



Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"

VALTER EUGENIO SAIA JUNIOR

**APLICAÇÃO DE SUBPRODUTOS INDUSTRIAIS NA PRODUÇÃO DE
BIOFERTILIZANTES**

Assis
2011

VALTER EUGENIO SAIA JUNIOR

APLICAÇÃO DE SUBPRODUTOS INDUSTRIAIS NA PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTES

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação

Orientador: Prof.^a MS. Gilcelene Bruzon

Área de Concentração: Química

Assis
2011

FICHA CATALOGRÁFICA

SAIA, VALTER EUGENIO JUNIOR

Aplicação de Subprodutos Industriais na Produção de Biofertilizantes / Valter Eugenio Saia Junior. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA -- Assis, 2011.

66 p.

Orientador: Gilcelene Bruzon.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1. Biodigestor. 2. Biofertilizante.

CDD:660
Biblioteca da FEMA

APLICAÇÃO DE SUBPRODUTOS INDUSTRIAIS NA PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTES

VALTER EUGENIO SAIA JUNIOR

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Municipal
de Ensino Superior de Assis, como
requisito do Curso de Graduação,
analisado pela seguinte comissão
examinadora:

Orientador: Prof^a. Ms. Gilcelene Bruzon

Analisador: Prof^a. Dr^a Mary Leiva de Faria

Assis
2011

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho para minha família e para todos aqueles que acreditam no meu sucesso profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me mostrado o caminho da Química, que é uma ciência tão maravilhosa, divina e encantadora. Sinto-me feliz e honrado por estar me tornando químico, sem Deus jamais conseguiria!.

Agradeço aos meus pais Valter Eugenio Saia e Marize C. de Souza Saia, por me apoiarem quando decidi começar o curso de química, dando-me apoio e ajuda em todos os momentos em que precisei, e as minhas queridas irmãs Carolina e Maria Luiza, que sempre quando eu ia para casa, me davam atenção.

A minha namorada e futura esposa, Aline Fernanda, por sempre me motivar e sempre fazer com que me sentisse feliz, me inspirando e me ajudando a superar as dificuldades.

A professora, Gilcelene Bruzon, pela orientação, amizade e pelo constante estímulo e atenção transmitidos durante o trabalho.

Agradeço também a Prof^a. Dr^a. Mary Leiva de Faria, pelo apoio e compreensão, assim como a Prof.^a Dr^a. Rosângela Aguilar da Silva, pelas caronas até minha cidade, Marília-SP.

Onde estiver o teu tesouro, também estará o teu coração!

Jesus Cristo

RESUMO

O uso de produtos alternativos como os biofertilizantes na agricultura vem crescendo em todo o Brasil, pois há a preocupação pela busca de insumos menos agressivos ao meio ambiente, que possibilitem o desenvolvimento de uma agricultura menos dependente de produtos industrializados. Este trabalho descreve a aplicação de subprodutos industriais na produção de biofertilizante em um Biodigestor caseiro, modelo batelada, de simples construção, onde foi utilizado como base esterco bovino, adicionado com água, em um processo de fermentação anaeróbica. A este esterco foram adicionados cinzas, lodo industrial e glicerol de biodiesel, subprodutos industriais. Para avaliar a eficiência destes subprodutos foram feitas três amostras contendo 10%, 20% e 30% em cada biodigestor. Um biodigestor foi montado sem adição de nenhum subproduto, apenas água e esterco. Após 45 dias de fermentação, o material foi coletado e as análises físico-químicas foram realizadas para quantificação de nitrogênio, fósforo, potássio e carbono orgânico. Os resultados de NPK e carbono orgânico da adição de glicerol nas proporções de 10%, 20% e 30% foram respectivamente: 10% (0,67%, 0,33%, 1,85% e 3,32%); 20% (0,50%, 0,56%, 2,34% e 9,04%) e 30% (0,37%, 0,24%, 4,43% e 9,16%). Os resultados da adição de cinzas de madeira foram: 10% (1,03%, 1,60%, 2,13% e 22,50%); 20% (0,83%, 1,85%, 2,13% e 24,23%) e 30% (0,73%, 1,78%, 5,97% e 30,97%). Já como os resultados da adição de lodo industrial foram: 10% (1,50%, 0,55%, 0,78% e 5,80%); 20% (1,32%, 0,75%, 0,67% e 5,87%) e 30% (2,02%, 0,77%, 0,67% e 4,87% respectivamente. O biodigestor contendo apenas água e resultou, obteve nos seguintes valores de nitrogênio, fósforo, potássio e carbono orgânico: (1,05%, 0,67%, 0,60% e 0,42%). De uma maneira geral, comparando os resultados obtidos, verificou-se que é viável a adição de subprodutos industriais no esterco bovino, pois os mesmos apresentaram valores aceitáveis de nitrogênio, fósforo, potássio e carbono orgânico para utilização na agricultura.

Palavras-chave: Biodigestor; Biofertilizante.

ABSTRACT

The use of alternative products such as bio-fertilizers in agriculture is growing in Brazil, because there is concern by seeking inputs less harmful to the environment, to enable the development of an agriculture less depend on industrial products. This paper describes the application of industrial byproducts in the production of biofertilizer in Biodigester a homemade batch model, simple construction, which was used as a base manure, added to water in an anaerobic fermentation process. The ashes were added to this sludge, industrial sludge and glycerol from biodiesel industrial by products. To evaluate the efficiency of these products were made three samples containing 10%, 20% and 30% in each digester. A digester was built without adding any by-product, only water and manure. After 45 days of fermentation, the material was collected and the physical-chemical analysis were performed to quantify nitrogen, phosphorus, potassium and organic carbon. The results of NPK and organic carbon of glycerol in the proportions of 10%, 20% and 30% were respectively: 10% (0,67%, 0,33% ,1,85% and 3,32%); 20% (0.50%, 0.56%, 2.34% and 9.04%) and 30% (0.37%, 0.24%, 4.43% and 9.16%). As the results of adding wood ash were: 10% (1.03%, 1.60%, 2.13% and 22.50%); 20% (0.83%, 1.85%, 2 13% and 24.23%) and 30% (0.73%, 1.78%, 5.97% and 30.97%). As well as the results of the addition of industrial sludge were 10% (1.50%, 0.55%, 0.78% and 5.80%); 20% (1.32%, 0.75%, 0, 67% and 5.87%) and 30% (2.02%, 0.77%, 0.67% and 4.87% respectively. The result of the digester containing only water and manure, obtained the following values of nitrogen, phosphorus, potassium and organic carbon (1.05%, 0.67%, 0.60% and 0.42%). In general, comparing the results obtained, it is possible that the addition of industrial by-products in cattle manure, as they had acceptable values of nitrogen, phosphorus, potassium and organic carbon for use in agriculture.

Keywords: Digester, Biofertilizer.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Biofertilizante líquido.....	19
Figura 2	– Modelo Manta de PVC.....	20
Figura 3	– Ciclo de um biodigestor.....	21
Figura 4	– Benefícios do biodigestor.....	23
Figura 5	– Etapas da digestão anaeróbica.....	24
Figura 6	– Reação da glicose.....	25
Figura 7	– Reação de dessulfatação – Sufetogênese.....	26
Figura 8	– Reação de degradação da matéria orgânica – metanogênese..	27
Figura 9	– Reações envolvidas no processo de biodigestão.....	27
Figura 10	– Estrutura molecular do glicerol.....	29
Figura 11	– Reação de transesterificação.....	30
Figura 12	– Diferenças de fases do biodiesel e glicerol.....	30
Figura 13	– Cinzas de madeira.....	32
Figura 14	– Lodo industrial.....	32
Figura 15	– Chama de um biodigestor.....	34
Figura 16	– Escala de pH.....	42
Figura 17	– Escala de cores do indicador verde de bromocresol.....	42
Figura 18	– Escala de cores do verde de bromocresol de acordo com o pH da solução.....	43
Figura 19	– Adição do indicador verde de bromocresol na água.....	43
Figura 20	– Biodigestores em garrafas acopladas com água na presença do Indicador verde de bromocresol.....	44
Figura 21	– Esterco bovino fresco.....	47
Figura 22	– Biodigestores com vedante nas tampas.....	47

Figura 23	– Biodigestores com adição de glicerol bruto, nas proporções 10%, 20% e 30%.....	48
Figura 24	– Biodigestores com adição de cinzas, nas proporções 10%, 20% e 30%.....	48
Figura 25	– Biodigestores com adição de lodo industrial, nas proporções 10%, 20% e 30%.....	48
Figura 26	– Biodigestor, com apenas mistura de água e esterco.....	49
Figura 27	– Biodigestores, acoplados em garrafas submersas em água.....	49
Figura 28	– Glicerol – 10%, 20% e 30%.....	57
Figura 29	– Cinzas – 10%, 20% e 30%.....	57
Figura 30	– Lodo – 10%, 20% e 30%.....	57
Figura 31	– Visualização gráfica dos biofertilizantes contendo adição de Glicerol bruto.....	59
Figura 32	– Visualização gráfica dos biofertilizantes contendo adição de Cinzas de madeira.....	60
Figura 33	– Visualização gráfica dos biofertilizantes contendo adição de Lodo industrial.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Composição do biogás.....	35
Tabela 2	- Relação de comparação de produção do volume de biogás em diferentes tipos de energia.....	36
Tabela 3	- Relação necessária de Biogás por dia para uma família de 5 pessoas.....	36
Tabela 4	- Resultado Análises – Cinza, lodo e glicerol puro.....	55
Tabela 5	- pH das garrafas que receberam gás sulfídrico, oriundo do processo.....	56
Tabela 6	- Resultados do biofertilizante contendo água e esterco.....	58
Tabela 7	- Resultados do biofertilizante contendo 10%, 20% e 30% de glicerol bruto.....	59
Tabela 8	- Resultados do biofertilizante contendo 10%, 20% e 30% de cinzas de madeira.....	60
Tabela 9	- Resultados do biofertilizante contendo 10%, 20% e 30% de lodo industrial.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

pH	Potencial de Hidrogênio
GEE	Gases do Efeito estufa
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IMESA	Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
FEMA	Fundação Educacional do Município de Assis
NPK	Nitrogênio, Fósforo e Potássio
CEPECI	Centro de Pesquisa em Ciências

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	17
2.	BIOFERTILIZANTE.....	19
3.	HISTÓRICO SOBRE BIODIGESTORES.....	20
4.	BIODIGESTORES.....	21
4.1	BENEFÍCIOS DO BIODIGESTOR.....	22
4.1.1	Obtenção de Biogás.....	22
4.1.2	Utilização do Biogás.....	22
4.1.3	Produção de Biofertilizante.....	22
4.1.4	Melhoria da Condição de Higiene.....	22
4.1.5	Benefícios Ambientais.....	23
4.1.6	Benefícios Sociais e Econômicos.....	23
4.1.7	Benefícios em Geral.....	23
5.	FERMENTAÇÃO ANAERÓBICA.....	24
5.1	METABOLISMO ANAERÓBICO.....	25
5.2	GERAÇÃO DE ENERGIA NAS REAÇÕES BIOQUÍMICAS.....	26
6.	SUBPRODUTOS PARA ENRIQUECIMENTO DO BIOFERTILIZANTE.....	28
6.1	GLICEROL.....	28
6.1.1	Características.....	28
6.1.2	Glicerol a partir do Biodiesel.....	29
6.1.3	Reação de Transesterificação.....	30
6.2	CINZAS DE MADEIRA.....	31

6.2.1	Correção Ácida do Solo.....	31
6.3	LODO INDUSTRIAL.....	32
7.	BIOGÁS.....	34
8.	NUTRIÇÃO DAS PLANTAS.....	38
8.1	AÇÃO DA ADUBAÇÃO QUÍMICA NO SOLO.....	38
8.2	A ILUSÃO DA PROPAGANDA.....	39
8.3	USO DO BIOFERTILIZANTE.....	40
9.	METODOLOGIA DE APENDIZAGEM NO ENSINO	
	MÉDIO.....	41
9.1	A IMPORTÂNCIA DA ATIVIDADE PRÁTICA NO ENSINO DE QUÍMICA.....	41
9.2	O QUE É pH.....	41
9.3	INDICADOR VERDE DE BROMOCRESOL.....	42
9.4	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	43
10.	MATERIAS E MÉTODOS.....	45
10.1	MATERIAIS UTILIZADOS.....	45
10.1.1	Materiais utilizado na construção dos biodigestores.....	45
10.1.2	Materiais utilizados nas análises físico-químicas.....	45
10.2	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	47
10.2.1	Construção dos biodigestores.....	46
10.2.2	Método de análises do biofertilizante.....	50
10.2.2.1	Nitrogênio Orgânico Total – N.....	50
10.2.2.2	Fósforo – P ₂ O ₅	51
10.2.2.3	Potássio – K ₂ O.....	52
10.2.2.4	Carbono Orgânico Total.....	53
10.2.2.5	Matéria Mineral (MM) ou Resíduo Mineral Fixo.....	53
10.2.2.6	Umidade – U.....	54

11.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
11.1	pH DAS GARRAFAS QUE RECEBERAM O GÁS SULFÍDRICO.....	56
11.1.1.	Coloração.....	56
11.2	BIOFERTILIZANTE CONTENDO ÁGUA E ESTERCO (BRANCO).....	58
11.3	RESULTADOS BIOFERTILIZANTES COM ADIÇÃO DE GLICEROL.....	59
11.4	RESULTADOS BIOFERTILIZANTES COM ADIÇÃO DE CINZAS DE MADEIRA.....	60
11.5	RESULTADOS BIOFERTILIZANTES COM ADIÇÃO DE LODO INDUSTRIAL.....	61
12.	CONCLUSÃO.....	62
	REFERÊNCIAS :.....	63

1. INTRODUÇÃO

Atividades industriais são responsáveis pela geração de resíduos orgânicos e inorgânicos, os quais são denominados poluentes ambientais. Dar um destino a estes poluentes tornou-se obrigatório e dessa forma tornou-se interessante estudar a sua aplicação no cultivo das plantas (LOPES et al., 2004).

Resíduos como glicerol, cinza e lodo industrial são considerados resíduos da indústria. O programa Nacional de produção do Biodiesel, lançado pelo Governo Federal, introduz o biodiesel no setor energético brasileiro, com a perspectiva de aumento do glicerol bruto subproduto gerado na obtenção do biodiesel. Para cada 100 litros de biodiesel são produzidos 10 quilos de Glicerol. Isto implica na busca por estudos para o aproveitamento economicamente viável do glicerol (LARSEN, 2009).

Segundo Lima et al. (2007), a adição de cinzas tem a grande vantagem de contribuir para a elevação do pH e redução do Al, fornece importantes nutrientes as plantas, principalmente P e K.

A aplicação do lodo industrial como biofertilizante na agricultura tem como benefício transformar um resíduo em um importante insumo agrícola, diminuindo os efeitos causados pela incineração e disposição em aterros e rios e reduzindo a dependência dos fertilizantes químicos (VILELA, 2009).

O uso de produtos alternativos como os biofertilizantes na agricultura vem crescendo em todo o Brasil, pois há a preocupação pela busca de insumos menos agressivos ao meio ambiente, que possibilitem o desenvolvimento de uma agricultura menos dependente de produtos industrializados (MEDEIROS et al., 2007).

Nos processos anaeróbicos são empregados microorganismos que degradam a matéria orgânica presente no efluente, na ausência de oxigênio molecular. O processo de digestão anaeróbica pode ser dividido em quatro fases características: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Uma fase alternativa pode ocorrer, quando na presença de sulfato, chamada de sulfetogênese (GUIMARÃES et al., 2001).

Para a degradação dos resíduos, são utilizados biodigestores. O resíduo gerado, os efluentes, podem ser utilizados como biofertilizantes para as culturas. Estudos mostram que o biofertilizante além de ser um adubo orgânico sem presença de ovos, sementes de pragas e agentes causadores de doenças, são condicionadores do solo, melhorando suas propriedades físico-químicas e biológicas (MORAIS, 1983).

Mais da metade dos sólidos totais da matéria prima que são adicionados nos biodigestores são convertidos em ácidos orgânicos ou biogás. A parte biogás é utilizada como fonte de energia e o restante da biomassa fermentada, o efluente de biodigestor, consiste de todos os minerais que se encontravam presentes na matéria prima que sofreu digestão, além disso, contém grande quantidade de células microbianas (MORAIS et al., 1983).

Este trabalho tem como objetivo aplicar subprodutos industriais, para produção de biofertilizante por meio da fermentação anaeróbica do esterco bovino, adicionado com os seguintes subprodutos industriais: glicerol bruto (subproduto do biodiesel), cinzas de madeira e lodo industrial em diferentes concentrações, avaliando os teores de Nitrogênio, Fósforo, Potássio e carbono orgânico.

2. BIOFERTILIZANTE

Bio quer dizer vida e fertilizante significa adubo, ou seja, biofertilizante é um adubo vivo, na qual contém organismos vivos que ajudam no controle de doenças e possuem minerais que irão nutrir as plantas (WEINGARTNER et al., 2006).

Os biofertilizantes (figura 1) apresentam compostos bioativos, que são resultantes da biodigestão de compostos orgânicos de origem animal e vegetal. Em seu conteúdo são encontradas células vivas ou latentes, de microrganismos do metabolismo anaeróbico e também metabólitos e quelatos organominerais em solutos aquoso, no qual esses metabólitos são compostos de enzimas, proteínas, toxinas, vitaminas, antibióticos, fenóis, ésteres e ácidos, de ação fito-hormonal, produzidos e liberados pelos microrganismos (MEDEIROS et al., 2006).

Nos processos de fermentação é possível utilizar produtos para aumentar a velocidade de fermentação, ou seja, produtos que vão alimentar as bactérias que farão a decomposição da matéria orgânica. Tais produtos são chamados de catalisadores (soro de leite, caldo de cana, açúcar mascavo, melaço) WEINGARTNER, et al., 2006).



Figura 1 – Biofertilizante líquido.

3. HISTÓRICO SOBRE BIODIGESTORES

Apesar do processo de Biodigestão anaeróbica ser conhecido a longos tempos, apenas recentemente é que tem sido desenvolvido mundialmente. A China tem sido o país que mais desenvolveu o biogás no cenário rural, visando atender principalmente a energia para cozimento e iluminação doméstica. A Índia também tem desenvolvido uma larga propagação com biodigestores, possuindo um total de 150 mil unidades instaladas. No Brasil os estudos com biogás foram iniciados de maneira mais intensa em 1976, porém, os resultados alcançados já assegura um bom domínio tecnológico e qualifica o Brasil como apto a desenvolver um vasto programa em âmbito nacional com biogás, no setor agrícola ou no setor industrial (GOLVÊA et al., 2010).

No Brasil, na década de 80 os biodigestores (figura 2) tiveram maior desenvolvimento quando contaram com grande apoio dos Ministérios da Agricultura e de Minas e Energia. Cerca de 8.000 unidades, principalmente os modelos chinês e indiano, além de alguns de plástico tinham sido construídos até 1988, nas quais 75% deles estavam funcionando adequadamente (ANDRADE et al., 2001).

Ainda existe por parte da sociedade um pré-conceito em relação a esta tecnologia, sendo ela uma opção apenas para pessoas de baixa renda, associada ao subdesenvolvimento e não como uma tecnologia que promove a reciclagem dos nutrientes e o aproveitamento energético de resíduos. Uma tecnologia que na realidade deve ser utilizada por todos na busca da sustentabilidade ambiental (ANDRADE et al., 2001).



Figura 2 – Modelo Manta de PVC (In: LEME, 2007).

4. BIODIGESTORES

Na prática a produção de biogás é possível com a utilização de um equipamento denominado de biodigestor (figura 3). O biodigestor constitui-se de uma câmara fechada onde é colocado o material orgânico, em solução aquosa, o qual sofre decomposição, gerando o biogás (DEGANUTTI et al, 2001).

O biodigestor, além de produzir gás, limpa os resíduos não-aproveitáveis de uma propriedade rural e gera fertilizante. É considerado por alguns como um poço de petróleo, uma fábrica de fertilizantes e uma usina de saneamento, unidos em um único equipamento (BARRERA, 1993).

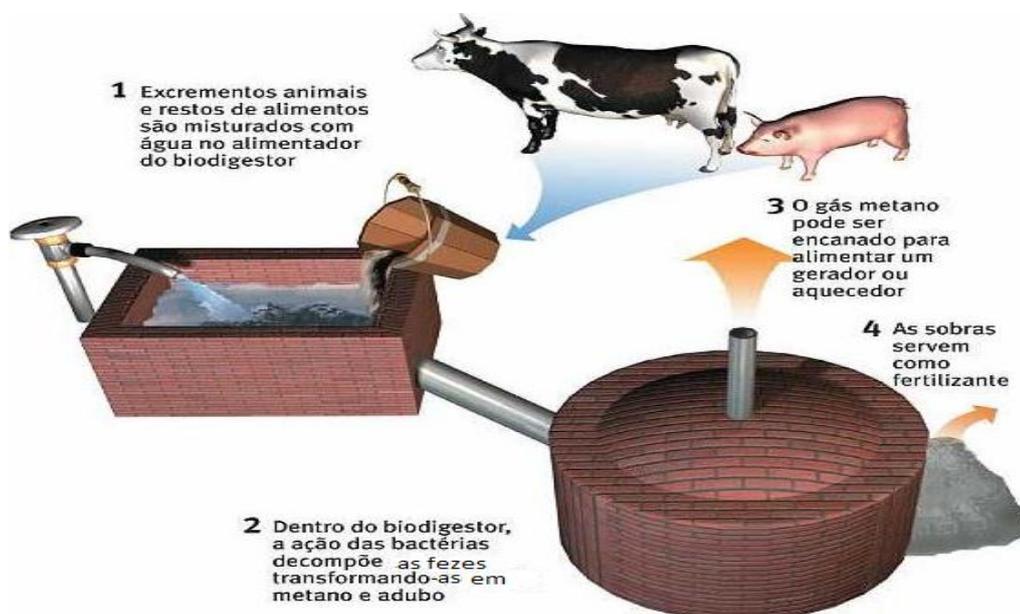


Figura 3 – Ciclo de um Biodigestor (In: NETO, 2010)

4.1 BENEFÍCIOS DO BIODIGESTOR

De acordo com (OLIVER et al., 2008), entre os benefícios, encontrados com a utilização dos biodigestores, destacam-se:

4.1.1 Obtenção de Biogás

Energia renovável e limpa. Substituinte ao gás de cozinha, pois a queima do biogás não desprende fumaça e não deixa resíduos nas panelas.

4.1.2 Utilização do Biogás

O Biogás pode ser utilizado em fogões, lampiões, geladeiras, chocadeiras, motores de combustão interna, geradores de energia elétrica.

4.1.3 Produção de Biofertilizante

É utilizado na agricultura, podendo substituir fertilizantes industriais.

4.1.4 Melhoria da Condição de Higiene

Melhoria das condições de higiene para os animais e para as pessoas. A limpeza das instalações dos animais reduz a contaminação do ambiente por microorganismos nocivos e parasitos. Reduz também a proliferação de moscas e a mortalidade animal, aumentando conseqüentemente a produção de leite o ganho de peso, influenciando assim na qualidade dos produtos.

4.1.5 Benefícios Ambientais

Redução de emissão de gases causadores do efeito estufa (GEE), preservação da flora e fauna, pois o biogás sendo utilizado como substituto da lenha, não existe a necessidade do corte de árvores e redução de odores desagradáveis, que provém do estágio de decomposição das fezes dos animais.

4.1.6 Benefícios Sociais e Econômicos

O biogás gera economia de GLP, óleo diesel e lenha, além da produção e distribuição de energia elétrica (OLIVER et al., 2008).

4.1.7 Benefícios em Geral

Segue na figura 4 um resumo dos benefícios possíveis a partir do uso de biodigestores para produção de biofertilizantes



Figura 4 – Benefícios do Biodigestor

5. FERMENTAÇÃO ANAERÓBICA

Na decomposição anaeróbia de resíduos (figura 5), muitos microorganismos trabalham em conjunto para converter a porção orgânica de tais resíduos em produtos estáveis. Em uma primeira fase, denominada hidrólise, um grupo de microorganismos é responsável por hidrolisar material orgânico polimérico, lipídios e outras moléculas de alto peso molecular, transformando-os em açúcares, aminoácidos, peptídios e compostos relacionados, em um processo no qual a atuação de enzimas é de fundamental importância. A segunda fase consiste na transformação dos produtos da primeira etapa em ácidos graxos de cadeia longa, ácidos propiônico e butírico, além de certa quantidade de ácidos fórmico e acético. Nessa etapa, a razão entre as formas protonada e desprotonada dos ácidos será fruto da constante de ionização de cada ácido envolvido e do pH do meio. A terceira etapa, denominada de acetogênese, envolve a transformação dos ácidos de cadeias que contêm mais do que três átomos de carbono em ácidos acético e fórmico, além de acetato, dióxido de carbono e hidrogênio. Por fim, um quarto grupo de bactérias, denominadas metanogênicas, converte os produtos da terceira etapa em gás metano além de CO_2 e H_2O (FADINI et al., 2001).

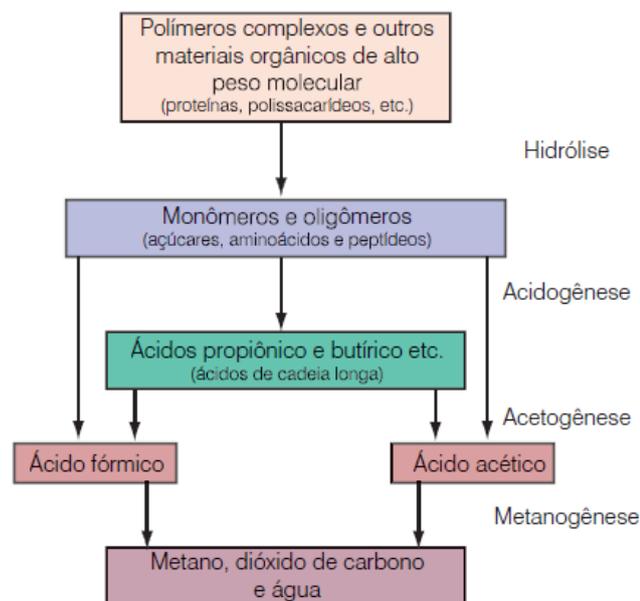


Figura 5 - Etapas da digestão anaeróbia (In: FADINI et al., 2001).

A descrição do processo em quatro etapas é uma simplificação dos complexos mecanismos envolvidos no metabolismo anaeróbio. A estimativa é de que mais de 130 espécies de diferentes microorganismos podem coexistir dentro de um mesmo reator, dentre eles espécies de bactérias, fungos, leveduras e actinomicetos (FADINI et al., 2001).

Outra etapa que pode ocorrer, é quando existe a presença de sulfatos, sendo a sulfetogênese, ou seja, formação de H₂S no meio, oriundo da atuação das bactérias redutoras de sulfato que competem com as metanogênicas pelo mesmo substrato, o acetato (GUIMARÃES et al., 2001).

Segundo Guimarães et al. (2001), a matéria orgânica normalmente presente em águas residuais é composta basicamente por carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, enxofre e outros elementos em menor proporção, porém essenciais para a ocorrência dos processos biológicos desse material. No processo anaeróbico são empregados microorganismos que degradam a matéria orgânica presente no efluente, sem a presença de oxigênio molecular. Nesse tipo de processo, a grande maioria de microorganismos que compõem a microfauna também é de bactérias, basicamente as acidogênicas e as metanogênicas.

5.1 METABOLISMO ANAERÓBICO

Em relação ao metabolismo anaeróbio, a degradação da matéria orgânica é realizada em várias etapas distintas como visto anteriormente e por diferentes espécies de bactérias. No entanto, pode-se descrevê-lo simplificado como exemplo utilizando-se a glicose. Neste caso, o carbono aparece entre os produtos no seu mais alto estado de oxidação (4+), na molécula de CO₂, e em seu estado mais reduzido (4-), na molécula de CH₄ (GUIMARÃES et al., 2001) (figura 6).

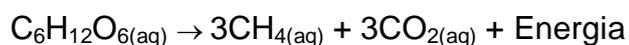


Figura 6 – Reação da glicose (In: GUIMARÃES et al., 2001, p.21)

Segundo Guimarães et al. (2001), desde o início da degradação da matéria orgânica complexa até os produtos finais (principalmente CH₄ e CO₂), existe um sintrofismo, entre as várias espécies de bactérias, atuando seqüencial e simultaneamente, ou seja, os produtos de degradação são os substratos para uma etapa seguinte.

De acordo com a temperatura na qual as bactérias atuam de maneira mais eficiente na degradação da matéria orgânica, elas são classificadas como criofílicas (-10-30 °C), mesofílicas (20-50 °C) e termofílicas (45-75 °C), (FADINI, et al., 2001).

Na natureza os processos anaeróbios ocorrem geralmente em ambientes onde a entrada de oxigênio é dificultada. Tais processos são algumas vezes percebidos pelo cheiro desagradável que liberam, uma vez que a respiração que utiliza o SO²⁻ como receptor de elétrons produz H₂S (figura 7), com seu característico cheiro de ovo podre (FADINI et al., 2001).

Dessulfatação (Sulfetogênese):

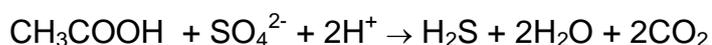


Figura 7 – Reação de dessulfatação – Sufetogênese (In: GUIMARÃES et al., 2001, p.21)

5.2 GERAÇÃO DE ENERGIA NAS REAÇÕES BIOQUÍMICAS

Os microorganismos que se encontram na degradação dos diversos compostos presentes nas fezes de origem animal são heterotróficos, ou seja, os compostos de carbono são as fontes de energia e alimento que esses seres vivos utilizam para a manutenção de sua atividade biológica. As principais reações bioquímicas que ocorrem para geração de energia são as condições anaeróbias com degradação da matéria orgânica (metanogênese) (figura 8).

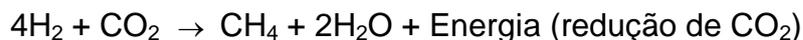
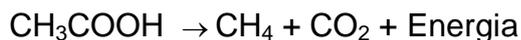


Figura 8 – Reação de degradação da matéria orgânica – Metanogênese (In: GUIMARÃES et al., 2001, p.21)

Segundo FADINI et al. (2001), acredita-se que podem existir vários microorganismos dentro de um mesmo reator, ou seja, são várias as espécies que podem interferir nos processos de produção do metano, no entanto afirma-se que muitas espécies ajudam na produção do metano e não apenas o ácido fórmico e o acetato. De uma maneira geral, a formação do gás metano (figura 9), pode ser vista a partir de diferentes substratos:

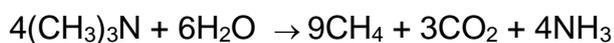
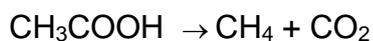
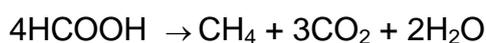
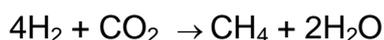


Figura 9 – Reações envolvidas no processo de digestão (In: FADINI, et al., 2001, p. 15).

6. SUBPRODUTOS PARA ENRIQUECIMENTO DO BIOFERTILIZANTE

6.1 GLICEROL

O glicerol, conhecido também como 1,2,3 propanotriol, foi descoberto por Scheele em 1779, durante o processo de saponificação do azeite de oliva. Atualmente, o glicerol possui ampla aplicação industrial, com destaque na fabricação de resinas sintéticas, gomas de éster, remédios, cosméticos, pastas de dentes. O glicerol também é utilizado em grandes quantidades no processamento de tabaco e alimentos. Este álcool com três hidroxilas, incolor, viscoso, higroscópico e de sabor adocicado é um importante intermediário no metabolismo dos organismos vivos, sendo encontrado naturalmente na forma combinada como glicerídeos em animais, gorduras vegetais e óleos. O glicerol também pode ser recuperado como um subproduto quando estes óleos são saponificados no processo de fabricação industrial de sabão, separado diretamente de gorduras na produção de ácidos graxos ou na produção de biodiesel (ARRUDA et al., 2007).

Segundo Bernesson (2007), o glicerol não tem valor como fertilizante, a menos que contém resíduos de potássio oriundo do catalisador (cerca de 0,6%) utilizado no processo de transesterificação, e possivelmente também os resíduos de fósforo (cerca de 0,16%) a partir do ácido fosfórico, que pode ser usado para neutralizar o catalisador.

6.1.1 Características

Dentre as principais características físico-químicas do glicerol destacam-se as propriedades de ser um líquido oleoso, incolor, viscoso e de sabor doce, solúvel em água e álcool em todas as proporções e pouco solúvel em éter, acetato de etila e

dioxano e insolúvel em hidrocarbonetos. Devido à combinação de propriedades físico-químicas como não toxicidade, ausência de cor e odor, o glicerol (figura 10) é uma substância com grande variedade de aplicações (ARRUDA et al., 2007).

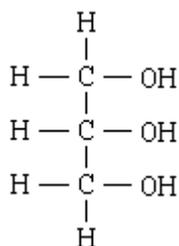


Figura 10 - Estrutura Molecular do Glicerol (In: InfoEscola, 2011)

6.1.2 Glicerol a partir do Biodiesel

A produção de biodiesel no Brasil está bastante acelerada, já que o governo brasileiro estabeleceu a obrigatoriedade da adição de biodiesel ao diesel mediante a lei 11097/2005. No ano 2013, a quantidade de biodiesel a ser adicionado deverá alcançar 5 % do volume total de diesel utilizado. O glicerol é o principal subproduto gerado na produção de biodiesel, sendo que aproximadamente 10 % do volume total de biodiesel produzido correspondem a glicerol (RIVALDI et al., 2000).

Com o objetivo de evitar futuros problemas derivados da acumulação de glicerol e para tornar a produção de biodiesel mais competitiva, é necessária a busca por alternativas para o uso do glicerol bruto gerado nesta produção. O glicerol obtido resultante da transesterificação de triglicerídios com álcool apresenta impurezas como água, sais, ésteres, álcool e óleo residual, que lhe conferem um baixo custo (OOI et al., 2010).

A rentabilidade de muitos processos químicos depende em parte, da venda dos subprodutos, na qual permite a redução dos custos de produção e conseqüentemente, do preço final do produto. Dessa maneira, existe um grande interesse na purificação do glicerol ou no seu reaproveitamento direto, sem tratamento, o que proporcionará à viabilização do processo de produção de

biodiesel, permitindo o biodiesel se torne mais competitivo no mercado de bicomcombustíveis (RIVALDI et al., 2000).

6.1.3 Reação de Transesterificação

O Biodiesel é fabricado através de um processo químico chamado transesterificação (figura 11) onde a glicerina é separada da gordura ou do óleo vegetal (figura 12). Os trigliceróis de origem animal/vegetal reagem com o álcool na presença de um catalisador, produzindo o glicerol (subproduto) e o éster metílico de ácido graxo (biodiesel). O processo gera dois produtos, ésteres (o nome químico do biodiesel) e glicerina (SAIA, 2010).

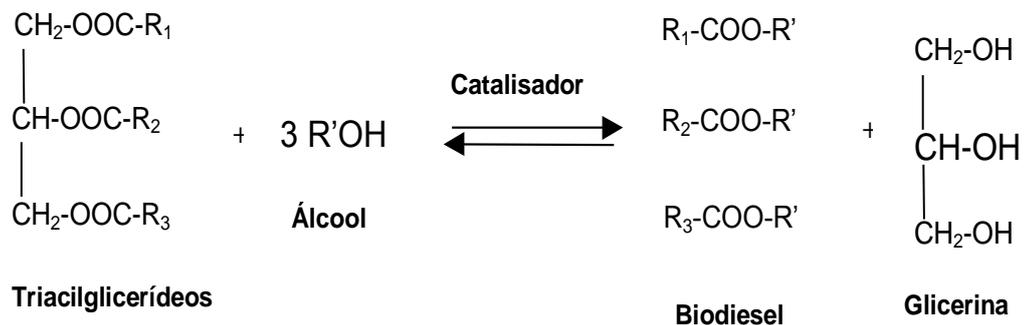


Figura 11 – Reação de Transesterificação (In: SOUZA 2006, p.2)



Figura 12 – Diferenças de Fases do Biodiesel e Glicerol.

6.2 CINZAS DE MADEIRA

Cinza é um resíduo proveniente da queima da madeira, na qual dependendo de sua origem, pode apresentar elevados teores de K, P, Ca e Mg, podendo ser utilizado como suplemento nutricional (SOFIATTI et al., 2007).

A aplicação de cinza de madeira na agricultura reduz a necessidade do uso de fertilizantes químicos, contribuindo para a redução da acidificação do solo e aumento do suprimento de cálcio (SOFIATTI et al., 2007).

6.2.1 Correção Ácida do Solo

O solo ácido dificulta a produção agrícola em grande parte do mundo, inclusive nas zonas tropicais, em decorrência da toxidez por Al^{3+} e/ou Mn^{2+} e/ou baixos níveis de Ca^{2+} e Mg^{2+} o que ocasiona baixa saturação por bases. Nessas condições, a aplicação de calcário é a maneira mais econômica, rápida e eficiente para resolver esses problemas, pois, eleva o pH, diminui a solubilidade do Al e aumenta a retenção de cátions (CAMPANHARO et al., 2007) .

A utilização de cinza de madeira foi a única maneira de adubação potássica empregada na agricultura até o descobrimento das jazidas de sais potássicos solúveis. A quantidade de K_2O existente nas cinzas de madeira pode variar conforme o tipo de madeira, mas geralmente pode conter entre 5-25% K_2O .

Dentre os nutrientes que podem ser encontrados nas cinzas de madeira (figura 13), o cálcio se apresenta sob a forma de cal viva (CaO) que aos poucos passa a carbonato de cálcio (CaCO_3) e ao se adicionar água à cal, forma-se hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), que é a cal extinta. Essas características promovem ao material ação alcalina o que pode contribuir com a correção da acidez dos solos. Desta forma acredita-se que a reciclagem da cinza de madeira ajudara na contribuição para

diminuir os problemas ambientais gerados pelo acúmulo desse material no meio (CAMPANHARO et al., 2007).



Figura 13 – Cinzas de Madeira.

6.3 LODO INDUSTRIAL

A utilização do lodo industrial (figura 14) na agricultura pode trazer benefícios físicos, químicos e biológicos para o solo. Através de seu uso é possível a absorção de macronutrientes, como nitrogênio e fósforo, e micronutrientes, como zinco, cobre, ferro, manganês e molibdênio, além de apresentar melhorias na retenção de água, permeabilidade, condutividade hidráulica, infiltração, agregação e atividade biológica do solo (VILELA, 2009).



Figura 14 – Lodo Industrial.

O lodo industrial, quanto à concentração de metais pesados e patógenos, podem substituir parcial ou totalmente os fertilizantes minerais principalmente em relação à produtividade e na economia com fertilizantes, sobretudo os nitrogenados (TRANNNIN, et al., 2005).

A utilização agrícola do resíduo industrial tem um importante papel ambiental e econômico, já que reutiliza resíduos antes jogados no meio ambiente, atendendo as exigências de conservação ambiental e as necessidades do setor agrícola em busca de maior produtividade das culturas economicamente importantes (VILELA, 2009).

7. BIOGÁS

O principal componente do biogás é o gás metano representando cerca de 60 a 80% na composição da mistura total. O metano é um gás incolor, altamente combustível, queimado com chama azul lilás (figura 15), sem deixar fuligem e com um mínimo de poluição (DEGANUTTI et al., 2001).



Figura 15 – Chama de um Biodigestor (In: CARMONA, 2009).

Outros gases presentes (tabela 1) têm um cheiro semelhante ao do ovo podre, porém como a participação dos mesmos é pequena, esse odor é muito discreto e imperceptível durante a queima, ou seja, após o gás ser utilizado, o cheiro desaparece (BARRERA, 1993).

Gás	% do volume de gás produzido
Metano (CH ₄)	50 – 70%
Gás Carbônico (CO ₂)	25 – 50%
Hidrogênio (H ₂)	0 – 1%
Gás sulfídrico (H ₂ S)	0.1 – 3%
Oxigênio (O ₂)	0 – 2%
Amoníaco (NH ₃)	0 – 1%
Nitrogênio (N ₂)	0 – 7%

Tabela 1 - Composição do biogás (In: ITACRETO, 2009, p. 38).

O biogás, ao contrário do álcool de açúcar e biodiesel, não compete com a produção de alimentos em busca de terras disponíveis. Aliás, ele pode ser inteiramente obtido de resíduos agrícolas, ou de excrementos de animais até mesmo dos homens. Dessa forma, ao contrário de ser um fator de poluição, transforma-se em um auxiliar do saneamento ambiental (BARRERA, 1993).

Em termos práticos, 1 metro cúbico de biogás corresponde as quantidades de combustíveis usuais listada na tabela 2.

Combustível	Quantidade equivalente a 1m³ de biogás
Gasolina	0,61 litros
Querosene	0,57 litros
Óleo diesel	0,55 litros
Gás liquefeito	0,45 kg
Álcool combustível	0,79 litros
Lenha	1,538 kg
Energia elétrica	1,428 kWh

Tabela 2 – Relação de comparação de produção do volume de biogás, em diferentes tipos de energia (In: DEGANUTTI et al., 2001, p. 14)

Deganutti et al. (2001) faz em uma relação do uso de biogás para uma família de 5 pessoas, indicando os locais e as quantidades utilizadas (Tabela 3)

LOCAL	QUANTIDADE DE BIOGÁS UTILIZADA
COZINHA	2,10 m ³
ILUMINAÇÃO	0,63 m ³
GELADEIRA	2,20 m ³
BANHO QUENTE	4,00 m ³
TOTAL DE BIOGÁS NECESSÁRIO	8,93 m³

Tabela 3 – Relação necessária de Biogás por dia para uma família de 5 pessoas (In: DEGANUTTI et al., 2001, p. 28)

Essa quantidade de gás metano mostrada anteriormente corresponde a $\frac{1}{4}$ de um bujão de gás de 13 kg e pode ser obtida com a produção de esterco de 20 a 24 bovinos (DEGANUTTI et al., 2001).

8 . NUTRIÇÃO DAS PLANTAS

Segundo Oliver et al. (2008), a nutrição adequada para as plantas, melhora a produção e a qualidade dos produtos agrícolas que são fonte de alimentos.

Esses alimentos contêm macro e micronutrientes, proteínas e vitaminas essenciais. Os elementos essenciais são divididos em dois grandes grupos, dependendo da quantidade exigida pelas plantas, os macrominerais (N, P, K, Ca, Mg e S) e os microminerais (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn e Co).

Na ausência do elemento essencial a planta não completa seu ciclo de vida. A Falta de Nitrogênio (N), as folhas ficam amareladas, há redução do perfilhamento, senescência precoce e redução de folhas verdes. A falta de fósforo (P) provoca cor amarelada nas folhas, menor perfilhamento, número reduzido de frutos e sementes e atraso no florescimento. A falta de potássio (K) ocasiona o amarelecimento das margens das folhas, crescimento não uniforme das folhas, murchamento, morte das gemas terminais, deformação dos tubérculos, pequena frutificação com reduzida ou nula produção de sementes. A ausência do carbono orgânico no solo, reduz a fertilização do solo, dificultando a capacidade de retenção d água e nutrientes para as plantas, prejudicando as características químicas, físicas e biológicas do solo (OLIVER et al., 2008).

8.1 AÇÃO DA ADUBAÇÃO QUÍMICA NO SOLO

Segundo Oliver et al. (2008), o uso de fertilizantes químicos, não deve ser usado primeiramente porque são hidrossolúveis, isto é, dissolvem-se na água da chuva e irrigação, fato este que acarreta três coisas:

Uma parte é absorvida pelas raízes das plantas, causando uma expansão celular, onde faz com que aumente o teor da água (a expansão celular faz com que as

membranas das células fiquem muito finas), tornando a planta um “prato” para pragas e doenças. A outra parte (a maior parte) é lixiviada, ou seja, é levada pelas águas das chuvas, na qual polui rios, lagoas, lençóis freáticos, provocando a “eutroficação” que é a morte de um rio por asfixia, pois os excessivos nutrientes dos adubos químicos, além de estimularem o crescimento de plantas na água, roubam o oxigênio da água para se degradarem.

Existe ainda uma terceira parte que se evapora, como é o caso dos adubos nitrogenados, que sob a forma de óxido nitroso, dá sua contribuição para a destruição da camada de ozônio.

8.2 A ILUSÃO DA PROPAGANDA

É muito comentado um falso discurso de estímulo aos agricultores e consumidores, onde dizem que os fertilizantes químicos “aumentam a produção e podem alimentar mais gente”. A real verdade é que embora os vegetais sejam maiores e dêem mais rápido, os mesmos não tem sabor; são mais pobres em vitaminas e sais minerais, além de serem impregnados de resíduos químicos venenosos. O fato de usar fertilizantes químicos “não matou a fome do mundo” e ao contrário da vantagem que tanto se fala, o mesmo poluiu bastante o planeta, além de ser uma agricultura cara, pois se desenvolveu dependendo do petróleo, dando seus sinais de crise. A única vantagem, à primeira vista, da utilização de agrotóxicos, em relação à agricultura orgânica, é a economia de mão de obra, porém esta economia no final das contas acaba saindo muito cara quando, ano após ano a produção vai diminuindo e o agricultor acaba perdendo o seu meio de vida: A TERRA (OLIVER et al., 2008).

8.3 USO DO BIOFERTILIZANTE

Segundo Oliver et al. (2008), o biofertilizante apresenta alta qualidade devido ao aumento do teor de nitrogênio, fósforo e demais nutrientes, em consequência da

liberação do carbono. O biofertilizante pode também ser aplicado no controle de pragas e doenças de culturas agrícolas, aumentando a produtividade das lavouras. O biofertilizante também favorece multiplicação das bactérias, dando vida à solos já degradados.

9. METODOLOGIA DE APENDIZAGEM NO ENSINO MÉDIO

Para o ensino médio, a proposta de ensino é mostrar o caráter de pH ácido do gás produzido durante a fermentação anaeróbica, na qual durante o processo é produzido além do gás metano, também o gás sulfídrico (H_2S).

Para verificar a mudança de pH do meio, no método prático foi acoplado junto ao biodigestor uma garrafa com água destilada e foi adicionado indicador verde de bromocresol, para mudança de coloração do meio na presença do gás sulfídrico liberado no processo.

9.1 A IMPORTÂNCIA DA ATIVIDADE PRÁTICA NO ENSINO DE QUÍMICA

O grande desinteresse dos alunos pelo estudo da química se deve, no geral, pela falta de atividades experimentais que possam relacionar a teoria e a prática. Muitos profissionais de ensino de química, afirmam que este problema é devido à falta de laboratório ou de equipamentos que permitam a realização de aulas práticas (QUEIROZ, 2004).

Segundo Russell (1994), quanto mais integrada for a teoria e a prática, mais sólida se torna a aprendizagem de Química, cumprindo sua verdadeira função dentro do ensino, contribuindo para a construção do conhecimento químico.

9.2 O QUE É pH

O pH, potencial hidrogeniônico, é um índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer. A escala de pH (figura 16), varia de 0 até 14. O pH menor que 7 indica que a substância é ácida, para pH maior que 7 indica que a

substancia é básica e quando a solução apresenta pH 7, a substancia é neutra (RIBEIRO, 2010).



Figura 16 – Escala de pH (In: BAPTISTA, 2011).

9.3 INDICADOR VERDE DE BROMOCRESOL

Indicador verde de bromocresol ou também chamado de tetrabromometacresolsulfonoftaleína (figura 17 e 18), é utilizado como corante indicador. Tem uma aparência sólida, em forma de cristais. É de cor amarela pálida e é inodoro. É um composto tóxico e deve-se evitar a sua inalação, como o contacto com a pele e olhos. Em sua presença, a solução com pH abaixo de 3,8 se torna amarela e solução em pH acima de 5,4 a solução se torna azul.

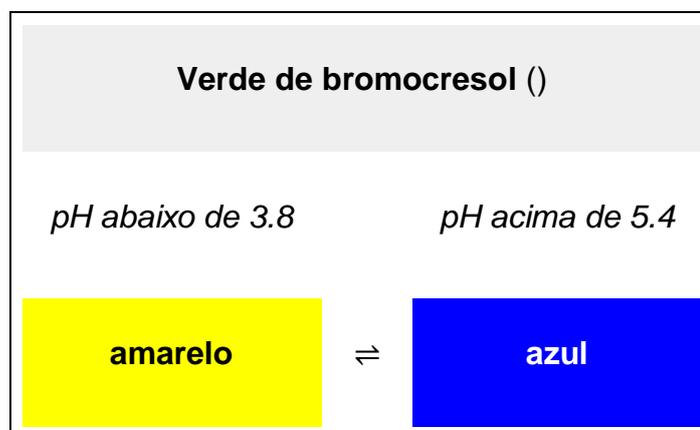
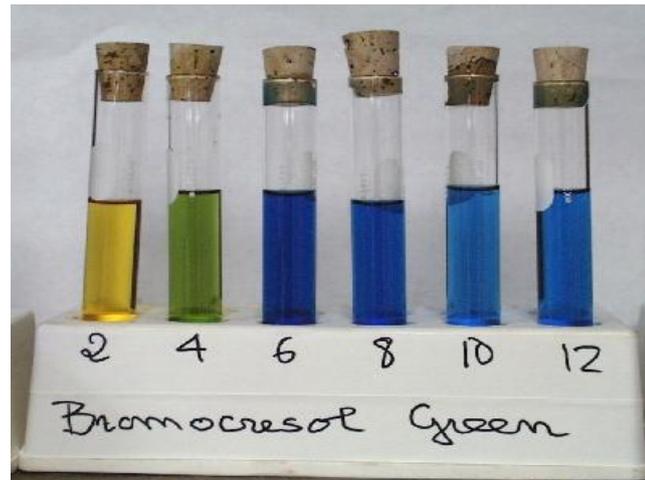


Figura 17 – Escala de cores do indicador verde de Bromocresol (In: AMIN, 1997).



**Figura 18 – Escala de cores do verde de bromocresol de acordo com o pH da solução
(In: LOOKFORDIAGNOSIS, 2009)**

9.4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Após montado o biodigestor, acoplar uma garrafa (figura 19 e 20), contendo água destilada e adicionar algumas gotas de verde de bromocresol.



Figura 19 – Adição do indicador verde de bromocresol na água



Figura 20 - Biodigestores em garrafas acopladas com água na presença do indicador verde de bromocresol

10. MATERIAIS E MÉTODOS

10.1 MATERIAIS UTILIZADOS

10.1.1 Materiais utilizado na construção dos biodigestores

- Garrafas PET de 1,5L e 600mL;
- Mangueira de gás;
- Vedante utilizado nas tampas;
- Esterco Bovino Fresco;
- Água destilada;
- Cinzas de Madeira;
- Glicerol de Biodiesel
- Lodo Industrial.

10.1.2 Materiais utilizados nas análises físico-químicas

Na execução das análises físico-químicas, foram utilizados os seguintes equipamentos e reagentes:

- Peneira Tamis
- Tubo de digestão kjeldahl
- Erlenmeyer 250mL
- Pipeta Graduada de 15 mL e 50 mL
- Proveta Graduada de 10 mL
- Bureta de 25mL
- Filtro de vidro (Filtração à vácuo)

- Bomba á vácuo
- Destilador de Proteína
- Dessecador
- Balão Volumétrico de 100 mL e 500 mL
- Agitador Magnético
- Fotômetro de Chamas
- Cadinho de Porcelana
- Cadinho de Alumínio
- Balança semi-analítica
- Hidróxido de Sódio 50%
- Ácido Clorídrico 0,1M
- Ácido Nítrico P.A.
- Quimociac
- Mistura Catalítica

10.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

10.2.1 Construção dos biodigestores

Na construção dos biodigestores, foram utilizadas garrafas PET, acopladas em mangueiras para a passagem do gás metano.

Após realizar a pesagem do esterco (figura 21) junto com água destilada, foram adicionados os subprodutos, nas devidas proporções citadas anteriormente na qual foi pesado em balança semi-analítica, para ter a precisão necessária para o processo.



Figura 21 – Esterco Bovino Fresco

As tampas foram vedadas (figura 22) para que o gás produzido, dentro do recipiente, não fosse liberado comprometendo os testes.



Figura 22 – Biodigestores, com vedante nas tampas

Para avaliar a eficiência dos subprodutos industriais adicionados (glicerol, cinzas e lodo industrial) nos biodigestores, foram feitas três amostras para cada subproduto com a adição de 10%, 20% e 30% (figura 23, 24 e 25) em cada biodigestor. Um biodigestor foi montado sem adição de nenhum subproduto, apenas água e esterco (figura 26).



Figura 23 – Biodigestores, com adição de glicerol, nas proporções 10%, 20% e 30%

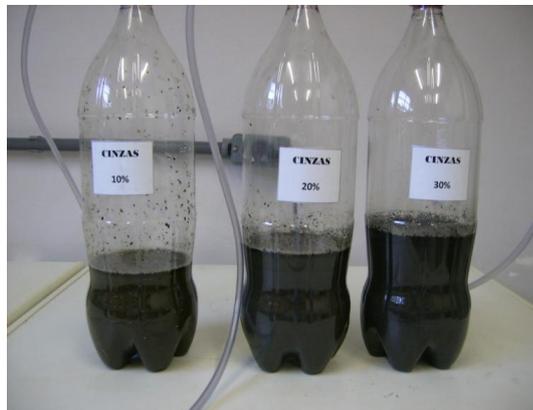


Figura 24 – Biodigestores, com adição de cinzas, nas proporções 10%, 20% e 30%.



Figura 25 – Biodigestores, com adição de lodo, nas proporções 10%, 20% e 30%.



Figura 26 – Biodigestores, com apenas mistura de água e esterco

Foi acoplado junto ao biodigestor garrafas PET pequenas (600 mL) contendo água destilada, para que o gás metano produzido no processo de digestão fosse coletado (figura 27).



Figura 27 – Biodigestores, acoplados em garrafas submersas em água

Após ter cumprido o prazo proposto, as garrafas foram abertas e o subproduto foi coletado. Foi realizada uma pré secagem e posteriormente uma digestão nitro-perclórica.

As análises foram feitas no laboratório CEPECI (Centro de Pesquisa e Ciências), localizado na FEMA – Fundação Educacional do Município de Assis.

10.2.2 Métodos de análises do Biofertilizante

Para a realização deste trabalho, foram feitas análises físico-químicas determinando os teores de nitrogênio, fósforo, potássio e carbono orgânico total

10.2.2.1 Nitrogênio Orgânico Total - N

Pesou-se $\pm 0,3\text{g}$ da amostra em um tubo de digestão kjeldahl, acrescentou 10 mL de mistura digestora e deixou no bloco de aquecimento até que toda a amostra se encontrava digerida (± 02 horas e 30 minutos até coloração verde).

Esperou-se esfriar e posteriormente foi adicionada água destilada no tubo e levado ao destilador, no destilador colocou-se em excesso hidróxido de sódio 50% ± 30 mL, no qual foi observada a mudança de coloração.

Foi recolhido o destilado em um erlenmeyer contendo 35 mL de uma solução de ácido bórico 4% com indicador misto até completar ± 150 mL.

Titulou-se o destilado com solução de ácido clorídrico 0,1M e anotou-se o volume gasto.

Cálculo:

$$\%N = \frac{14,007 \times \text{fator do ácido HCl} \times \text{mL gasto na Titulação}}{100} \times \text{Peso da amostra}$$

10.2.2.2 Fósforo – P₂O₅

Foi pesado cerca de 1g da amostra em um copo plástico, com a ajuda de um funil transferiu a amostra para um balão volumétrico de 500 mL. Retirou-se uma alíquota de 15 mL e transferiu-a para um erlenmeyer de 250 mL, acrescentou-se 50 mL de água destilada e 5 mL de ácido Nítrico P.A. e levou até a chapa de aquecimento.

Marcou-se 10 minutos após a ebulição. O erlenmeyer foi retirado da chapa de aquecimento e acrescentou-se 35 mL de QUIMOCIAC, retornando a chapa até a ebulição (± 1 minuto).

Foi retirado o erlenmeyer da chapa, esfriado e posteriormente filtrado em cadinho previamente tarado. Após filtrado o cadinho foi levado a estufa por aproximadamente 2 horas.

Levou ao dessacador e após ter esfriado, foi pesado.

Cálculo:

$$\% \text{ P}_2\text{O}_5: \frac{\text{PF} - \text{PI} \times \text{B.A} \times 3,207}{\text{Alíquota}} = \frac{\text{Resultado}}{\text{P.A}}$$

OBSERVAÇÃO: Conversão de P₂O₅ em P:

$$\frac{\% \text{ P}_2\text{O}_5}{2,29} = \% \text{ P}$$

P.F: peso final

P.I: peso inicial

B.A: balão da avolumação – 100 mL

Alíquota: 15 mL

P.A: peso da amostra

10.2.2.3 Potássio – K₂O

Pesou-se cerca de 0,5 g da amostra em um erlenmeyer de 250 mL. Adicionou-se 200 mL de água destilada (na qual havia sido avolumada num balão volumétrico de 200 mL).

O erlenmeyer junto a solução foi levado até o agitador magnético, na qual o mesmo ficou sob intensa agitação por cerca de 2 horas. Após 2 horas o erlenmeyer foi deixado em repouso. Posteriormente retirou-se uma alíquota de 10 mL e transferiu-a para um balão de 100 mL. Foi feita a leitura no fotômetro de chamas.

Cálculo:

$$b.a / P.A \times Aliquota / b.a^2 \times 1.000.000 = C$$

$$ppm / C \times 100 = \% \text{ ou g/100g de K} \times 1,2 = \% \text{ ou g/100g de K}_2\text{O}$$

OBSERVAÇÃO :

b.a: balão da avolumação.

b.a²: balão da avolumação depois de retirar a alíquota

P.A: peso da amostra

c: concentração

ppm: leitura do fotômetro de chama

10.2.2.4 Carbono Orgânico Total

Para esta análise foi feito o procedimento normal da Matéria Mineral e Umidade. Deixou-se primeiramente a umidade na estufa de ar forçado, durante 2 horas na temperatura de 50°C. Posteriormente, o cadinho de umidade foi colocado na estufa de 105°C na qual o mesmo só foi retirado após 3 horas.

Cálculo:

$$\frac{\text{Matéria Mineral + Umidade} - 100}{\text{-----}}$$

1,8

10.2.2.5 Matéria Mineral (MM) ou Resíduo Mineral Fixo

Deixou-se o cadinho de porcelana por ± 30 min. na estufa de 105°C, posteriormente foi levado ao dessecador, esperou-se esfriar e tirou-se a tara.

Pesou-se ± 1 g da amostra, colocou-se na mufla deixando concluir o processo a 600°C. Após terminado o processo, retirou-se o cadinho da mufla levando ao dessecador para resfriamento. O cadinho foi pesado e seu peso final anotado.

Cálculo:

$$\text{MM} = \text{Peso Final} - \text{Peso Inicial} \times 100 / \text{Peso da Amostra} = \% \text{ ou g/100g}$$

10.2.2.6 Umidade - U

Colocou-se um cadinho de alumínio na estufa de 105°C por ± 30 min. Transferiu-se para o dessecador e esperou ser esfriado por (± 15 a 30 min.). O cadinho foi pesado e retirado a sua tara.

Pesou-se ± 2 g no cadinho, no qual foi levado novamente à estufa de 105°C e deixado por aproximadamente 6 horas. Retirou-se o cadinho, resfriou-o em dessecador pesando-o novamente.

Cálculo:

$$U\% = \frac{\text{Peso inicial do cadinho (Tara) + Peso da amostra} - \text{Peso final do cadinho}}{\text{Peso do cadinho tarado mais a amostra seca}}$$

$$\text{-----} \times 100$$

Peso da Amostra

11. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de começar o processo de biodigestão, foram feitas as análises de nitrogênio, fósforo, potássio e carbono orgânico nas amostras de cinzas e lodo industrial (tabela 4), para avaliar os subprodutos adicionados puros.

As mesmas análises não foram realizadas com glicerol bruto, devido ao fato do mesmo, quando em contato com certos reagentes como o ácido nítrico pode formar a nitroglicerina, na qual consiste em um explosivo instável extremamente perigoso.

Segundo Bernesson, (2007), o glicerol apresenta os seguintes valores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio (tabela 4).

	CINZAS	LODO	GLICEROL
Nitrogênio	0,016%	0,00%	0,00%
Fósforo	14,80%	0,46%	0,16%
Potássio	12,30%	0,11%	0,60%
Carbono Orgânico	10,78%	0,26%	-

Tabela 4 - Resultado Análises – Cinza, lodo e glicerol puro

O processo de fermentação ocorreu durante 45 dias, durante este período observou-se a constante produção do gás metano, na qual, nas garrafas contendo água foi possível visualizar a presença de bolhas.

11.1 pH DAS GARRAFAS QUE RECEBERAM O GÁS SULFÍDRICO

O pH das soluções (tabela 5), nas garrafas contendo água e indicador verde de bromocresol, mostram de acordo com os valores de pH obtidos, que quanto mais baixos os valores de pH maior foi a presença do gás sulfídrico, conseqüentemente maior foi a produção de biogás, já que quanto mais ácida for a solução, mais esverdeado e amarelado ficará a coloração da solução.

Solução	pH
Água + indicador	5,74
Glicerol 10%	4,65
Glicerol 20%	4,65
Glicerol 30%	4,94
Cinzas 10%	4,08
Cinzas 20%	4,17
Cinzas 30%	6,65
Lodo 10%	5,41
Lodo 20%	4,43
Lodo 30%	4,33
Branco (água + esterco)	4,53

Tabela 5 – pH das garrafas que receberam gás sulfídrico, oriundo do processo.

11.1.1 Coloração

A coloração das garrafas pequenas, que receberam o gás metano formado, na presença de água e indicador verde de bromocresol estão mostradas nas figuras 28, 29 e 30. Através da coloração das garrafas, é possível afirmar que nas amostras 10% e 20% de adição de cinzas de madeira e 20% e 30% de adição de lodo industrial, foram as que apresentaram um menor pH, na qual as mesmas

apresentaram colorações mais claras em relação as outras, conseqüentemente podemos dizer que as mesmas produziram uma quantidade de gás metano superior as demais.



Figura 28 – Glicerol – 10%, 20% e 30%



Figura 29 – Cinzas – 10%, 20% e 30%



Figura 30 – Lodo – 10%, 20% e 30%

11.2 BIOFERTILIZANTE CONTENDO ÁGUA E ESTERCO (BRANCO)

Foi montado o biodigestor contendo apenas água e esterco, para que fosse possível a comparação dos resultados das análises físico-químicas do mesmo (tabela 6), com os demais biodigestores contendo adição de subprodutos industriais (glicerol, cinzas e lodo).

Nitrogênio	1,05%
Fósforo	0,67%
Potássio	0,60%
Carbono Orgânico	0,42%

Tabela 6 – Resultados do Biofertilizante contendo água e esterco (Branco).

O nitrogênio analisado no biodigestor contendo água e esterco mostrou ser mais benéfico em relação aos resultados dos biofertilizantes contendo adição de glicerol de biodiesel e cinzas de madeira, perdendo apenas para o lodo industrial, que apresentou concentração significativa nas três proporções analisadas (10%, 20% e 30%), resultados que podem ser observados no item 11.5.

Já o fósforo, mostrou melhores resultados apenas em relação à adição de glicerol (item 11.3), porém na proporção de 20% a variação foi mínima.

11.3 RESULTADOS BIOFERTILIZANTES COM ADIÇÃO DE GLICEROL

Em relação a adição de glicerol (tabela 7), observou-se que quanto maior a adição de glicerol no esterco, maior foi a concentração de potássio e carbono orgânico (figura 31) que são excelentes para o solo e para as raízes das plantas. Porém a concentração de nitrogênio foi inversamente proporcional, ou seja, quanto maior a adição de glicerol, menor a concentração de nitrogênio.

	10%	20%	30%
Nitrogênio	0,67%	0,50%	0,37%
Fósforo	0,33%	0,56%	0,24%
Potássio	1,85%	2,34%	4,43%
Carbono Orgânico	3,32%	9,04%	9,16%

Tabela 7 – Resultados do biofertilizante contendo 10%, 20% e 30% de glicerol bruto.

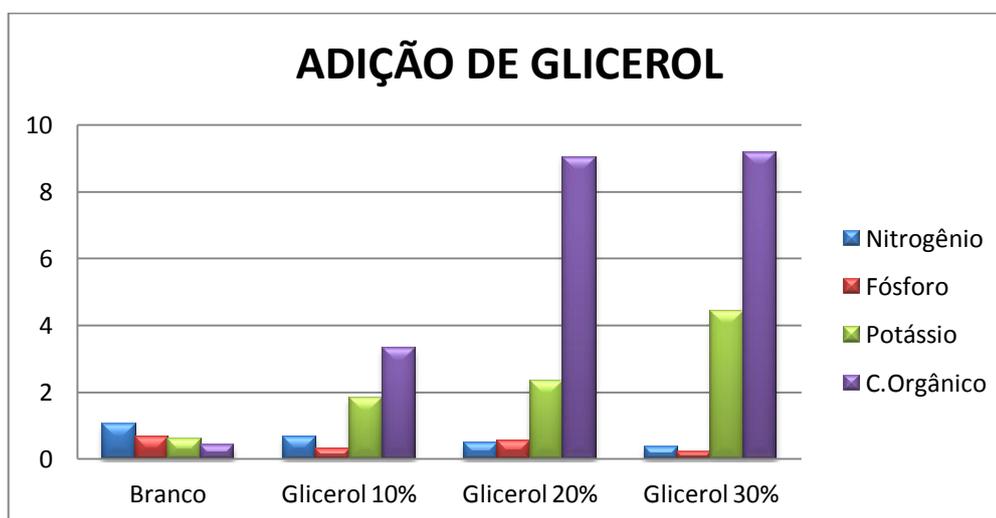


Figura 31 – Visualização gráfica dos biofertilizantes contendo adição de Glicerol

11.4 RESULTADOS BIOFERTILIZANTES COM CINZAS DE MADEIRA

Analisando os resultados da adição de cinzas (tabela 8), verifica-se que as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio mostraram-se crescentes (figura 32), ou seja, quanto mais cinzas no esterco, maior foi a concentração de nutrientes.

No caso da cinza, observamos elevada concentração de carbono orgânico, indicado nas plantações pois favorece a melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo.

A proporção de potássio também não pode passar despercebida, já que trata-se de um excelente condicionador do solo, podendo realmente ser usado para redução da acidez do solo como alternativa de substituição parcial ou total do calcário comercial.

	10%	20%	30%
Nitrogênio	1,03%	0,83%	0,73%
Fósforo	1,60%	1,85%	1,78%
Potássio	2,13%	2,13%	5,97%
Carbono Orgânico	22,50%	24,23%	30,97%

Tabela 8 – Resultados do biofertilizante contendo 10%, 20% e 30% de cinzas

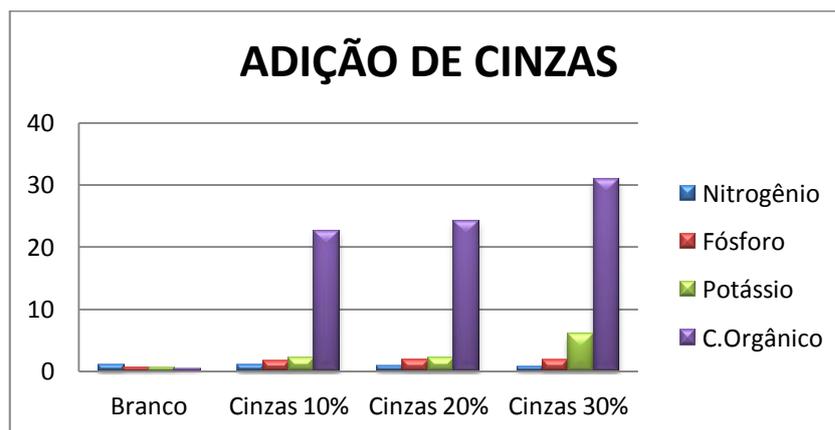


Figura 32 – Visualização gráfica dos biofertilizantes contendo adição de cinzas

11.5 RESULTADOS BIOFERTILIZANTES COM ADIÇÃO DE LODO INDUSTRIAL

Os resultados da adição de lodo industrial no esterco (tabela 9) nos mostra que não houve uma regularidade das concentrações (figura 33), porém todas mostraram-se benéficas para todos os nutrientes analisados.

O lodo industrial apresentou maiores concentrações dos nutrientes em relação ao biodigestor contendo apenas água e esterco, com destaque para o nitrogênio e potássio. A adição de 30% mostrou ser a mais benéfica em relação a 10% e 20% de lodo.

	10%	20%	30%
Nitrogênio	1,50%	1,32%	2,02%
Fósforo	0,55%	0,75%	0,77%
Potássio	0,78%	0,67%	0,67%
Carbono Orgânico	5,80%	5,87%	4,87%

Tabela 9 – Resultados do biofertilizante contendo 10%, 20% e 30% de lodo

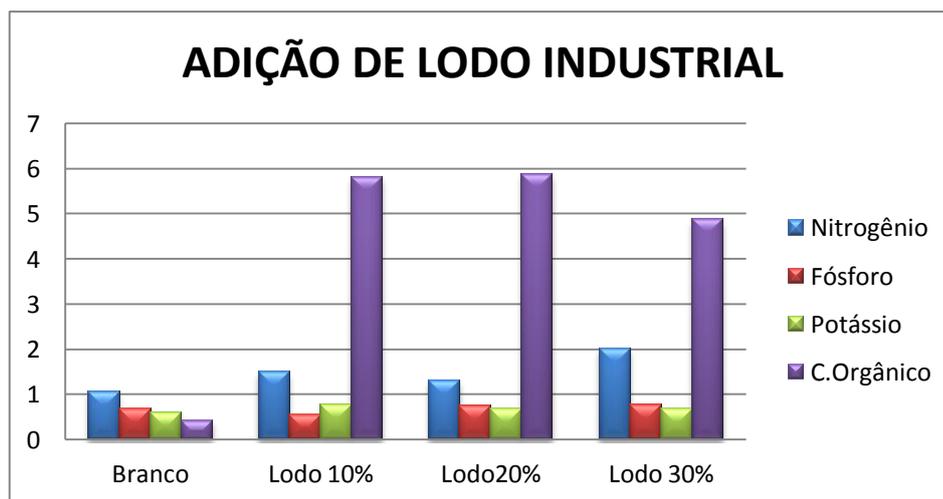


Figura 33 – Visualização gráfica dos biofertilizantes contendo adição de lodo

12. CONCLUSÃO

De uma maneira geral foi verificada a influencia positiva da adição de subprodutos industriais no esterco bovino, mostrando um aumento em rela o as quantidades de nitrogênio, fósforo, potássio e carbono orgânico, para utiliza o na agricultura.

Em rela o a um biofertilizante contendo apenas água e esterco, pode-se dizer que existe uma otimiza o do processo, quando adicionados os subprodutos industriais utilizados neste trabalho (glicerol de biodiesel, cinzas de madeira e lodo industrial).   importante ressaltar que a utiliza o do biofertilizante, bem como qualquer outro fertilizante seja ele orgânico ou não, depende da necessidade nutricional das culturas agrícolas, ou seja, nem sempre o agricultor necessita de um fertilizante com excelentes resultados de NPK e carbono orgânico em um único produto. Por exemplo, se em uma determinada cultura agrícola as folhas estiverem amareladas, ele necessitará aplicar nitrogênio, porém se não existir um atraso no florescimento, nem o crescimento não uniforme das folhas, não   necessário a aplica o de fósforo e potássio; portanto, isto mostra a importância da adi o dos subprodutos industriais para serem utilizados como fertilizantes na agricultura, pois cada planta o necessita geralmente de um elemento nutricional específico. Os resultados alcançados nos permite concluir que a utiliza o destes biofertilizantes pode ser benéfica em variadas planta es.

  de grande importância a busca por novas alternativas de biofertilizantes agrícolas, destacando-se o uso de subprodutos, que seriam descartados no meio ambiente degradando-o, que podem ser utilizados para um importante fim agrícola, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e melhorando a qualidade dos alimentos, bem como a qualidade de vida das pessoas que os consomem.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Marcio Antonio; RANZI, Juruá Damo; MUNIZ, Rafael Ninno; SOUZA, Luiz Gustavo de Souza e Silva; ELIAS, Marcos José. **Biodigestores Rurais no Contexto da Atual Crise de Energia Elétrica Brasileira e na Perspectiva da Sustentabilidade Ambiental**. – Coordenadoria de Gestão Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

AMIN A. S.; Quantitative determination of some pharmaceutical veterinary formulations using bromocresol purple and bromocresol green. **Analytical letters**; vol. 30, n°14, 1997, p. 503-513.

BARRERA, Paulo. **Biodigestores: Energia, Fertilidade e Saneamento para a Zona Rural**. 2°ed. Coleção Brasil Agrícola, São Paulo. Editora Icone, 1993.

BAPTISTA, **Escala de pH**, Disponível em: <<http://manuel-baptista-cfq-8c.blogspot.com/2010/12/escala-de-ph.html>>. Acesso em: 30 maio 2011.

BERNESSON; Sven, Användningsområden för biprodukterna vid pressning och rapsolja av omförestning - **Revista Rapport**. Miljö, lantbruk och teknik - Suécia, 2008, p.06-10.

BONA, Beatriz, **Projeto Engrenagens II** – Beatriz Bona - Florianópolis, Santa Catarina, Julho, 2007.

CAMPANHARO, M; MONNERAT, P.H; RIBEIRO, G; PINHO, L.G. da R. **Utilização de Cinza de Madeira como Corretivo de Solo**, 2007. 58p. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola Agrotécnica Federal de Colatina, Colatina – ES, 2007.

CARMONA, **Biodigestor.Net**, Disponível em: <http://brasil.biodigestor.net/>, acesso em: 03 agosto 2009.

DEGANUTTI, R; PALHACI, M.C.J.P; ROSSI, M; TAVARES, R; SANTOS, C. **Biodigestores Rurais: Modelo Indiano, Chinês e Batelada**. 2009. 55p. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento de Artes e Representação Gráfica, FAAC – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, UNESP – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, 2001.

FADINI, Pedro Sérgio; Barbosa Fadini; BARBOSA FADINI, Almerinda Antonia. Lixo: Desafios e Compromissos. Revista Cadernos Temáticos de **Química Nova na Escola**, Edição Especial – Maio 2001, p.09-17.

GUIMARÃES, José Roberto Guimarães; NOUR, Edson Aparecido Abdul Nour. Tratando Nossos Esgotos: Processos que Imitam a Natureza, Revista Cadernos Temáticos de **Química Nova na Escola**, Edição Especial – Maio 2001, p.19-29.

GOLVÊA, **Instalações de Biodigestores**. Disponível em: <<http://www.arquitetando.xpg.com.br/instal%20biodigestor.htm>>. Acesso em: 03 set. 2010.

ITACRETO, **O Biogás e alguns conceitos**. Disponível em: <http://www.itacreto.com.br/index_arquivos/Page376.htm>. Acesso em: 15 out. 2010.

LARSEN, Christina. **Co-Digestão Anaeróbia de Glicerina Bruta e Efluente de Fecularia**. 2009. 88p. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE – Campos Cascavel, 2009.

LEME, **Biogás: Uma saída de Sustentabilidade** – agronomia e Agronegócio, Disponível em: <http://www.peabirus.com.br/redes/form/post?topico_id=4942>, Acesso em: 03 agost. 2010.

LIMA, Rosiane de Lourdes Silva de Lima, SEVERINO, Livia Soares Severino BELTRÃO, Napoleao Esberad de Macedo Beltrao, FERREIRA, Gilvan Barbosa Ferreira **Efeito da Adição de Cinza de Madeira e Esterco Bovino no Crescimento Inicial da Mamoneira Cultivada em Solo** – 2º Congresso Brasileiro de Mamona, 2007.

LOPES, L.F.; COSTA, C.S.; D'OLIVEIRA, P.S.; GIL, L.G. Utilização agrícola de lodo industrial como fonte de zinco na cultura do crisântemo. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, jul-set 2004, p.620-623.

LOOKFORDIAGNOSIS, **Verde de Bromocresol**, Disponível em: <<http://www.lookfordiagnosis.com/images.php?term=Verde+De+Bromocresol&lang=3&from2=12>>. Acesso em: 02 jun. 2009.

MEDEIROS, M. B.; LOPES; J. S, Biofertilizantes Líquidos e Sustentabilidade Agrícola – **Revista Bahia Agrícola**, v. 07, n.3, Novembro, 2006, p.24-26.

MEDEIROS, Dc; LIMA, Bab; BARBOSA, Mr; CAVALCANTE, Neto Jg; MARQUES, Lf. Produção de Mudas de Alface com Biofertilizantes e Substratos. **Revista:Horticultura Brasileira**, Julho-Setembro, 2007, p. 09-14.

MORAIS; SILVA; GNANAVATHY; PRAKASAN, **Estudo Comparativo entre Biofertilizantes e Adubos Orgânicos Convencionais**. 1983. 38p. Trabalho realizado no LEB/CAA, com apoio do CNPQ, 1983.

NETO, **Biodigestor – Ótima Fonte de Energia para as Propriedades Rurais**. Disponível em: <http://www.araodiasneto.com.br/portal/mostra_canal.php?canal=0009&id=00140>. Acesso em: 04 set., 2010.

OLIVER, Paula Moniz; NETO, Aurélio de Andrade Souza; QUADRO, Danilo Gusmão; VALLADARES, Renata Everett. Cartilha de Práticas Agroecológicas - **Manual de Treinamento em Biodigestão** – Instituto Winrock, Fevereiro, 2008. p. 08-31.

OOI, T.L.; YONG, K.C.; HAZIMAH, A.H.; DZULKEFLY, K.; WAN-YUNUS, W.M.Z.; J. Oleo Sci. Purificação da glicerina bruta derivada de resíduos de plantas de éster metílico de óleo usado - **Jornal Coreano de Engenharia Química**, v.27, n°.3, 2010, p. 944-949.

QUEIROZ, S. L. Do fazer ao compreender ciências: reflexões sobre o aprendizado de alunos de iniciação científica em química. **Revista Ciência & Educação**, v.10, n°1, 2004. p.12-16.

RIBEIRO, **Indicadores de pH**, Disponível em: <<http://www.alunosonline.com.br/quimica/o-que-e-o-ph.html>>, Acesso em: 30 maio 2011.

RIVALDI, Juan Daniel Rivaldi; FOUAD, Boutros Fouad Sarrouh; FIORILO, Rodolfo Fiorilo; SILVA, Silvio Silvério da Silva. Glicerol de Biodiesel, Estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel – **Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**. v. 12, abril, 2000, p. 37-49.

RUSSELL, J.B. **Química Geral**. 2°. ed. São Paulo, editora Ática, 1994.

SAIA, Valter, **Glicerol – Adote Uma Molécula**, FEMA – Faculdade Educacional Municipal de Assis, p.10-11, 2010.

SOFIATTI, Valdinei Sofiatti; LIMA, Rosiane de Lourdes Silva de Lima, BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão. Cinza de Madeira e Lodo de Esgoto como Fonte de Nutrientes para o Crescimento do Algodoeiro, **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 7, nº. 1 – 1ºSemestre, 2007, p.27-38.

TRANNIN, Isabel Cristina de Barros Trannin, SIQUEIRA, José Oswaldo Siqueira, MOREIRA, Fátima Maria de Souza Moreira; Avaliação agrônômica de um biossólido industrial para a cultura do milho. **Revista Pesquisa agropecuária**. Brasília, Editora UNIVALI, v.40, nº.3, março, 2005, p.261-269.

VILELA, Laíze Aparecida Ferreira; **Efeitos da Adição de Diferentes Doses de Biossólido (Lodo Industrial) nas Propriedades Químicas de um Neossolo Quartzarênico e na Produção de Matéria Seca de Brachiaria brizantha cv. Marandu**, 2009. 42p. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdades Integradas de Mineiros, Instituto de Ciências Agrárias – Faculdade de Agronomia, Goiás, Mineiros 2009.

WEINGARTNER, Marimônio Alberto; ALDRIGHI, César Fernando; PERERA, Apes Falcão, **Cartilha de PRÁTICAS AGROECOLÓGICAS – CALDAS E BIOFERTILIZANTES**, Pelotas – RS, 2006, p. 09-22.