

APLICAÇÃO DOS BIODIGESTORES NA PECUÁRIA SUSTENTÁVEL

APPLICATION OF BIO-DIGESTERS IN SUSTAINABLE LIVESTOCK

Alexandre Antônio PASQUALINI

*Professor Doutor da ETEC Dr. Carolino da Motta e Silva – Espírito Santo do Pinhal, SP – Brasil.
E-mail: xpasq@yahoo.com*

RESUMO

Atualmente os centros de pesquisa em universidades, entidades especializadas e principalmente as empresas comerciais assentam seus conhecimentos em bases sustentáveis para desenvolver seus produtos, serviços e fomentar informações e deve promover à qualidade de vida, como também, às exigências legais do Brasil. Hoje, com a conscientização de que precisamos buscar alternativas sustentáveis ao desenvolvimento dos sistemas de produção, as formas alternativas de energia voltam a ser discutidas e implantadas, principalmente na produção animal, tida como grande fonte de contaminação do ambiente por gases e resíduos químicos. Assim o uso de biodigestores é instrumento útil, senão indispensável as diversas atividades agropecuárias e a sustentabilidade do ambiente e ainda, propicia qualidade de vida no campo e oportunidade comercial.

Palavras chave: Biodigestor; Biogás; Biofertilizante

ABSTRACT

Currently the research centers at universities, specialized agencies and commercial enterprises mainly based their knowledge on a sustainable basis to develop their products, services and foster information and should promote the quality of life, but also the adequacy of the legal Brazil. Today, with the awareness that we need to find alternatives to the development of sustainable production systems, alternative forms of energy are then discussed and implemented, especially in animal husbandry, regarded as a major source of environmental pollution by waste gases and chemicals. Thus the use of digesters is useful, if not indispensable various agricultural activities and sustainability of the environment and also provides quality of life in the country side and business opportunity.

Key words: Biodigesters; Biogás; Biofertilizer

Recebimento dos originais: 20/02/2020

Aceitação para publicação: 02/07/2020

Introdução

Atividades agropecuárias intensivas geram grandes volumes de excretas devido à elevada concentração de animais confinados em áreas delimitadas e também, utilizam grandes volumes de água na higienização de baias ou currais, como no caso da suinocultura e da pecuária de leite. O confinamento da pecuária de corte e a avicultura comercial também produzem significativos volumes de dejetos ao final de cada ciclo produtivo, mas com características mais sólidas ou secas.

Nestes volumes ocorre intensa multiplicação de bactérias, comumente coliformes totais e fecais, que usualmente colonizam os intestinos das aves e mamíferos. Há também compostos com elevadas concentrações de nutrientes e minerais, que constituem as rações dos animais que se depositados no ambiente podem contaminar o solo, mananciais e lençóis freáticos.

Considerando a grande demanda de água pela sociedade rural e para a produção agropecuária, os dados do IBGE (2012) mostram que metade dessa população não é atendida por sistema de saneamento e nem recebem água tratada, dependendo de poços d'água e de fossa sépticas para suas rotinas diárias. Assim, uma tecnologia disponível para um sistema de produção sustentável evitando descargas desses dejetos nos cursos d'água e no solo seria o emprego de biodigestores.

Assim, este trabalho buscou compilar os parâmetros encontrados na literatura referente aos resíduos gerados pelas principais atividades agropecuárias intensivas, bem como as referências técnicas desejadas e estabelecidas na legislação brasileira de controle ambiental frente às características do solo, do ar e da água para um sistema sustentável de produção, e demonstrar que o uso de biodigestores pode ser o instrumento de equilíbrio para essas atividades ao meio ambiente, assim como, os benefícios que deles podem ser obtidos.

REVISÃO DA LITERATURA

QUALIDADE DO AR

A atmosfera é constituída por uma mistura de gases, predominantemente nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2), perfazendo em conjunto 99%. Vários outros gases encontram-se presente em pequenas quantidades e naturalmente constituem os conhecidos “gases de efeito estufa”, como o dióxido de carbono (CO_2), ozônio (O_3), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), juntamente com o vapor d'água (H_2O). Na década de 90, criou-se o *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, estabelecido por órgãos ligados à Organização das Nações Unidas (ONU), à Organização Meteorológica Mundial (OMM) e ao Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) para avaliar as informações socioeconômicas, científicas e técnicas relevantes à compreensão das mudanças climáticas (IPCC, 1997).

Assim, o dióxido de carbono, o metano e óxido nitroso tornaram-se os contribuintes gasosos da atmosfera que mais têm sido discutidos sobre o efeito estufa, mesmo que sua representatividade seja da ordem centesimal. Em 1996, o IPCC realizou inventário de emissão de gases de efeito estufa e diferenciaram as emissões de metano dos resíduos em sólidos domésticos urbanos, esgotos domésticos urbanos, efluentes industriais e resíduos rurais e passou a monitorá-los regularmente.

A disposição e o tratamento de resíduos domésticos, industriais e os dejetos das atividades rurais causam a emissão à atmosfera de um dos gases de maior impacto no aumento do efeito estufa o metano, que é um produto secundário da decomposição anaeróbia desses resíduos. As

duas maiores fontes de produção de metano são os aterros sanitários e o tratamento anaeróbico (processo biológico sob insuficiência de oxigênio) de águas residuárias. A matéria orgânica contida nos resíduos é decomposta pela ação de bactérias, principalmente as metanogênicas que produzem o biogás, composto principalmente de metano e gás carbônico.

Alves; Vieira (2006) alertavam a crescente emissão do gás metano à atmosfera e as atribuíram como causa as atividades antropogênicas, principalmente as decorrentes de águas residuárias, mas também a variação e diminuição dos sumidouros naturais de metano.

Esses sumidouros seriam a remoção do metano pela troposfera onde se dá sua oxidação por radicais hidroxila (HO-), ocorrendo a transformação em monóxido e dióxido de carbono, auxiliado por reações com NOx e também, pela oxidação de atividades de microrganismos nos solos e nas águas, que acabam por compor o vapor d'água (LEXMOND; ZEEMAN, 1995).

Atualmente, vários pesquisadores têm contestado as causas antropogênicas como causadora ou catalizadora dos efeitos do aquecimento global (MOLION, 2008; JAKUBASZKO, 2011). No aspecto agropecuário, poder-se-ia fomentar a ideia sobre a combustão do metano como fonte de energia, evitando-se a queima de quantidade equivalente de combustível fóssil. Assim se poderia motivar e poupar recursos financeiros dos produtores rurais, além do benefício de mitigar o gás com maior potencial calórico do efeito estufa.

QUALIDADE DA ÁGUA

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que é um órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) dispõe sobre a política nacional do meio ambiente. A Resolução 357 de 2005 classifica os corpos de água e estabelece as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Esta resolução estabelece os padrões de qualidade das águas e os limites individuais para cada substância em cada classe de água. A água doce, isto é, que apresenta salinidade abaixo de 0,5%, é classificada em 5 categorias sendo a primeira especial e as 2 seguintes, classe 1 e 2, indicadas para consumo humano, desde que com algum tratamento prévio. As classes 3 e 4 se enquadram à recreação, navegação e dessedentação dos animais, contudo, todas devem ser ausentes de efeito tóxico crônico, materiais flutuantes, resíduos sólidos, óleos e graxas e, substâncias que comuniquem gosto ou odor. A presença de coliformes termotolerantes obedece aos padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274, de 2000.

Para o uso de águas de classe 1 não deverá exceder o limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 ml, em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *Escherichia coli* (*E. Coli*) poderá ser determinada em substituição aos parâmetros coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente. E ainda: demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em 5 dias a 20°C até 3 mg/L de O₂; oxigênio dissolvido (OD) em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L de O₂; turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT); cor verdadeira natural do corpo de água em 75mg/L de cloroplatinato (Pt) e pH entre 6,0 e 9,0.

Para águas de classe 2 as condições e padrões são semelhantes a classe 1, já elencadas anteriormente, à exceção é que não se permite a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração

convencionais. Coliformes termotolerantes não deverá ser excedido o limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 ml em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* também poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes e ainda, cor verdadeira até 75 mg/L de Pt; turbidez até 100 UNT; DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L de O₂; OD em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L de O₂.

E para águas doce classe 3, de uso de recreação de contato secundário, não deverá se exceder um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 ml em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 ml e para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 ml. A *E. Coli* também poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes e ainda, a presença de cianobactérias para dessedentação de animais não deverá exceder 5 mm³/L, DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L de O₂; OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L de O₂; turbidez até 100 UNT; cor verdadeira até 75 mg/L de Pt e pH de 6,0 a 9,0.

A importância de evidenciar os padrões desses corpos d'água se deve porque, muitas vezes os mananciais recebem descargas muito elevadas de efluentes para sua vazão e não conseguem se recuperar pela autodepuração, havendo a necessidade da depuração artificial ou tratamento do esgoto ou efluente residual. A atividade agropecuária é grande consumidora de água e geradora de resíduos, e o meio agrícola não é satisfatoriamente contemplado com abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgotos e dejetos (IBGE, 2012).

O binômio fossa-poço e a disposição não controlada de dejetos animais nos solos é realidade no meio rural brasileiro, ocasionando contaminação ambiental e problemas de saúde pública pela proliferação de doenças e parasitas, além de possível intoxicação por metais pesados, constituintes das rações dos animais, como no caso de nitritos (N-NO₃-) que causa metahemoglobinemia infantil devida a oxidação da hemoglobina restringindo transporte de oxigênio pelo sangue. (BERTONCINI, 2008).

A pecuária intensiva é uma atividade que consome grande volume de água, em média, de 7 a 45 litros de água para cada animal, por dia, conforme a espécie (KUNS, 2006; OLIVEIRA, 1993) e ainda, tem-se a água de lavagem das baias que é impregnada de fezes, urina, restos de ração, pelos e fármacos utilizados na criação dos animais. Os dejetos de suínos apresentam concentrações elevadas de microrganismos como os coliformes termotolerantes (10 milhões em 100 ml de efluente), até 3.000 ovos de helmintos e 1.000 cistos de protozoários em um grama de dejetos secos (Nishi *et al.* 2000, citado por BERTONCINI, 2008), classificando a atividade com elevado potencial poluidor, sendo necessário licenciamento ambiental para seu funcionamento, Resolução CONAMA Nº 237, artigo 3º, 1997.

O reuso da água é hoje um fator importante para a gestão dos recursos hídricos. O poder depurador do solo é muito maior que o poder depurador das águas, pois o solo funciona como filtro, além de promover a decomposição da matéria orgânica ainda presente em efluentes tratados. Para a agricultura, o reuso de efluentes fornece, além de água, alguns nutrientes para as plantas. Esse tema foi amplamente contemplado no 3º Simpósio Internacional sobre

Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindústrias, em março do corrente ano, em Água de São Pedro, São Paulo (SIGERA, 2013).

O reuso da água bem como o uso de efluentes tratados na agricultura traz significativos benefícios em produtividade e economia, mas devem ser constantemente monitorados para que não haja contaminação do sistema solo-água-plantas como fazem Israel, Austrália, México e Estados Unidos, para citar alguns exemplos (BERTONCINI, 2008).

ECOSSISTEMAS DOS SOLOS

O conhecimento do solo é de grande importância para o planejamento das atividades humanas. Do ponto de vista ecológico, o solo representa o substrato que fornece os nutrientes e, com a água, são os meios essenciais para o desenvolvimento das plantas e animais.

A biota associada à matéria orgânica tem seu papel na ciclagem de nutrientes e irá afetar a disponibilidade de água e a estruturação do solo. Como é de consenso, essa estrutura é função dos decompositores, que são indicadores primários da qualidade do ecossistema (COLEMAN *et al.*, 2002). Abaixo foi apresentado um esquema adaptado de Gonzales, *et al.* (2001) que evidencia essas integrações.

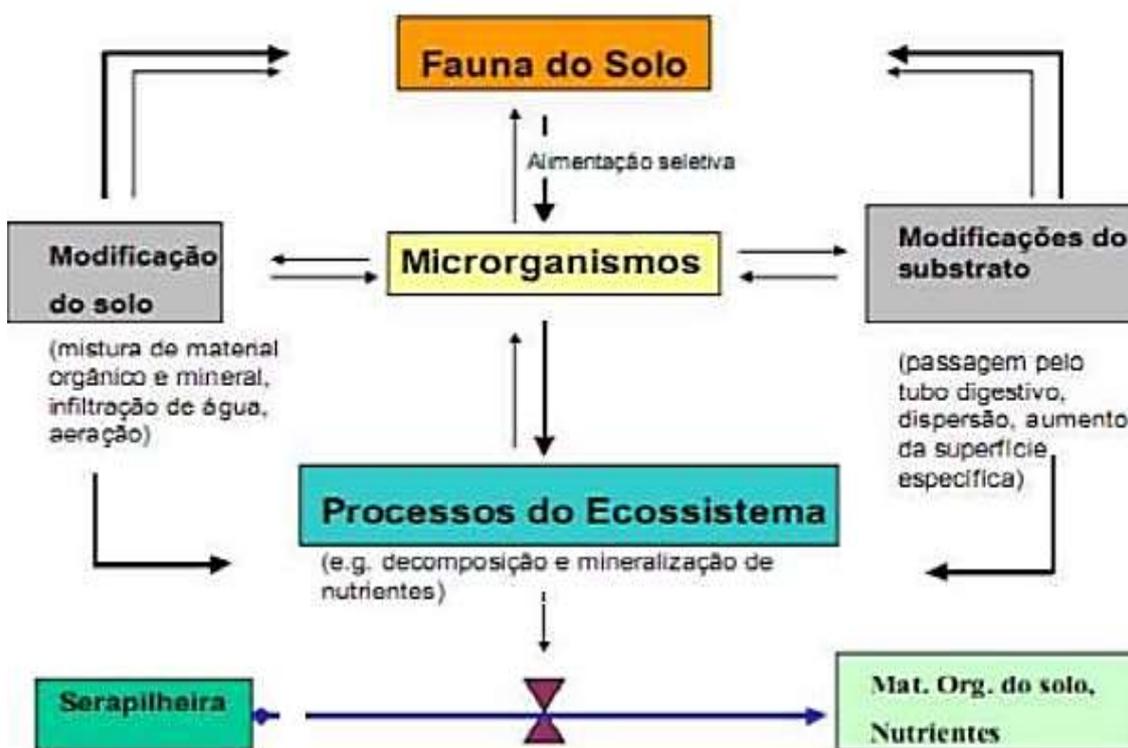


Figura 1. Efeitos diretos e indiretos (setas grossas e finas respectivamente) da fauna do solo nos processos de ecossistemas (adaptado de Gonzáles *et al.*, 2001).

Correa *et al.* (2013) complementam que a adubação com biofertilizante quando utilizado de forma correta permite grande potencial de produção agrícola, podendo ser utilizada na adubação de culturas produtoras de grãos, frutas, pastagem, reflorestamento e recuperação de áreas degradadas. Entretanto, o uso sem critérios técnicos poderá provocar redução na

produtividade agrícola e causar impactos negativos ao ambiente, especialmente pela possibilidade do comprometimento da qualidade do solo e das águas.

É consenso de vários autores que a dose de biofertilizante a ser utilizado na cultura agrícola deverá levar em consideração a escolha do nutriente ou o elemento no solo com maior potencial de risco para o ambiente ou, aquele que possa reduzir a produtividade da cultura. Portanto, para alcançar este objetivo é necessário ter o conhecimento da análise do solo e a composição química do biofertilizante (CASTRO, 2013, CORREA *et al.*, 2001, COLEMAN *et al.*, 2008).

Andreolli; Ferreira (1999) bem como Oliveira (2000) já apontavam para as alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos em decorrência do uso de elevada carga de material biológico no funcionamento do agroecossistema. A instrução normativa CONAMA 375 de 2006, retificada pela portaria 380 do mesmo ano, estabelece critérios para uso do o lodo na aplicação em determinadas culturas agrícola e nesta ótica, recomenda também ter o mesmo cuidado com o despejo de efluentes de criações intensivas da pecuária, como suinocultura, avicultura e bovinocultura, mesmo que estabilizados por biodigestão, que é uma das propostas deste trabalho.

BENEFÍCIOS DO USO DE BIODIGESTORES

O emprego de biodigestores visa tratar os resíduos ou dejetos das atividades agropecuárias intensivas, melhorando a qualidade de vida das pessoas e dos animais, não os expondo ao mal cheiro e gases, limitando a proliferação de moscas e outros insetos, além de possibilitar a obtenção energia e biofertilizantes para continuidade das atividades rurais, reduzindo os custos operacionais das propriedades (AMARAL *et al.*, 2004).

Considerando que a maioria das propriedades rurais estão localizadas em regiões próximas a córregos, lagoas ou rios conforme apontado pelo senso do IBGE (2012) que evidencia 55,3% das propriedades do meio rural captam água para suas necessidades diárias em poços e mananciais nas suas imediações, quer sejam estas criadoras de animais ou dedicadas somente à agricultura, a biodigestão de efluentes não contribuiriam para a contaminação dos lençóis freáticos, indispensáveis ao abastecimento de água potável das populações rural e urbana.

A suinocultura tem tradicional importância socioeconômica em todas as regiões de sua atuação, mas também é atividade reconhecida pelo seu grande potencial poluidor. Nesta atividade, tem-se praticado a armazenagem desses resíduos em lagoas ou tanques de estabilização para posteriormente serem utilizados como fertilizante vegetal ou condicionador de solo, contudo essa prática tem limites de saturação, exigindo alternativas de tratamento (KUNZ *et al.*, 2006).

Oliveira (1993) relata que a concentração de DBO dos dejetos de suínos pode apresentar valores de até 52.000 mg L⁻¹, enquanto no esgoto humano a DBO é cerca de 200 a 300 mg L⁻¹.

Outra atividade agropecuária intensiva que também tem a característica de produzir significativa carga de matéria orgânica diariamente é a bovinocultura em confinamentos, tanto de corte como de leite. A contaminação do solo, lagos e rios por resíduos animais se dá pela infiltração de águas residuárias no lençol freático.

Os criadores de gado devem estar atentos às atitudes para permanecerem de forma competitiva no mercado produzindo de forma sustentável. Cabe ao produtor intensificar e utilizar a tecnologia de confinamento e pensar que os problemas de água, efluentes e resíduos são fatores

decisivos para a manutenção da atividade e produtividade. Tem-se o exemplo da proliferação das moscas do chifre (*H. irritans*) que tem seu ciclo nas fezes dos bovinos (BRITO *et al.*, 2005).

Amaral *et al.* (2004) experimentaram três tempos diferentes de retenção hidráulica para tratamento de bactérias indicadoras de contaminação ambiental, bem como para ovos de parasitas gastrointestinais e verificaram que vinte dias de retenção hidráulica foram suficientes para reduzir significativamente o número de microrganismos indicadores de poluição fecal e a quantidade de ovos de helmintos dos ruminantes.

Com o aumento da importância das questões ambientais, aumenta também a preocupação dos gestores dos meios produtivos em como reduzir os impactos de suas atividades ao meio ambiente e, os biodigestores se adequam bem a essas atividades, possibilitando inclusive ganhos econômicos através da veiculação da imagem da empresa ecologicamente correta em seus meios produtivos. Lucas Júnior *et al.* (2001) já apontavam o interesse do aproveitamento dos resíduos orgânicos gerados para além da reciclagem de nutrientes no próprio meio e de saneamento, mas também para o aproveitamento energético do biogás.

Está sendo testado um sistema de aproveitamento coletivo do biogás produzido nos biodigestores de propriedades próximas entre si. O gás captado é direcionado para uma central de combustão para acionar secadores de grão ou mesmo para geração de energia elétrica beneficiando assim todos os produtores fornecedores do biogás (ITAIPU BINACIONAL, 2013). O uso energético dos resíduos competirá no futuro com outros usos, como no preparo de camas para criação de animais, na adubação orgânica, no controle de erosão, na alimentação de animais etc. Também será necessário consolidar o conceito de resíduo sob a óptica da sustentabilidade da exploração, ou seja, não retirar do local de produção da biomassa, excesso de matéria orgânica que venha a depauperar o solo e prejudicar futuras explorações.

BIODIGESTOR

Em síntese, o biodigestor é uma câmara fechada onde é colocado material orgânico, em solução aquosa, que sofre decomposição num ambiente em ausência de oxigênio. A biodigestão anaeróbica dos resíduos orgânicos é um processo bioquímico que utiliza ação bacteriana para fracionar compostos complexos e produzir um gás combustível, denominado biogás, composto na sua maior parte, por metano e dióxido de carbono. Outro recurso gerado pelo biodigestor é o biofertilizante que pode ser usado em diversas culturas (SEGRANFREDO; GIOTTO, 2004).

Para se estabelecer as relações entre os principais tipos de biodigestores e suas características microbiológicas é fundamental o conhecimento de três parâmetros básicos que influem no seu funcionamento e na produção de biogás. Estes parâmetros estão associados com o tempo que os microrganismos necessitam estar em contato com os sólidos em uma dinâmica hidráulica dos fluídos que percorrem o biodigestor numa determinada temperatura. A essa dinâmica dá-se o nome de tempo de retenção hidráulica (TRH). O TRH é entendido como o intervalo de tempo necessário para que ocorra o processo de biodigestão de maneira completa (PALHARES *et al.*, 2005).

A biodigestão dos complexos orgânicos requer uma mistura de espécies bacterianas, as quais podem depender umas das outras para seu crescimento e ocorrer a sequência de quatro reações: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metagênese. A conversão anaeróbica produz uma quantidade relativamente pequena de energia para os microrganismos, por isso, a flora bacteriana

tem baixa velocidade de crescimento e apenas, uma pequena porção do resíduo é convertida em nova biomassa celular. Um esquema simplificado abaixo representa as etapas metabólicas.

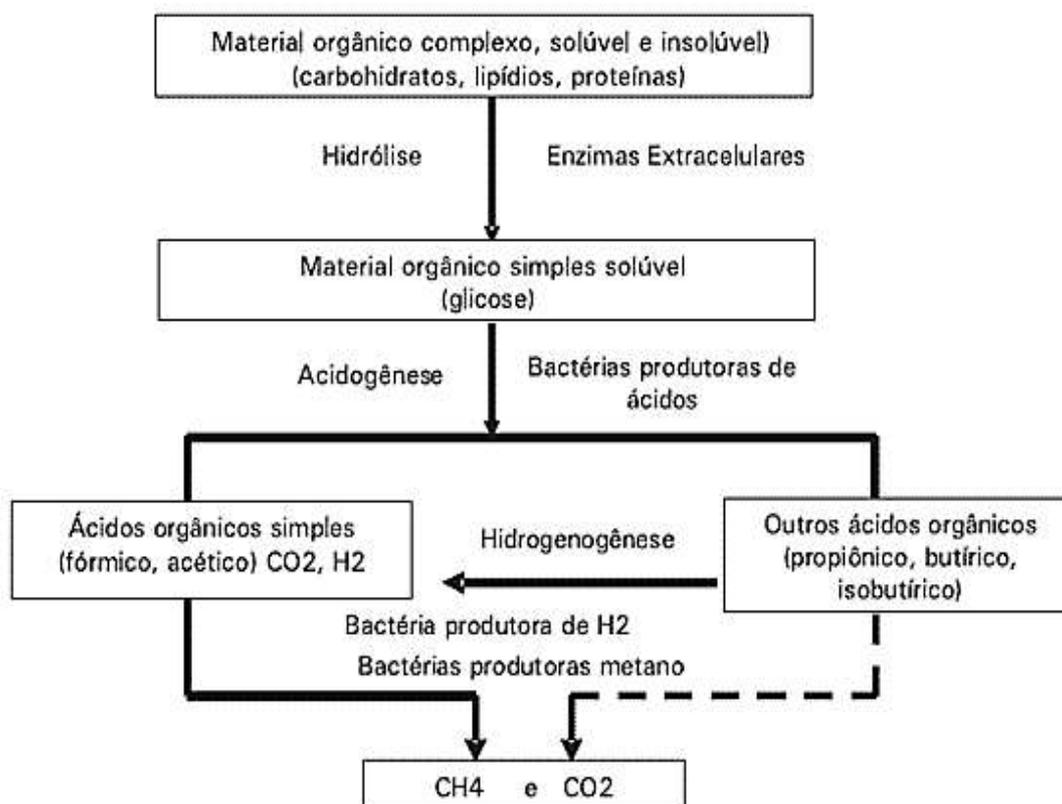


Figura 2. Etapas metabólicas do processo de digestão anaeróbia em biodigestor (SANTOS, 2001)

Dependendo da temperatura que o processo está acontecendo dentro do biodigestor, o tratamento de resíduos orgânicos é basicamente de três tipos. A biofermentação com temperatura entre 45–60°C é considerada termofílica, a que ocorre entre as temperaturas de 20–45°C é a mesofílica e, as que ocorrem em temperaturas menor que 20°C são referenciadas como psicofílica.

Sanchez *et al.* (2005) relatam que a digestão anaeróbia de dejetos também destrói organismos patogênicos e parasitas, que a produção de baixa biomassa determina menor volume de dejetos e ainda, que o biodigestor tem a capacidade de estabilizar grandes volumes de dejetos orgânicos a um baixo custo. Opinião também corroborada por Oliveira (2002) que complementa com o aproveitamento do metano como fonte de energia ou calor às rotinas nas propriedades rurais.

A utilização de biodigestores se intensificou nos últimos anos devido à redução dos custos de implantação, manutenção e a disponibilidade de novos materiais e equipamentos. Soma-se também a relativa oferta de crédito ocorrida pela política internacional como “Crédito de Carbono” até 2012 (VIVAN *et al.*, 2010).

BIOGÁS

O biogás é o produto da degradação de efluentes sob diversas atividades biológicas em um processo anaeróbio. Esse gás é constituído, principalmente, por metano e gás carbônico numa proporção média de 70% e 30%, respectivamente, e pequenas quantidades monóxido de carbono,

nitrogênio, hidrogênio, oxigênio e gás sulfídrico (FRARE *et al.*, 2009; PALHARES, 2005; SOUZA *et al.*, 2005).

O biogás pode representar um perigo para o ambiente local, caso não sejam adotadas medidas de prevenção de emissões não controladas. O gás sulfídrico e o monóxido de carbono são considerados pela normativa regulatória 15 (NR-15) do Ministério de Trabalho e Emprego, como o grau de insalubridade máximo. A NR-15 estabelece que o monóxido de carbono não deve ultrapassar 39 ppm ou 43 mg/m³ como limite máximo permitido de tolerância de exposição ao homem.

O dióxido de carbono não deve ultrapassar 3900 ppm ou 7020 mg/m³ (até 48 horas por semana), não sendo um risco potencial à saúde humana. O metano é considerado como gás asfixiante simples para ambientes confinados que em altas concentrações pode provocar misturas explosivas. O gás sulfídrico em baixas concentrações pode causar danos à vegetação e odor desagradável. Segundo a NR-15, o limite máximo permitido de tolerância ao homem não deve ultrapassar 8 ppm ou 12 mg/m³ até 48 horas por semana.

O tratamento de resíduos de origem animal por meio de biodigestores deve se configurar como uma atividade economicamente apreciável para os produtores, levando em consideração a produção de biogás ser uma fonte de energia renovável e possível de ser aproveitada na própria atividade agrícola em substituição a outras fontes energéticas, reduzindo assim os custos de produção (STEIL, 2001).

Junto ao rio Ajuricaba, em Marechal Cândido Rondon, Pr, foi construído um gasoduto de 25,5 quilômetros, que passa por 34 pequenas propriedades rurais e leva o biogás para uma microcentral elétrica. A energia gerada abastece as propriedades e todo o excedente é vendido para a COPEL (ITAIPU BINACIONAL, 2013). A experiência liderada por Itaipu no condomínio de agroenergia para a agricultura familiar da microbacia no oeste paranaense mostra que o projeto é viável mesmo em pequenas propriedades.

Atualmente, boa parte dos dejetos da produção agropecuária (criações de gado, suínos e aves) contaminam o solo e, estes dejetos são carregados pela chuva para rios e lagos, além de contribuir para o aquecimento global. Com o biogás, o problema vira solução. Os dejetos são levados para biodigestores, para extração do gás metano, que depois pode ser convertido em energia térmica, elétrica e veicular. O subproduto da atividade é um potente biofertilizante.

Os dejetos de suínos, quando submetidos à digestão anaeróbica em biodigestores, perdem carbono na forma de CH₄ e CO₂ (diminuindo a relação C/N da matéria orgânica), o que resulta em um resíduo final mais apropriado para uso como adubo orgânico, em função da mineralização do nitrogênio e da solubilização parcial de alguns nutrientes (SCHERER *et al.*, 1996).

BIOFERTILIZANTE

Os resíduos de esgotos gerados após tratamento são constituídos essencialmente de água com a presença de minerais e matéria orgânica suspensa ou dissolvida. Entretanto, em alguns casos, a quantidade relativamente grande de nutrientes, como fosfatos, nitratos e amônio, favorecem a eutrofização de corpos de água comprometendo assim a qualidade das águas superficiais e limitando a disposição do efluente tratado no local (CETESB).

A principal vantagem da utilização de efluentes na agricultura reside na recuperação de um recurso de grande importância para a agricultura – a água; além disso, os constituintes desses

efluentes são produtos que podem aumentar a fertilidade dos solos por conterem nutrientes essenciais às plantas, em virtude da matéria orgânica que lhe é adicionada, com a consequente formação de húmus (SILVA *et al.*, 2010).

Num experimento na ETEC de Cabrália Paulista, SP, Silva (2010) analisou o efluente de um biodigestor que tratava dejetos comuns dos alunos e da granja de terminação de suínos. Os elementos nutritivos mais abundantes do efluente era o nitrogênio, na forma amoniacal, com quantidades apreciáveis de potássio, cálcio, fósforo, magnésio e sódio, em forma solúvel. Essa característica influenciava a mobilidade do biofertilizante no solo, fato que deve ser levado em conta para evitar contaminação de águas subterrâneas, mas também, que essa mobilidade depende da capacidade de troca de cátions do solo, pH, capacidade de absorção pela biota, entre outros.

Scherer *et al.* (2010) avaliaram o solo de propriedades suinícolas, que tradicionalmente faziam uso de dejetos de suínos no solo por longo tempo, 15 – 20 anos, e constatou que essa prática acumulou P, K, Cu, Zn nas camadas mais superficiais do solo, principalmente até a profundidade de 5 cm. O teor de matéria orgânica dos solos não foi alterado pelas sucessivas aplicações de dejetos de suínos, nem a disponibilidade dos nutrientes no subsolo, mas salientam para o risco de poluição ambiental em casos de lixiviação.

A adição de matéria orgânica melhora, consideravelmente, as características físicas e biológicas do solo. Os maiores benefícios constatados são: redução do processo erosivo; maior disponibilidade de nutrientes às plantas; maior retenção de água; menor diferença de temperatura do solo durante o dia e a noite; estimulação da atividade biológica; aumento da taxa de infiltração; maior agregação de partículas do solo. A adubação orgânica tem, ainda, outros aspectos bastantes favoráveis. Ela utiliza resíduo cujo descarte causaria impactos ambientais. Outro ponto forte desse tipo de adubação é o seu tempo de duração. O processo de absorção dos nutrientes orgânicos envolve decomposição e mineralização. Assim, a adubação orgânica é uma fonte de nutrientes lenta e duradoura (SANTIAGO; ROSSETO, 2005).

CONCLUSÃO

A importância da biodigestão anaeróbica está na redução da poluição causada pelos resíduos animais e vegetais, na eliminação das ervas daninhas, de parasitas gastrointestinais dos animais e de bactérias causadoras de doenças que por ventura venham infestar os dejetos agropecuários, no aproveitamento do efluente do biodigestor como biofertilizante estabilizado e consequente diminuição dos custos com fertilizantes minerais, na eliminação de maus odores e moscas das tradicionais esterqueiras e na produção de biogás com diversas aplicações na produção agropecuária.

Propõe-se então, promover o saneamento ambiental das atividades agropecuárias através do uso de biodigestores acondicionando os resíduos e dejetos das criações, usualmente desenvolvidas no meio rural, obtendo a sustentabilidade com aproveitamento dos recursos materiais e financeiros, através da utilização dos produtos da biodigestão.

REFERÊNCIAS

AMARAL, C.M.C. *et al.*; Biodigestão anaeróbica de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. *Ciência Rural*, v.34, n.6, nov-dez, 2004.

- ANDREOLLI, C.V.; FERREIRA, A.C. Uso e manejo de lodo e esgoto na agricultura. Cia de Saneamento do Paraná. Programa de pesquisa em saneamento básico: Curitiba, 1999.
- ALVES, J.W.S; VIEIRA, S.M.M. Inventário nacional de emissão de metano pelo manejo de resíduos 1990-1994. CETESB, Secretaria do Meio Ambiente: Biogás: projetos e pesquisas no Brasil -São Paulo. 2006. Disponível em:<<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 13 jul. 206..
- BERTONCINI, E.I. Tratamento de efluentes e reuso de água no meio agrícola. Revista Tecnologia e Inovação agropecuária, Junho, 2008.
- BRASIL, Ministério da Ciência e Tecnologia e BNDES –Efeito estufa e a Convenção sobre mudança do clima. 1999. Disponível em:<https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/especial/clima.pdf>. Acessado em 18/10/2016
- BRASIL-Ministério do Trabalho e Emprego – NR-15. Atividades e Operações insalubres. Ministério do trabalho e Emprego. Acessado em 20/07/2013. [http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20\(atualizada_2011\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20(atualizada_2011).pdf)
- BRASIL - CONAMA. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.
- BRASIL - CONAMA. Resolução no 375, de 29 de agosto de 2006. Publicado DOU nº 167, 30/08/06. Seção 1, p. 141-143.
- BRITO, L.G. *et al.* Moscas-dos-chifres: aspectos bioecológicos, importância econômica, interações parasito-hospedeiro e controle. Comunicado técnico 302. Embrapa Rondônia, setembro de 2005.
- CASTRO, S.S. Biota do solo. Disponível: < [www.labogef.iesa.ufg.br/abogef/arquivos/.../ Biota_do_solo_31936.pdf](http://www.labogef.iesa.ufg.br/abogef/arquivos/.../Biota_do_solo_31936.pdf)> Acesso em:05 jul. 2016
- CORREA, J.C. *et al.* Critérios técnicos para recomendação de biofertilizante de origem animal em sistemas de produção agrícolas e florestais. Embrapa Comunicado Técnico 486. Versão eletrônica. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50854/1/publicacao-486.pdf> Acesso: 05 Jul. 2016.
- COLEMAN, D. *et al.* Soil food in agroecosystems: impacts of herbivory and tillage management. European Journal of Soil Biology v.38, p. 21-28 2008.
- FRARE, L.M. *et al.* Processo para remoção de ácido sulfídrico de biogás. Eng. Sanit. Ambiental v.14, n. 2, p.167-172, abr/jun 2009.
- GONZÁLEZ, G. *et al.* Earthworm abundance and species composition in abandoned tropical croplands: comparison of tree plantations and secondary forests. Pedobiologia, v.40, p. 385-391, 2001.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Pesquisa Nacional de Amostragem por Domicílio, PNAD. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br>>, Acessado em 04/07/2016.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada em 1996. Reino Unido: IPCC WGI Technical Support Unit, 1997.
- ITAIPU BINACIONAL. Revista Ambiente e Energia. Na rede do Biogás. Disponível em: < <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2013/06/na-rede-do-biogas/22952>>. Acessado em: 05/07/2016.
- JAKUBASZKO, Richard. SOS cientistas pesquisadores. Revista DBO Agrotecnologia, nº 33, edição nov/dez/2011.
- KUNZ, A. Impactos sobre a disposição inadequada de dejetos de animais sobre a qualidade das águas superficial e subterrâneas. In: Simpósio nacional sobre uso da água na agricultura, 2, 2006, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: UPF, 2006. p.1-6.23

- LEXMOND, M.J.; ZEEMAN, G. Potential of Controlled anaerobic Wastewater treatment in order to reduce the global emissions of the greenhouse gases methane and carbon dioxide, Rapportnr. 95-l Wageningen, Netherlands, 1995.
- LUCAS JR., et al. Possibilidades de uso de dejetos animais no meio rural. In: LIMA, M.A.; CABRAL, O.M.R.; MIGUEZ, J.D.G. (Ed.) Mudanças Climáticas globais e a agropecuária brasileira. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2001. cap.15, p.303-323.
- MOLION, L.C.B.; Considerações sobre o aquecimento global antropogênico. Revista Brasileira de Climatologia, v. 3/4, p. 7-24, ago. 2008.
- OLIVEIRA, P.A.V.; Biodigestores viram negócio sustentável: AveSui, Feira da Indústria Latino-Americana de Aves e Suínos, em Florianópolis, SC, entrevista 03/06/2013. Disponível em: <<http://gadoleiteiro.iepec.com/noticia/biodigestores-viram-negocio-sustentavel>> Acesado em: 26/06/2016.
- OLIVEIRA, P.A.V. Curso de capacitação em práticas ambientais sustentáveis: Treinamentos 2002. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p. 112, 2002.
- OLIVEIRA, R.A. *et al.* Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura na capacidade de infiltração de um solo podzólico vermelho-amarelo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande. v.4, n.2, p.263-267, 2000.
- PALHARES, J.C.P. Uso de Biodigestores para o tratamento da cama de frango: conceitos importantes para a produção de biogás. Embrapa Suíno e Aves. Concórdia: Santa Catarina. 2005.
- SCHERER, E.E. *et al.* Avaliação da qualidade do esterco líquido de suíno da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante. Boletim Técnico 79, Florianópolis, SC: EPAGRI, 1996. 46 p.
- SIGERA – Simpósio Internacional sobre gerenciamento de resíduos agropecuários e agroindustriais, 20. Simpósio em Água de São Pedro, São Paulo, março, 2013.
- SHERER, E.E. *et al.* Atributos químicos do solo influenciado por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. R. Bras. Cien. Solo, 34, 1375-1383, 2010.
- SEGANFREDO, M.A.; GIROTTO, A.F. Tratamento de dejetos suínos e seus impactos econômicos em unidades terminadoras. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. (Comunicação Técnica). Disponível em http://www.cnpa.embrapa.br/publicações_comunicados_técnicos. Acessado em: 24/06/2016.
- SILVA, V.L. *et al.* Biodigestor: fonte alternativa de gas limpo e adubo orgânico que contribuem para redução de efeito estufa. In: Congresso brasileiro de gestão ambiental, 3., 19-22 Nov. 2012. Goiânia, GO. Anais... IBEAS, 2012. p. 1-524.
- SANCHEZ, E. *et al.* Effect of organic loading rate on the stability, operational parameters and performance of a secondary upflow anaerobic sludge bed reactor treating piggery waste. Bioresource Technology, v.96, p.335-344, 2005.
- SANTIAGO, A.D.; ROSSETO, R. Adubação Orgânica, 2005. Disponível em: <http://www.agencia.cnpia.embrapa.br/gestor/cana-de-açúcar/arvore/CONTAG01_37_711_2005167717.html> Acessado em: 30/05/2016.
- SANTOS, T. M. B. dos. Balanço energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frangos de corte. 2001. 179f. Tese (doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Jaboticabal, SP, 2001.
- SOUZA, C.F. *et al.* Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato: considerações sobre a partida. Eng. Agríc. v. 25, n.2, maio/ago. 2005.
- VIVAN, M. *et al.*: eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.14, n.3, p.320-325, 2010.