidade do Estado do Amazonas - UEA, Centro de Estudos Superiores de Tefé - CEST - Física

**Resumo.** *O objetivo da pesquisa realizada foi identificar um meio, pelo qual as comunidades do município de Tefé (AM) poderiam interromper a degradação ambiental, gerada por resíduos da produção de mandioca e obter benefícios através da utilização desses resíduos em suas lavouras e residências, analisando os resultados para saber se o meio escolhido suprirá necessidades dos agricultores, determinando-se que um biodigestor anaeróbico seria a melhor maneira para atingir os objetivos da pesquisa proporcionando o desenvolvimento sustentável à região.*

**Palavras-chave:** *Biodigestor Anaeróbico, Resíduos, Mandioca, Energia Elétrica, Biogás.*

## 1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot utilíssima*) é um produto essencial ao consumo da espécie humana com 65% da produção usada na forma *in natura* e formas derivadas. Nas comunidades agrícolas do município de Tefé no Amazonas é cultivada em grande escala, porque tem forte apelo socioeconômico na região, porém seu cultivo nessas comunidades ainda é de forma rudimentar e não aproveitam de forma plena os resultados da produção, pois os agricultores não possuem conhecimento para manusear equipamentos avançados e orçamento para arcar com materiais modernos, resultando em um grande desperdício e na degradação ambiental, “segundo Silva et al. (2002) com esse processo artesanal de produção de farinha, são produzidos resíduos tais como cascas e entrecasca, cepas, caule, folhas, que são aproveitados em um porcentual muito pequeno na alimentação animal e em adubação orgânica e ainda como compostagem.” O valor total da produção de mandioca no município é em torno de 4.200.000 kg por ano, onde 30% é utilizado e 70% é perdido em resíduos, “Tarrento (2006) afirma que devido a esta realidade, o biodigestor, não importando o modelo, pode ser considerado como uma boa alternativa, na obtenção de energia limpa (biogás) e biofertilizante, por meio da fermentação anaeróbica, realizada em câmaras de biodigestão, além de contribuir para a redução da contaminação ambiental.”, sendo assim o ideal seria propor a estas comunidades a implantação de biodigestores para utilizar os resíduos, que agora podem ser denominados subprodutos, para sua digestão anaeróbica e geração do biogás que poderá ser utilizado de diversas formas, porém será dado ênfase em duas, a primeira delas seria na geração de energia elétrica que nessas comunidades é escassa e instável e a segunda seria sua utilização em fornos. Outro produto que também é gerado no biodigestor é o biofertilizante, que pode ser usado para adubação da plantação e poderá ser comercializado, proporcionando mais qualidade de vida aos produtores, pois o processo de produção é árduo. A Fig. 1 mostra um roçado de mandioca, onde seriam ser utilizado o biofertilizante. O melhor método para a energia elétrica é um motor do ciclo de Otto, como os equipamentos usados são de fácil manuseio poderá ser operado pelas próprias pessoas da comunidade, reduzindo custos com a contratação de pessoas especializadas e podendo ser acrescentado mais biodigestores e motores pelos agricultores, dependendo da necessidade energética.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Algumas fontes de fornecimento de energia elétrica Brasil as termelétricas e as hidrelétricas, proporcionando energia para as regiões sudeste, sul e parte do centro-oeste brasileiro, que são grandes centros urbanos, mas tornam-se obsoletas, quando nos referimos a pequenas comunidades ribeirinhas e famílias que não necessitam de grandes quantidades de energia e mesmo assim, nessas regiões, ainda há falta de energia por causa do alto preço do combustível e do seu transporte, para ligar motores geradores de energia elétrica, tornando-os limitados a quantidade abastecida e a sua potência em fornecer energia. Como não há por parte deles conhecimento da reciclagem de resíduos propusermos que para conter o avanço da poluição, intensificar a preservação ambiental e melhorar a renda dos agricultores a utilização dos biodigestores torna-se fundamental para ter energia estável e preservar a floresta, assim como garantir o aumento da renda dessas famílias e comunidades. “Araújo (2009) nos afirma que é um modelo energético proposto como opção ao petróleo, matéria-prima não renovável que é transformada em combustível que supre tecnologias e máquinas, poluidor e próximo do esgotamento.”



Figura 1 – Roçado de Mandioca. Fonte: IDAM.



Figura 2– Equipamentos Utilizados na Produção.



Figura 4 – Resíduos Sólidos



Figura 5 – Manipueira. Fonte: Souza.

No estado do Amazonas, mais especificamente no município de Tefé, os agricultores vivem em comunidades de pequenas famílias, responsáveis por produzir a farinha de mandioca, produto importante no consumo amazonense que ainda é cultivada rusticamente sem auxílio de tecnologia, como poder ser visto na Fig. 2. Nesse processo de extração da parte que será aproveitada da mandioca são gerados resíduos, na Fig. 4 e na Fig. 5 mostram o local onde eh despejado os resíduos que causam a poluição ambiental e o resíduo causador a manipueira, segundo Souza (2012) “as espécies do gênero *Manihot* são plantas cianogênicas. Contendo o ácido cianídrico (HCN) como princípio ativo, este é um líquido

incolor e muito volátil, constatado como sendo uma substância tóxica. Nas plantas, o HCN encontra-se ligado a carboidratos denominados de glicosídeos cianogênicos, sendo liberado após sua hidrólise e os resíduos ainda são despejados diretamente nas lagoas causando contaminação pelo HCN presente nos mesmos que surge após seu contato com a água. Para superar esses problemas os biodigestores passam a ter papel de destaque, “pois os resultados da pesquisa de Gaspar (2003) mostraram que os biodigestores anaeróbicos representam uma solução para a crescente poluição dos mananciais d’água.”. Os biodigestores haviam surgido na metade do século XIX, mesmo não sendo uma descoberta recente, ainda podem ser uma nova descoberta para os ribeirinhos da região do médio Solimões porque nenhum deles utilizam tal tecnologia em suas lavouras. Para Araújo (2009) “A metodologia utilizada baseia-se na relação dialética homem-natureza, compreendendo que o homem se apropria desta para satisfação das suas necessidades construídas sócio-culturalmente modificando-se neste processo e modificando-a ao mesmo tempo.”, tendo em mãos um grande potencial energético ainda inexplorado. Explicando um breve conceito sobre biodigestores Nogueira (1986) nos afirma que “pode-se, resumidamente, dizer que a biodigestão anaeróbia dos resíduos orgânicos é um processo bioquímico que utiliza ação bacteriana para fracionar compostos complexos e produzir um gás combustível, denominado biogás, composto de metano e dióxido de carbono. O “local onde se desenvolvem essas reações de decomposição é o digestor ou biodigestor.” Em nossas pesquisas definimos que utilizaremos um biodigestor feito para resíduos líquidos e outro feito pra resíduos sólidos que podem ser vistos modelos na Fig. 6 e Fig. 7, com um motor ciclo Otto que tem o melhor aproveitamento na produção de energia elétrica utilizando metano. Caso ainda não tenham o motor para a produção de energia elétrica os agricultores podem usar em fogões e poder ser feita a queima em *flare* para evitar a poluição, tomando cuidados por causa do risco de explosões, “CENBIO (2005) diz que em função das ligações químicas entre os átomos de Hidrogênio e Carbono, o metano possui um elevado potencial energético (energia química) que quando reage com oxigênio, libera grande quantidade de calor (energia térmica). É um gás de fácil combustão e por isso, nos locais onde ele é gerado, existe sempre o risco de ocorrer explosões.” A reação entre o metano e o oxigênio é representada pela equação:



Percebemos que a reação mostrada é exotérmica e apresenta energia liberada na forma de calor que será utilizada pela comunidade que tenha o biodigestor. “CENBIO (2005) nos explica que as vantagens da utilização do biogás para geração de energia elétrica estão relacionadas às emissões evitadas, pela utilização de uma fonte renovável, e à eficiência dos sistemas de conversão.”

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

## Manipueira: Biodigestor de duas fases

### • Biodigestor acidogênico e biodigestor metanogênico

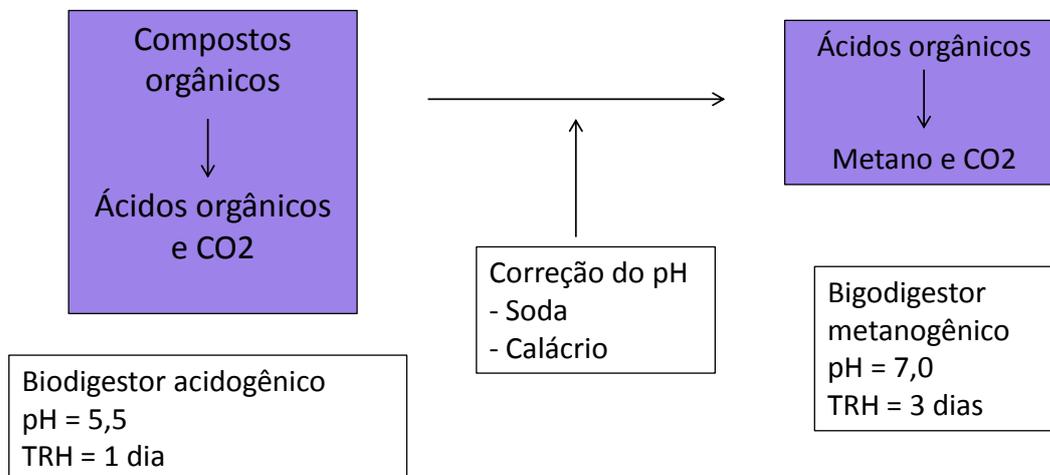
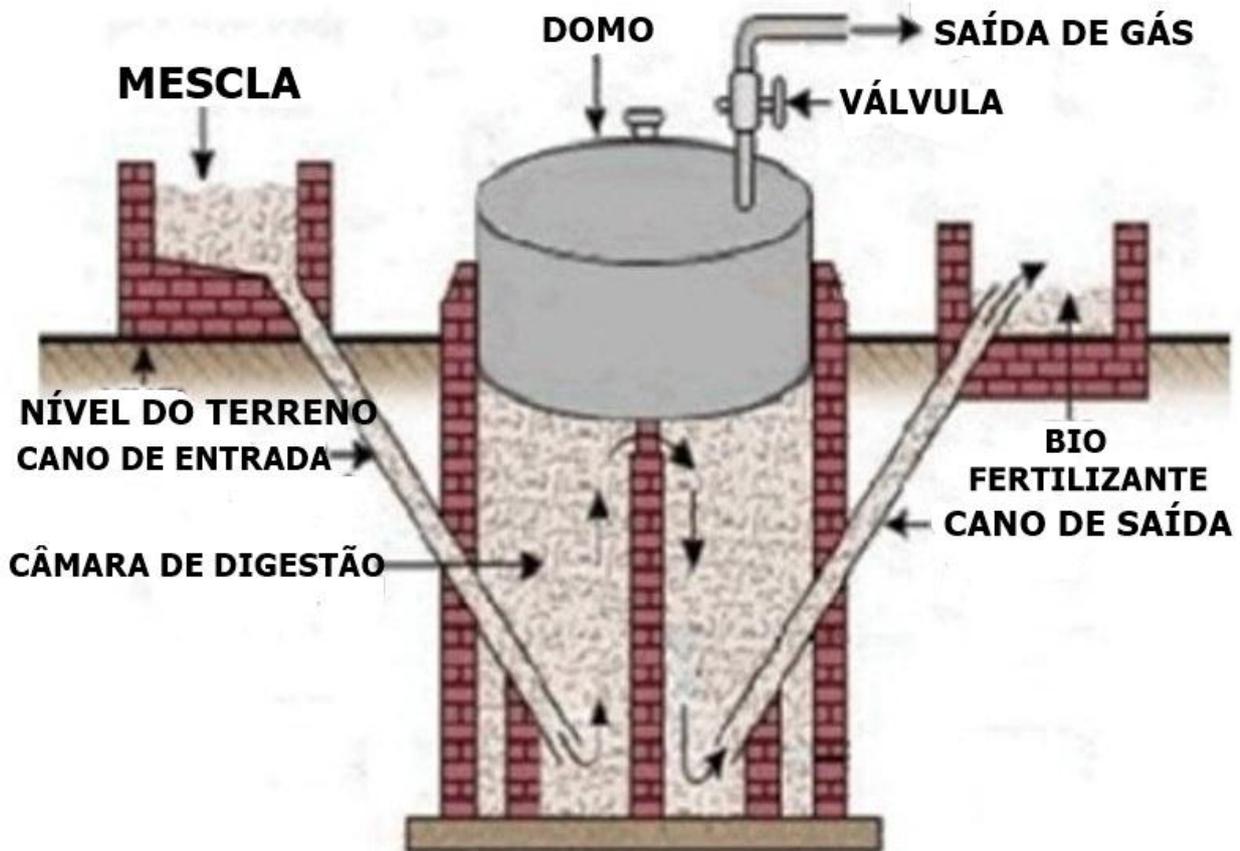


Figura 5 – Fonte: Barana.

Na Fig. 5 é apresentado o esquema do biodigestor anaeróbico de duas fases, que é composto por dois reatores separados onde no primeiro ocorre a fase bioquímica acidogênica e no segundo a metanogênica. Barbosa (1982) cita alguns benefícios da separação dos processos em duas fases, em comparação com o processo de fase única:

- Possibilidade de manutenção de condições ambientais ótimas para cada grupo de microrganismos com o conseqüente aumento da velocidade de conversão do substrato, permitindo uma redução no volume total do reator;
- Possibilidade de controle apropriado da taxa de aplicação do reator metanogênico, possibilitando a adaptação entre os formadores de ácido e os produtores de metano, evitando-se prejuízos decorrentes da diminuição do pH ou acúmulo de ácidos voláteis;
- Remoção do lodo formado pela população de microrganismos formadores de ácidos, de crescimento rápido, sem que ocorra redução das bactérias produtoras de metano de crescimento lento.



## Modelo de biodigestor Indiano

Figura 6 – Modelo de Biodigestor Indiano de Resíduos Sólidos.  
Fonte: Manual De Biodigestão. Winrock Brasil.

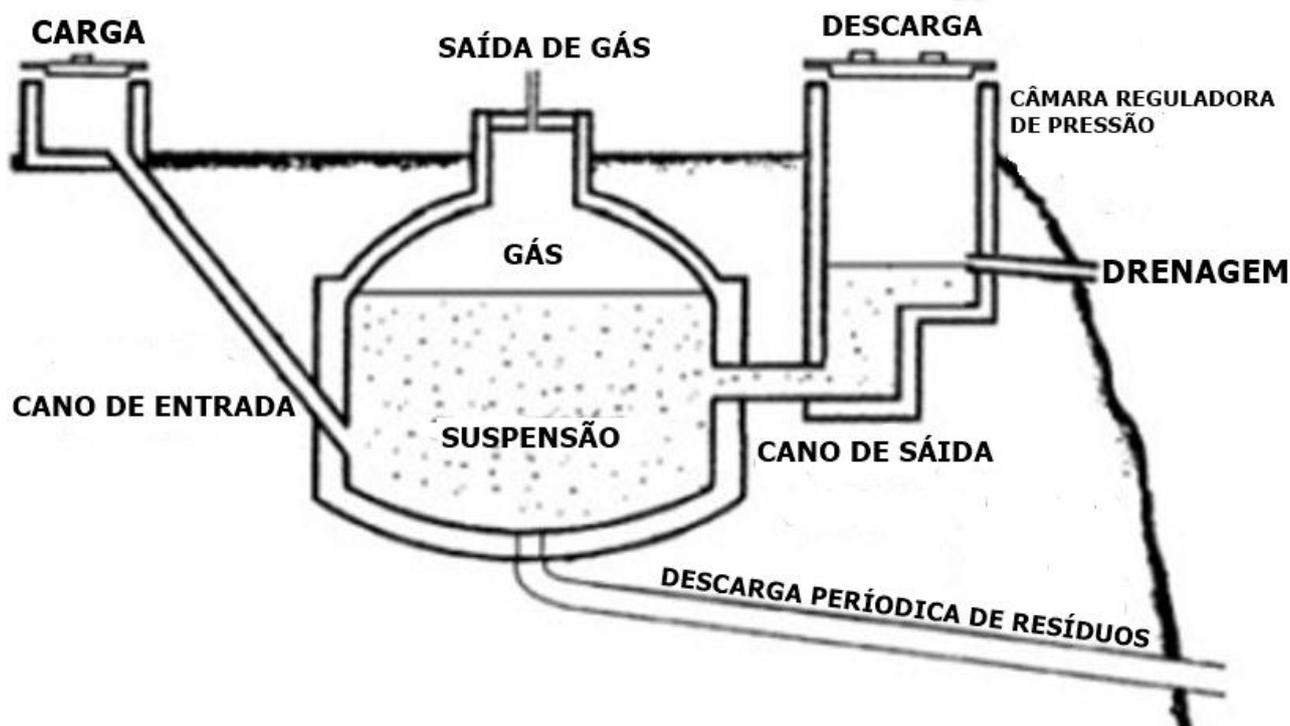


Figura 7 – Modelo de Biodigestor Chinês de Resíduos Sólidos.  
 Fonte: Manual De Biodigestão. Winrock Brasil.

Tabela 1 – Concentração química da manipueira

Produto	Concentração
Metano	50 a 70%
Dióxido de Carbono	25 a 40%
Hidrogênio	1 a 3%
Azoto	0,5 a 2,5%
Oxigênio	0,1 a 1%
Sulfureto de Hidrogênio	0,1 a 0,5%
Amoníaco	0,1 a 0,5%
Monóxido de Carbono	0 a 0,1%
Água	Variável

Fonte: Cereda (1994).

Tabela 2 – Consumo de biogás por alguns equipamentos e aplicações

Equipamento ou Aplicação	Características	Consumo médio	Custo em R\$/unidade
Fogão	Queimador de 2''	0,32m <sup>3</sup> /h	0,54
Geladeira	Porte médio	2,20 m <sup>3</sup> /dia	3,90
Motor	Ciclo Otto	0,45 m <sup>3</sup> HP/h	0,79
Chuveiro a gás	Por banho	0,8 m <sup>3</sup>	1,42
Incubadeira	Volume interno	0,60 m <sup>3</sup> /h	1,06
Campânula para pintos	1500 Kcal	0,162 m <sup>3</sup> /dia	0,28
Cozimento	Por pessoa	0,23 m <sup>3</sup> /dia	0,40
Geração de eletricidade	Por kWh	0,62 m <sup>3</sup>	1,10

Fonte: Cereda (1994).

Parte do desenvolvimento do trabalho constou de uma entrevista semiestruturada com alguns habitantes da comunidade Agrovila 1. Através dessa entrevista, os habitantes relataram que não sabiam que poderiam utilizar os resíduos para a produção de energia. Eles também desconheciam o fato dos resíduos agredirem o meio ambiente. Mostraram bastante interesse na implantação do biodigestor e se tivessem oportunidade ou auxílio, gostariam muito de utilizá-lo.

Baseando-se na Tab. 1 e Tab. 2 referente às pesquisas de Cereda (1994), vemos que ele obteve o resultado de que a cada tonelada de amido produzido são gerados aproximadamente 6,2 metros cúbicos de metano. A Tab.3 mostra a produção de mandioca e a quantidade de energia que seria gerada utilizando seus resíduos. O maior produtor da comunidade da Agrovila 1 produz por mês 126.000 kg de resíduos gerando um total de 718,2 m<sup>3</sup> produzindo 445,284 kWh por mês, a produção anual do município de Tefé é de 4.2 Mkg que gera 26.040 m<sup>3</sup> de metano produzindo 16.144,8 kWh de eletricidade. A média de consumo de energia elétrica pelas famílias da comunidade é de 80 Kw/h por mês, dessa forma apenas o maior produtor da região poderia fornecer energia para 5,56 famílias da comunidade que é formada por 25 famílias que também produzem mandioca.

Tabela 3 – Quantidade de energia elétrica gerada por quantidade de amido produzido.

	10 <sup>3</sup> kg	m <sup>3</sup>	kWh
	0,1	0,62	1
Agrovila 1	126000	781,2	1260
Tefé	4,2 Mkg	26040	42000

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos em nossas pesquisas mostraram que se fosse implantado um biodigestor na comunidade da Agrovila 1, este seria aproveitado ao máximo pelos agricultores devido aos seus benefícios que combinam com o perfil energético da comunidade, suprimindo suas necessidades e trazendo melhoria de vida a todas as famílias que cultivam a mandioca, pois evitaria a poluição dos mananciais e aumentaria a renda econômica da comunidade e da cidade.

#### Agradecimentos

Agradeço a Paula Loredana, Abraão de Souza e aos agricultores da Agrovila 1 pelo desenvolvimento das pesquisas relacionadas a este artigo.

#### REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Lílian Falcão de, 2009. Agro-combustíveis: solução para a crise energética ou ameaça a soberania alimentar? BARANA, A C. Despoluição da manipueira e uso em fertilização do solo. I Simpósio Nacional sobre a Manipueira. Vitória da Conquista-Bahia, 2008. (Palestra durante o I Simpósio Nacional sobre a Manipueira).
- BARBOSA, R .A. Nova tecnologias em biodigestores. In. Simpósio Nacional de Fermentação, 5, 1982, Viçosa, Minas Gerais.
- CENBIO - Centro Nacional de Referência em Biomassa. Projeto: Instalação e Testes de uma Unidade de Demonstração de Geração de Energia Elétrica a partir de Biogás de Tratamento de Esgoto □ ENERGI-BIOG. Relatório Técnico Final. São Paulo, 2005.
- CEREDA, M.P, Resíduos da industrialização de mandioca no Brasil. In: Resíduos da Industrialização da mandioca São Paulo. Editora Paulicéia, p.28-34 1994.
- GASPAR, Rita Maria Bedran Leme, 2003. Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-PR.
- IDAM – Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas. Plano operativo da produção agrícola de Tefé. 2012.
- IPNI-BRASIL – Instituto Nutrição de Planta Internacional. Balanço de Nutrientes na Agricultura no período de 1988 a 2010. Jornal Informações Agrônomicas, nº 135, Setembro/2011.
- NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta. Biodigestão: a alternativa energética. São Paulo: Nobel, 1986.
- SILVA, I.T., SILVA, I. M. O., ROCHA, B. R. P. Geração de energia a partir de resíduos de mandioca para agricultura familiar no Estado do Pará. In 4º Congresso Internacional sobre Geração Distribuída de Energia no Meio Rural – AGRENER GD 2002, 29 a 31 de outubro de 2002, Campinas, SP, Brasil.

SOUZA, Abraão Alexandre de, 2012. Poluição do ambiente por meio dos resíduos gerados no processo de produção da farinha a partir de mandioca (*Manihot sp.*) e possíveis destinações para esses rejeitos.  
TARRENTO, Gilson Eduardo, 2006. Análise da implantação de biodigestores em pequenas propriedades rurais, dentro do contexto da produção limpa.

**POTENTIAL FOR ELECTRICITY GENERATION OUT OF CASSAVA WASTE IN BIODIGESTERS IN  
TEFÉ CITY IN AMAZONAS**

**Abstract.** *The objective of the accomplished research was to identify a way for which of the communities of the municipal district of Tefé (AM) were able for the environment degradation generated by residues of the cassava production and to obtain benefits through the use of those residues in their farms and houses, analyzing the results to know if the way chosen will supply the farmers' needs, being determined that an anaerobic digester would be the best way to reach the objectives of the research providing the maintainable development of the area.*

**Key words:** *Anaerobic Digester, Residues, Cassava, Electric Power, Biogas.*