

OS BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DE BIODIGESTORES NO TRATAMENTO DE EFLUENTES ORIUNDOS DO ESGOTO DOMÉSTICO: UMA FERRAMENTA PARA GESTÃO AMBIENTAL

Kader Soares Spindler

Resumo

Com o estilo de vida sedentário que adotamos a partir da revolução agrícola e o surgimento das primeiras cidades; surge um grande conflito entre o meio antrópico e o natural, o esgoto sanitário. Em 2008, segundo o IBGE apenas 27,19% dos municípios brasileiros possuíam algum tipo de tratamento para o esgoto sanitário e apenas 44,84% possuem rede coletora. Em resposta a isto surge como uma alternativa para resolver este problema histórico, o Biodigestor anaeróbico. Por tratar o esgoto de forma local é uma alternativa principalmente a cidades pequenas (aproximadamente 90% das cidades brasileiras) e por gerar o biogás pode ser incorporado em varias políticas públicas. Os três objetivos deste trabalho são identificar as vantagens de utilizar o sistema de biodigestão anaeróbica para o tratamento do esgoto doméstico, descrever os custos para a implantação deste, verificar quais os empecilhos para a implantação dos biodigestores. A metodologia deste trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica para agrupar informações sobre o sistema de biodigestor anaeróbico a fim de demonstrar a viabilidade deste método para o tratamento de efluentes. Tendo o custo de implantação de 60R\$/habitante, ficando em torno de 360.000 reais para 6000 habitantes; já o equivalente seria de um milhão de reais. No triênio 2006-2008, investidores que optaram pelo biodigestor tiveram rendimento maior que obteriam no mesmo período com poupança que rendeu em media 7,47%. Como utiliza um processo natural, não consome insumos ou energia; assim como tem uma estrutura simples não necessita de manutenção expressiva. Pode-se concluir que do ponto de vista exclusivo do tratamento de efluentes o biodigestor não traz grande diferença para a tecnologia hoje utilizada; Mas de um ponto de vista mais amplo avaliando também o cunho social que o tratamento do esgoto doméstico tem, pode-se dizer que esta tecnologia não é apenas viável, mas também a mais recomendável.

Palavras-chave: Biodigestor. Esgoto doméstico. Biogás. Biofertilizante.

1. INTRODUÇÃO

A gestão ambiental tem como principal papel conciliar e resolver conflitos entre o ser humano e os demais habitantes do planeta. Com o estilo de vida sedentário que adotamos a partir da revolução agrícola e o surgimento das primeiras cidades; surge um grande conflito entre o meio antrópico e o natural, o esgoto sanitário. Este que é um vetor de agentes patógenos; também o responsável, em muitos casos, pela degradação de recursos hídricos importantes e com isso a degradação da vida de seres que dependem do mesmo.

O problema da falta de tratamento e destinação adequados para o esgoto doméstico é histórico, no Brasil este problema vem se agravando desde o “milagre econômico” na década de 1970; este proporcionou uma rápida urbanização com pouco planejamento seja de médio ou longo prazo.

Em 2008, segundo o IBGE, apenas 1513 municípios, dos 5564 municípios, brasileiros possuíam algum tipo de tratamento para o esgoto sanitário. Ou seja, 72,82% dos municípios do país não tratam de forma alguma o seu esgoto e que não possuem rede coletora de esgoto é de 44,84%; na região sul do país o índice fica ainda pior, aumentando para 81,73% dos municípios sem tratamento de esgoto e sem rede coletora é de 60,27%. Na região norte do país os índices são ainda mais alarmantes tendo apenas 7,76% dos municípios com esgoto tratado e 86,54% não tem rede coletora de esgoto. Já segundo Poleze (2012) para cada R\$ 1,00 (um real) investido no setor de saneamento básico economiza-se R\$ 4,00 (quatro reais) no setor da saúde. Por tanto podemos dizer que a falta de saneamento acarreta além do problema fiscal que isso traz ao poder público como também o problema de saúde pública uma vez que o esgoto sanitário é vetor de vários agentes patogênicos, como os causadores da cólera, leptospirose, febre tifoide e etc.

Como resposta a isto surge como uma alternativa barata e eficiente para resolver este problema histórico, o Biodigestor anaeróbico. Por tratar o esgoto no local ou próximo de onde foi gerado é uma alternativa principalmente a cidades pequenas (cerca de 90% das cidades brasileiras) e por gerar um subproduto que é o biogás pode ser incorporado em várias políticas públicas. Esse trabalho justifica-se a partir disto, relatar às vantagens da utilização desta alternativa viável e sustentável a problemática do esgoto doméstico.

Já a metodologia deste trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica para agrupar informações já existentes sobre o sistema de biodigestor anaeróbico a fim de demonstrar a viabilidade deste método para o tratamento de efluentes oriundos do esgoto doméstico.

2. OBJETIVOS

1. Identificar as vantagens de utilizar o sistema de biodigestão anaeróbica para o tratamento de efluentes líquidos oriundos do esgoto doméstico.
2. Descrever os custos para a implantação de tal técnica/manejo;
3. Verificar quais os empecilhos para a implantação dos biodigestores;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. ESGOTO DOMÉSTICO

Carvalho e Oliveira (1997) nos dizem que o esgoto disposto de forma inadequada pode espalhar doenças que aliadas com a má nutrição aumenta o número de óbitos; e também contribui para o aumento da quantidade de insetos, roedores e outros vetores de doenças como diarreia, verminoses assim como cólera. Mas devidamente tratado não oferece risco a saúde humana.

O Manual de Saneamento da Funasa (2004) define como esgoto doméstico “o efluente líquido oriundo de residências (principalmente), ou qualquer edificação que tenha banheiros, lavanderias e cozinhas. Tendo sua composição básica água de banho, excretas, papel higiênico, restos de comida e águas de lavagem”.

Em resumo; o esgoto doméstico é composto de 99,9% de água e 0,1% de sólidos. Dos sólidos que compõem o esgoto 70% são orgânicos. Compostos principalmente de carbono, hidrogênio, oxigênio e às vezes de nitrogênio, segundo Funasa (2004).

3.2. BIODIGESTORES NA HISTÓRIA

No âmbito nacional Castanho e Arruda (2008), frisam que foram implantados principalmente os modelos Chinês e Indiano. Não há uma explicação do porque desses dois modelos, mas levando-se em conta a estrutura simples e materiais comuns dos quais estes são construídos, especula-se que foi por motivos econômicos esta escolha. Os primeiros modelos foram construídos na década de 1960, mas só a partir de 1970 é que contaram com apoio e fomento do governo assim ganhando força.

Em 1979 é criado o Programa Nacional de Biogás para difundir e fomentar esta tecnologia. Em 1983 no país temos instalados três mil biodigestores, sendo mil e setenta e dois bancados pelos próprios produtores rurais. Em 1984 a indústria nacional já exportava maquinário adaptado a biogás para o restante da América Latina (TEIXEIRA, 1985).

A partir da recuperação do preço do petróleo, a crise econômica do país e o desmonte do Sistema de Assistência Técnica e Extensão Rural- SIBRATER; novamente os biodigestores caem no esquecimento. Sendo “ressuscitados” nestas últimas décadas pelo fato da criação de uma consciência ambiental mais forte na população e a difusão do conceito e princípio da sustentabilidade. E vale destacar

que “A aplicação da biodigestão anaeróbia ocorre rapidamente em períodos de crise energética e quase inexiste em fase de abundancia de combustíveis” (TEIXEIRA, 1985 pagina 7).

3.3. BIODIGESTOR

O biodigestor, de forma simplificada e clara, é um tanque fechado, sem apresentar oxigênio, impermeabilizado com lona própria para receber os dejetos, onde o processo ocorre de forma rotativa (ZANIN, BAGATINI E PESSATTO, 2010); assim o efluente entra por um lado, sofre o processo de fermentação anaeróbica e a água residual sai pelo lado contrario.

Respiração ou fermentação anaeróbica é um processo natural que ocorre principalmente em zonas pantanosas e de clima quente ao redor do globo. Esse processo consiste na remoção de matéria orgânica, a formação de biogás e de biofertilizantes muitos ricos em nutrientes (PECORA 2006).

Zanin, Bagatini e Pessatto (2010) relatam que a biodigestão anaeróbica diminui os patógenos e melhora a qualidade do ambiente. Além disto produz biogás e biofertilizantes. O primeiro pode ser usado pelo produtor desde substituir o gás de cozinha até alimentar uma caldeira ou uma pequena usina termoelétrica. Silva (2006) nos traz que o biodigestor tem uma eficiência muito parecida com o lodo ativado; o primeiro ficando entre 85% e 93%, já o segundo ficando entre 85% e 98% de redução de DBO segundo Silva (2006). Pecora (2006) nos traz que os efluentes domésticos, assim como, os rurais e alguns industriais podem ser tratados através da fermentação anaeróbica. A biodigestão anaeróbica destrói organismos patogênicos e parasitas, e também, auxilia a transformação de gases prejudiciais em fonte de energia (ZANIN, BAGATINI E PESSATTO, 2010).

Do tratamento através de biodigestores, obtemos dois produtos; o biogás e o bio fertilizante (PECORA, 2006). O biogás é composto de 65% de metano (CH₄) (METZ 2013), o tornando altamente inflamável e podendo ser usado para queima direta ou ser convertido em eletricidade (PECORA 2006).

Metz (2013) nós alerta que os biodigestores no geral são sensíveis à variação de temperaturas, principalmente se forem bruscas; se o objetivo principal do biodigestor for à produção de biogás, é importante manter a temperatura operacional acima dos 15°C. Kunz, Higarash e Oliveira (2005) assim como o autor acima frisam

que o inverno principalmente na parte sul do país torna a produção de gás insignificante.

Para o devido funcionamento do biodigestor e evitar que o excesso de líquidos interfira na biodigestão, é aconselhável que ele seja alimentado por um sistema separador absoluto. Ou seja, que as águas pluviais sejam separadas completamente do esgoto a ser tratado.

3.3.1. BIOFERTILIZANTE

O Decreto N°4.954 de 2004 no capítulo um em seu artigo 2° inciso VI define biofertilizante como:

Produto que contém princípio ativo ou agente orgânico isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante.

Tendo em vista este conceito amplo, vale enfatizar que o lodo ou efluente (dependendo do modelo de biodigestor o lodo fica dissolvido na água residual. Tendo como exemplo o biodigestor canadense) é apenas mais um tipo de biofertilizante, porém é o mais conhecido.

O biofertilizante oriundo do biodigestor é composto principalmente por NPK como podemos observar no Quadro 1. Também devido este ser matéria orgânica pode melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo onde aplicado assim como melhorar a retenção de água (NASCIMENTO E RODRIGUES, 2012; *apud* KONZEN, 2008).

Quadro 1 - Composição e pH do biofertilizante

Composição	Kg/m ³
Nitrogênio (N)	0,89
Fósforo (P)	0,64
Potássio (K)	0,72
NPK	2,25
pH	7,6

Fonte: Konzen (2009) *apud* Nascimento e Rodrigues (2012)

3.3.2. BIOGÁS

Pode ser definido como uma mistura de variados tipos de gases; segundo Ranzi e Andrade (2006), 100% dos gases que compõem o biogás contribuem para o efeito estufa; tal autor ainda relata que conforme há oscilações de temperatura e do tipo de resíduo, que o biodigestor é alimentado, também há variações na porcentagem dos gases que o compõem. Conforme demonstra a Tabela 1. Mesmo os valores sendo variados tais autores concordam que em média a quantidade de metano contida no biogás é de 65%, tornando este inflamável. Metz (2013) e Ranzi e Andrade (2006) além disto ainda frisam que mesmo sendo 1% da composição deste, o gás sulfídrico corrompe partes dos componentes do sistema. E este é quem dá ao biogás o seu cheiro característico de ovo podre.

Tabela 1 - Gases que compõem o biogás e suas porcentagens

Gás	Símbolo	Concentração no biogás(%)
Metano	CH ₄	50-80
Dióxido de carbono	CO ₂	20-40
Hidrogênio	H ₂	1-3
Nitrogênio	N ₂	0,5-3
Gás Sulfídrico e outros	H ₂ S, CO, NH ₃	1-5

Fonte: Coldebella (2006, *et. al*) *apud* La Farge (1979)

O poder calorífico deste está, normalmente, situado na faixa de 5000 a 6000 kcal/m³ (METZ, 2013); já Castanho e Arruda (2008) relatam que o gás natural e o biogás possuem valores energéticos similares. “Sabe-se que em média 1m³ de biogás corresponde a 0,44 kg de GLP. Portanto, 30m³ de biogás equivalem a aproximadamente um botijão de 13 kg de GLP” (RANZI e ANDRADE, 2006).

É importante resaltar que o volume de produção de biogás varia conforme o substrato com que o biodigestor é alimentado, conforme o modelo de biodigestor escolhido e do clima; climas mais quentes são mais favoráveis à produção de biogás do que climas frios. Uma vez que temperaturas mais elevadas são mais favoráveis ao crescimento de bactérias mesófilas (surgem a partir de 30°C) e bactérias termofílicas (surgem a partir de 49°C) sendo este último grupo mais eficiente na produção de metano (TEIXEIRA, 1985).

Também cabe destacar que o biogás ao contrário de outros combustíveis, como etanol e óleos extraídos de grãos ou castanhas, não ocupa áreas que poderiam ser usadas para o plantio de alimentos (TURDELA e YURA, data não informada).

O biogás por ser menos denso que o ar, ao contrário de gases como o propano e butano, apresenta baixa risco de explosão, pois sua baixa densidade torna seu acúmulo mais difícil (FERREIRA, BARBOSA e TAVARES, 2013).

3.3.3. EFICIÊNCIA

Silva (2006) nos trás que o biodigestor tem uma eficiência de 85% a 93% de redução de DBO. Já Nascimento e Rodrigues (2012) demonstram que o biodigestor tem uma eficiência em condições normais, de 78% de redução de DBO e afirmam que a carga orgânica do efluente tratado, é reduzida em 84% conforme demonstra o Quadro 2.

Quadro 2 - Comparação do efluente antes e depois de passar por tratamento

Composição	Antes	Depois	Redução
mg/Litro			
DBO5	8.566	1.861	78
DQO	16.962	2.586	84
Fósforo	265	134	50
pH	6,86	7,03	-

Fonte: Nascimento e Rodrigues (2012), *apud* Konzen 2007

Tais autores também frisam que, caso seja desejado, aumentar o desempenho do biodigestor pode-se fazer a biorremediação através do uso de bactérias. Deste modo os índices sobem para 96% ambos; conforme demonstrado no Quadro 3. Neste mesmo quadro percebemos também um leve aumento do pH após o tratamento; antes da biorremediação o pH era de 7,03 agora passa a ser 8,03 se tornando levemente alcalino.

A viabilidade da eficiência dos reatores anaeróbicos deve-se ao fato de terem desenvolvido reatores de alta taxa, resolvendo assim o problema serio para o tratamento de efluentes líquidos, que era o alto tempo de retenção hidráulica para manter as bactérias metanogênicas, devido estas terem um crescimento lento, no interior do biodigestor (POETSCH e KOETZ, 1998).

Quadro 3 - Índices após a biorremediação

Composição	Antes	Depois	Redução %
mg/Litro			
DBO5	11.177	414	96
DQO	19.986	775	96
Fósforo	407	34	91
pH	6,69	8,03	-

Fonte: Nascimento e Rodrigues (2012), *apud* Konzen 2007

É importante frisar que as baixas temperaturas não afetam a biodigestão, mas sim interferem na conversão metanogênica (TEIXEIRA, 1985 *apud* Garcia, 1983).

Tendo pH neutro, com uma redução de DBO de no mínimo 70%, decomposição total de óleos vegetais e gorduras animais, os biodigestores tem eficiência suficiente para atender os padrões da resolução CONAMA n° 430/2011 capítulo II, seção II, artigo 16 no inciso I.

3.3.4 TEMPERATURA

Kunz, Higarash e Oliveira (2005), Metz (2013) e Teixeira (1985) concordam que variações bruscas de temperatura mesmo sendo pequenas podem atrapalhar o bom funcionamento do biodigestor. Assim como os três autores citam que temperaturas abaixo de 15°C afetam a biodigestão.

Teixeira (1985) traz em sua tese que não há definida uma faixa ideal de temperatura para operação do biodigestor, mas este funciona de forma eficiente a partir de 26°C. O autor ainda aponta que quanto mais elevada à temperatura melhor será o funcionamento do biodigestor; e alerta que elevar a temperatura do processo gasta energia e acaba-se por perder a vantagem inicial de não fazê-lo.

Kunz, Higarash e Oliveira (2005) e Metz (2013) apontam uma preocupação com as baixas temperaturas durante o inverno principalmente no sul do país; pois este acarreta uma perda de rendimento por parte do biodigestor. Mas para evitar-se o efeito negativo que o frio tem sobre o biodigestor recomenda-se que seja adicionado ao efluente que será tratado sulfato de amônia, urina ou melaço (TEIXEIRA, 1985 *apud* PARCHEN data não informada). Também visando proteger o biodigestor das variações bruscas que a temperatura pode sofrer, é comum em muitos países enterrar o biodigestor e se aproveitar do efeito isolante do solo (TEIXEIRA, 1985 *apud* NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1977).

3.3.4. MODELOS DE BIODIGESTORES

Há vários modelos de biodigestores; e estes podem ser classificados, segundo a forma de alimentação, em contínuos (aqueles que são alimentados de forma ininterrupta, recebem carga vinte quatro horas por dia), estáticos (aqueles são alimentados com toda a sua capacidade uma única vez e só são realimentados quando cessa a produção de biogás) e semicontínuos (aqueles que são alimentados

uma única vez ao dia e com quantidade idêntica de dejetos todos os dias) (TEIXEIRA, 1985).

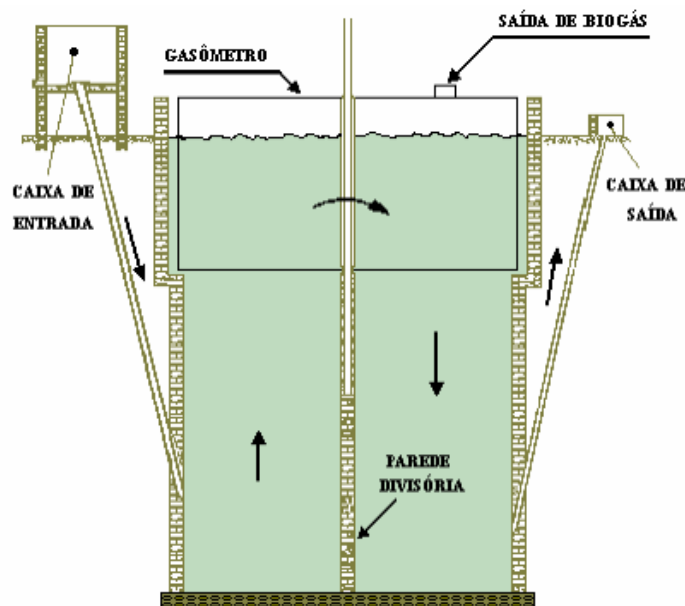
No Brasil, segundo Castanho e Arruda (2008), foram implantados principalmente os modelos Chinês e Indiano. Tais autores nos trazem ainda que os biodigestores mais utilizados são o Canadense, o Indiano e o Chinês.

Dos três modelos apresentados no próximo item nenhum deles é estático. O modelo canadense é semicontínuo, já os demais modelos são contínuos.

3.3.5. CARACTERÍSTICAS DOS BIODIGESTORES

- ✓ Biodigestor Indiano: Pecora (2006) nos traz que o biodigestor indiano tem como gasômetro uma cúpula de metal que por ficar sobre a biomassa pode se deslocar verticalmente de acordo com o volume de gás produzido e reduz as perdas do mesmo durante sua produção. De abastecimento contínuo; deve ser alimentado com resíduos com no máximo 8% de sólidos. De forma simples, é um fosso dividido no meio por uma parede de alvenaria e uma cúpula de metal cobrindo-lhe conforme Figura 1. “Do ponto de vista construtivo, apresenta-se de fácil construção, contudo o gasômetro de metal pode encarecer o custo final” (PECORA, 2006, p. 35).

Figura 1 - Vista de corte frontal de um biodigestor indiano

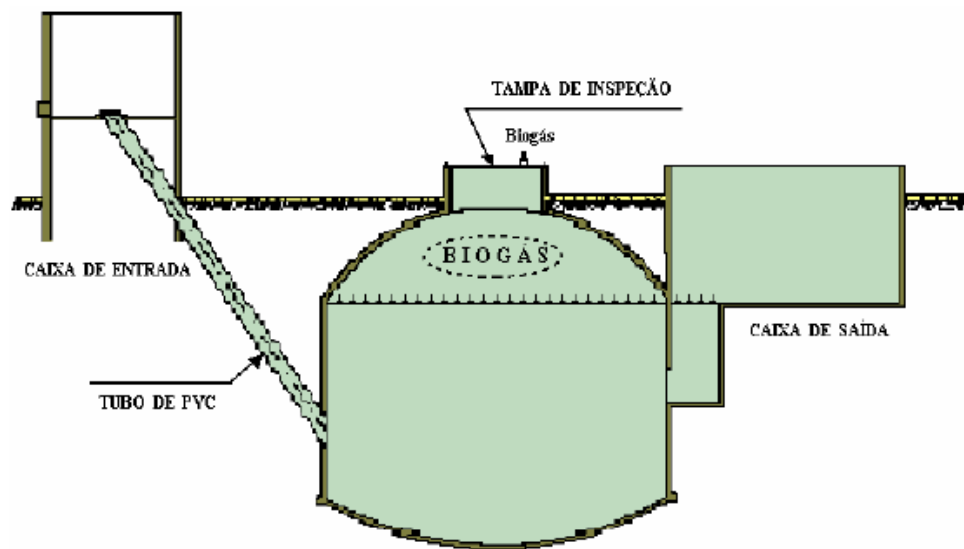


Fonte: Benincasa, 1990 *apud* Pecora, 2006.

- ✓ Biodigestor Chinês: Castanho e Arruda (2008) nos trazem que este é um modelo de peça única, toda em alvenaria e enterrado no solo conforme Figura 2. Com custo

reduzido por ter a cúpula também em alvenaria. Já Pecora (2006) alerta para o provável vazamento de gás, tanto se não devidamente vedado, quanto se houver acúmulo de gás e aumento de pressão interna. Ele assim como o modelo Indiano é de abastecimento contínuo e tendo no máximo 8% de sólidos no efluente. Teixeira (1985) alerta que é necessário um pedreiro experiente para a construção da abóboda arredondada para evitar acidentes.

Figura - 2 Vista de corte frontal do biodigestor chinês



Fonte: Pecora (2009), *apud* Benincaas (1990).

- ✓ Biodigestor Canadense: Castanho e Arruda (2008) definem este como um modelo horizontal, mais largo que profundo; caixa de carga em alvenaria. Tendo uma área maior de exposição ao sol, proporcionando maior produção de biogás. A cúpula por ser de PVC que infla durante a produção de biogás e pode ser retirada, sendo esta um fator de encarecimento do modelo. Ver Figura 3.

Figura - 3 Biodigestor modelo canadense



Fonte: Castanha, Arruda, (2008) adaptação do autor.

3.3 6. CUSTOS

Segundo OLIVEIRA (2004), os sistemas tratamento anaeróbicos quando comparados aos aeróbicos, tem um custo de implantação e manutenção menor; assim como um consumo energético inexpressível.

No site da Associação Paranaense de Suinocultores, na matéria “A energia gerada na suinocultura”, vemos que um único suíno produz de 5 a 8kg/dia de dejetos. Para 500 suínos, ou seja, cerca de 4.500 kg/dia; o custo de implantação do projeto fica em cerca de R\$ 25.000 (vinte e cinco mil reais) (Gonçalves, Lima, Weiss e Menezes, data não informada). Considerado que mais de 90% do nosso esgoto é água, e que o consumo per capita para uma cidade 30 mil habitantes é de 200 litros/dia e que 80% disto retorna como esgoto (Funasa, 2004) e considerando que cada litro de água pesa um quilograma podemos dizer que o custo para tratar o esgoto de uma residência com três pessoas seria de R\$2.667,00 (dois mil seiscentos e sessenta e sete reais).

Já em entrevista dada ao repórter Andre Trigueiro para o Jornal da Globo, Marcio Salles Gomes (então superintendente da Cia. Águas do Imperador) relata que os biodigestores são 5 vezes mais baratos que o sistema utilizado hoje. Tendo o custo de implantação de 60R\$/habitante, ficando em torno de 360 mil reais para seis mil habitantes; já o equivalente seria de um milhão de reais. Na mesma reportagem o repórter relata que um biodigestor para uma família de quatro pessoas tem o custo de instalação no valor de R\$ 1.200,00 (mil e duzentos reais) isso no ano de 2012. Enquanto Zanin, Bagatini e Pessatto (2010) trazem que para um biodigestor com

capacidade para 1.400m³ de efluente; o investimento fica na quantia de R\$ 131.700,00 (cento e trinta e um mil e setecentos reais); e para a construção de um gasoduto de 4 km o investimento fica na quantia de R\$ 41.735,00 (quarenta e um mil setecentos e trinta e cinco reais).

Cabe fazer duas observações importantes aqui, ambas as reportagens não especificam qual o modelo de biodigestor que é utilizado, mas fica subentendido que na primeira seria o modelo canadense e o segundo o modelo chinês e quando o entrevistado se refere ao “equivalente” provavelmente é o sistema de lodo ativado que hoje é o mais utilizado no país.

Ressalta-se, segundo Zanin, Bagatini e Pessatto (2010), que durante o triênio 2006-2008, investidores que optaram pelo biodigestor tiveram rendimento maior que obteriam no mesmo período com a caderneta de poupança que rendeu na media dos três anos 7,47%.

Já do ponto de vista operacional ou/e manutenção o biodigestor não apresenta custos expressivos. Como se utiliza de um processo natural, não consome insumos ou energia; assim como tem uma estrutura simples, não necessita de manutenção, só a retirada do lodo excedente.

3.6. ALTERNATIVAS

Os sistemas mais utilizados hoje para o tratamento de efluentes segundo Von Sperling 1996 (*apud* SILVA 2006) e, portanto alternativas ao biodigestor são estes listados e caracterizados no Quadro 4.

Quadro 4 - Sistemas alternativos de tratamento

Modelos	Redução de DBO	Características
Reator anaeróbico de manta de lodo (UASB)	De 60% a 90%	Baixa demanda de energia, custo reduzido na construção e operação, ocupa pouca área.
Lagoa anaeróbica	De 70% a 90%	Não consome energia, precisa do auxílio de uma lagoa facultativa.
Lagoa facultativa	De 70% a 90%	Não consome energia, ocupa grandes áreas, baixo custo de operação.
Lagoa aerada facultativa	De 70% a 90%	Precisa de uma lagoa de decantação, consome muita energia.
Lodo ativado	De 85% a 98%	Grande produção de lodo e grande consumo de energia.

Fonte: Autor.

4. CONCLUSÃO

Como toda a tecnologia os biodigestores têm suas vantagens e desvantagens quando comparado a outras tecnologias similares. Um dos grandes entraves para utilização do biodigestor (principalmente na região sul do país) é o frio; uma vez que este pode afetar diretamente o desempenho do processo de biodigestão. Por serem empreendimentos menores e de utilização local, podem ser uma alternativa menos atraente para grandes centros urbanos.

O principal empecilho que encontramos para a utilização do biodigestor, principalmente na região sul do Brasil, é o frio. Este afeta diretamente no rendimento da digestão anaeróbica; podendo tornar inerte o biodigestor. Quedas bruscas de temperatura podem matar as bactérias que realizam a fermentação assim neutralizando todo o processo. Contudo é importante frisar que em seu interior o biodigestor atinge altas temperaturas devido ao processo de fermentação; assim modelos como o Indiano e o Chinês por estarem enterrados no solo podem vir a sofrer menos com as baixas temperaturas. Já que estes fazem uma troca de calor com o solo em seu entorno mantendo uma temperatura mais constante.

Já suas vantagens além de não consumir energia externa durante o processo de biodigestão; também gera dois subprodutos; o biogás e o biofertilizante (com exceção do RAFA que por ter um longo período de retenção aliado ao estilo de seu funcionamento o lodo acaba ficando empobrecido de nutrientes). Tanto o primeiro quanto o segundo podem ser utilizados em políticas públicas de cunho social. O biogás tanto pode ser utilizado para gerar energia elétrica em pequenas centrais térmicas; ou este pode ser distribuído, as famílias que residem próximas ao biodigestor, como gás de cozinha. Já o biofertilizante pode servir de insumo para uma horta comunitária ou ser vendido e gerar receitas para a prefeitura ou empresa que o gerencie.

Outra grande vantagem, do ponto de vista ambiental, é o porte do empreendimento. Ao contrário de estações tradicionais, não precisam de grandes galerias para conduzir o efluente até eles, por serem construídos próximos a onde o mesmo é gerado. Também não necessitam de estruturas como tanque de aeração,

caixas de areia, lagoas de estabilização, etc. Assim como o lodo produzido pelos biodigestores, não necessita ser estabilizado e descartado em aterros sanitários.

No ponto de vista financeiro os biodigestores por terem baixo custo de implantação, manutenção e operação; uma vez que consome 16% menos de energia que o sistema de lodo ativado (SILVA, 2006). Também há possibilidade de venda de seus subprodutos assim gerando renda extra para o administrador do sistema. E uma vez se tratando de um sistema mais simples não necessita de um número de mão de obra elevado para operá-lo, e esta também não necessita ser especializada ou externa a comunidade em que o biodigestor encontra-se instalado. Também devido à simplicidade da maioria dos modelos de biodigestores, possibilita que os funcionários da própria secretaria de obras local construam os mesmos.

Uma vez que o biodigestor produz biogás, esta tecnologia se mostra não apenas um meio para tratar o esgoto, mas também uma fonte de combustível verdadeiramente renovável; pelo fato do biogás ser produzido diariamente se o biodigestor for alimentado de forma contínua. Também por ser disponibilizado gratuitamente ao proprietário do biodigestor este irá gerar lucro independente do valor cobrado em caso de venda ou economia se for revertido para uso doméstico do mesmo. No ano de 2003 em Florianópolis substituindo-se o botijão de 13 kg de gás de cozinha poderia se obter uma economia mensal de R\$ 435,00 (quatrocentos e trinta e cinco reais) (RANZI E ANDRADE, 2006). No caso de prefeituras ou empresas serem as responsáveis pelo biodigestor e pelo biogás este subproduto pode ser ofertado aos moradores da área atendida pelo biodigestor como forma de compensação ao valor da taxa de tratamento de esgoto.

As vantagens do biodigestor sobre os outros sistemas de tratamento em resumo são: produz gás combustível, produz biofertilizante, não consome energia externa, baixo custo de implantação e manutenção, de estrutura simples e utiliza um processo natural. É sustentável.

Já seu grande empecilho são as baixas temperaturas, mas isto pode ser contornado.

O certo é que do ponto de vista exclusivo do tratamento de efluentes o biodigestor não traz grande diferença para a tecnologia hoje utilizada; Mas de um ponto de vista mais amplo avaliando também o cunho social que o tratamento do

esgoto doméstico tem, podemos dizer que esta tecnologia não é apenas viável, mas também a mais recomendável.

Referências

- ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE SUINOCULTORES, (data não informada) - A energia gerada pela suinocultura – Disponível em < <http://www.aps.org.br/noticias/1-timas/357-a-energia-gerada-pelasuinocultura-.html>> Acesso em 30/08/2016.
- BALTMAN, Wellington. Concepção, construção e operação de um biodigestor e modelagem matemática da biodigestão anaeróbica. Curitiba. Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, 2009.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 430, de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. – Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646> Acesso em 10/12/2016
- BRASIL. Decreto N° 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Altera o Anexo ao Decreto n° 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. - Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d4954.htm> Acesso em 8/12/2016.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 3. Ed. Ver. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. 408p.
- CASTANHO, Diego Solak.; ARRUDA, Heder Jobbins de. Biodigestores - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, UTFPR Campus Ponta Grossa, 2008.
- CARVALHO, Anésio Rodrigues de; OLIVEIRA, Mariá Vendramini Castrignano de. – Princípios básicos do saneamento do meio. 1° Ed. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 1997 114 pág.
- CERVI, Ricardo Ghantous. Avaliação econômica do aproveitamento do biogás e biofertilizante produzido por biodigestão anaeróbia: estudo de caso em unidade biointegrada. Botucatu-SP. Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp – Campus de Botucatu, 2009.
- COLDEBELLA, Anderson *et al.* Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovino-cultura de leite. Cascavel, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, 2006.
- FERREIRA, Maria das Dores Lopes da Silva; BARBOSA, Vanessa Allana Souza; TAVARES, Jean Leite. Estudo sobre a difusão do uso de biodigestores no Brasil e a experiência do projeto dom Helder Câmara no nordeste brasileiro. VIII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação Salvador – BA, 2013.
- GLOBO, (2012) – Disponível em < <http://www.youtube.com/watch?v=geU3qRTyRxMI> > Acesso em 3/08/2016

- GONÇALVES, H. F. E. *et al* (data não informada) - O biodigestor como princípio de sustentabilidade de uma propriedade rural.
- KUNZ, Airtton; HIGARASHI, Martha Mayumi; OLIVEIRA, Paulo Armando de. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. 2005
- METZ, Hugo Leonardo. Construção de um biodigestor caseiro para demonstração de produção de biogás e biofertilizante em escolas situadas em meios urbanos. Universidade Federal de Lavras: Lavras – MG, 2013. 35
- MORAES, João Guilherme Vanzella. Biofertilizantes: identificação das barreiras regulatórias e propostas para viabilizar esse insumo agrícola. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas Escola de Economia de São Paulo, 2015.
- NASCIMENTO, Rodrigo Cavalcanti do; RODRIGUES, Gelze Serrat de Souza Campos. Impactos ambientais da suinocultura no município de Uberlândia (MG): possibilidades de sua mitigação por meio do uso de biodigestores. Uberlândia – MG: Instituto de Geografia UFU Programa de Pós-graduação em Geografia, 2012.
- OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. Modelo para tomada de decisão na escolha de sistemas de tratamento de esgoto sanitário. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004.
- PECORA, Vanessa. Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP – estudo de caso. São Paulo: Universidade de São Paulo USP, 2006.
- POETSCH, P. B.; KOETZ, P. R. (2006) - Sistema de determinação da atividade metanogênica específica de lodos anaeróbios.
- POLEZE, M. D. C., (2012) – Avaliação da gestão em políticas públicas para o saneamento básico na CORSAN – companhia rio-grandense de saneamento: estudo de caso na unidade de saneamento em Gramado/RS.
- RANZI, Tiago Juruá Damo; ANDRADE, Marcio Antonio Nogueira. Estudo de viabilidade de transformação de esterqueiras e bioesterqueiras para dejetos de suínos em biodigestores rurais visando o aproveitamento do biofertilizante e do biogás. Florianópolis – SC, 2006
- SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA – SIDRA. Tabela 1300 - Número de municípios, total e os com tratamento de esgoto sanitário, por tipo de sistema de tratamento, 2008. [online] Disponível em <
<http://www2.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1300&z=t&o=3> > Acesso em 12/12/2016
- SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA – SIDRA. Tabela 1240 - Número de municípios, total e sem rede coletora de esgoto, por principal alternativa para o esgoto sanitário, 2008. Disponível em <
<http://www2.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo1.asp?ti=1&tf=99999&e=c&t=11&p=SB&v=2615&z=t&o=3> > Acesso em 12/12/2016.
- SILVA, Carlos Cezar da. Estudo de caso de sistemas de tratamento de efluentes domésticos com o uso de indicadores ambientais. São Paulo: UNIP – Universidade Paulista, 2006.
- TEIXEIRA, Egle Novaes. "Adaptação de Estruturas Existentes (Esterqueiras) em Biodigestores". Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas Faculdade De Engenharia de Alimentos e Agrícola, 1985.



TURDELA, Mirko V; YURA, Danilo. Estudo da viabilidade de um biodigestor no município de Dourados. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, data não informada.

ZANIN, Antonio; BAGATINI, Fabiano Marcos; PESSATTO, Camila Batista. Viabilidade Econômico-Financeira De Implantação De Biodigestor: Uma Alternativa Para Reduzir Os Impactos Ambientais Causados Pela Suinocultura. Chapecó/SC: Universidade Comunitária da Região de Chapecó – U-NOCHAPECÓ, 2010.