

BIODIGESTORES RURAIS E SUA IMPORTÂNCIA NA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Diego Alves Côrtes¹
Everildes Maria Dias Rocha²
Thiago Alves Côrtes³

Resumo: As principais fontes de emissão do metano estão nas atividades agrícolas e em aterros sanitários, pois este é produzido pela fermentação de biomassa por bactérias anaeróbicas, e também pela queima de biomassa. Com o início do protocolo de Kyoto, em fevereiro de 2005, que prevê a redução gradativa de emissões dos gases de efeito estufa, os biodigestores voltam a receber atenção principalmente dos pesquisadores, pois o processo de digestão anaeróbica é o mais prático, eficiente e barato para redução de suas emissões. Com a utilização do biodigestor rural pode-se atingir vários objetivos, dentre eles destacam-se: produção de energia limpa a partir de uma fonte renovável, utilização de energia mais barata, controle da poluição ambiental e ações de saneamento.

Palavras-chave: Biodigestor. Suinocultura. Meio Ambiente. Sustentabilidade.

Abstract: The main sources of methane emissions are in agricultural activities and in landfills, as it is produced by the fermentation of biomass by anaerobic bacteria, and also by the burning of biomass. With the beginning of the Kyoto protocol in February 2005, which provides for the gradual reduction of emissions of greenhouse gases, bio digestors are receiving attention mainly from researchers, since the process of anaerobic digestion is the most practical, efficient and inexpensive to reduce their emissions. With the use of the rural biodigester, several objectives can be achieved, among them: production of clean energy from a renewable source, use of cheaper energy, control of environmental pollution and sanitation actions.

Keywords: Bio Digester. Swine Farming. Environment. Sustainability.

INTRODUÇÃO

De acordo com Sobrinho et. al. (2008), a preocupação com as questões ambientais está em destaque na atualidade, devido principalmente às ações impactantes sobre o meio ambiente

¹ Mestrando em Educação pela UFU, graduado em Eng. Ambiental (FINOM) e Matemática (FANAN), Esp. em Docência do Ensino Superior e Segurança do Trabalho (FINOM).

² Engenheira Ambiental (FINOM), MBA em Gestão do Meio Ambiente e Sustentabilidade (FGV).

³ Engenheiro Agrônomo (FINOM), Esp. em Manejo e Fertilidade do Solo (UNIPAM).

e à busca de alternativas saudáveis que sejam capazes de minimizar os impactos e promover a continuidade da vida do homem no planeta Terra.

Cunha et. al. (2005) ressalta que, a questão da necessidade de preservação e manutenção do meio ambiente surge, a partir de situações como o efeito estufa, desmatamento, enchentes, vendavais e furacões, secas, poluição do ar, dentre outras, como um grande desafio à raça humana que deste meio se utiliza e depende para subsistir.

A mudança global do clima é um dos mais graves problemas ambientais deste século, sendo que, neste período, registrou-se um aumento de cerca de 10° C na temperatura média da Terra. Este problema vem sendo causado pela intensificação da emissão dos gases de efeito estufa (GEE), que por sua vez, está relacionada ao aumento da concentração atmosférica de determinados gases, principalmente o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). (OLIVEIRA, 2006)

O gás metano é muito mais efetivo que o CO₂ na absorção da radiação solar na superfície da terra. A concentração global deste gás tem aumentado a uma taxa de 1% ao ano, sendo que 80% deste têm origem biogênica, produzido por bactérias metanogênicas em condições de anaerobiose. (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006)

A contribuição dos gases no efeito estufa depende basicamente de dois fatores: sua concentração na atmosfera e seu poder de aquecimento molecular. O poder de aquecimento das moléculas destes gases varia e pode ser mensurado de acordo com um referencial. O elemento utilizado como referência é o CO₂, por ser o gás de efeito estufa mais abundante na atmosfera e de maior contribuição no aquecimento global. (GASA-FCT, 2000; Lima, et al., 2001; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006)

O CO₂ possui uma contribuição relativa de 55%, o CH₄ de 15% e o N₂O de 4%, porém a emissão destes gases deve ser fortemente reduzida. (Guyot, 1997; Institut Technique du Porc, 2000; Oliveira & Otsubo, 2002)

Segundo a Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA), estima-se que cerca de 14% da emissão global de gás metano tenha origem em atividades relacionadas à produção animal (USEPA, 1994) e estimativas mais recentes indicam que o CH₄ gerado pelos dejetos corresponde em torno de 5 a 10% do total de CH₄ gerado globalmente, segundo Martinez, et al., (2003) e Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006.

Embora a primeira instalação operacional destinada a produzir gás combustível só tenha surgido na segunda metade do século XIX, o biogás já era conhecido há muito tempo, pois a produção de gás combustível a partir de resíduos orgânicos não é um processo novo. Já em

1776, o pesquisador italiano Alessandro Volta descobriu que o gás metano já existia incorporado ao chamado “gás dos pântanos”, como resultado da decomposição de restos vegetais em ambientes confinados.

Em 1806, na Inglaterra, Humphrey Davy identificou um gás rico em carbono e dióxido de carbono, resultante da decomposição de dejetos animais em lugares úmidos. Ao que parece apenas em 1857, em Bombaim, Índia, foi construída a primeira instalação operacional destinada a produzir gás combustível, para um hospital de hansenianos. Nessa mesma época, pesquisadores como Fischer e Schrader, na Alemanha e Grayon, na França, entre outros, estabeleceram as bases teóricas e experimentais da biodigestão anaeróbia. Posteriormente, em 1890, Donald Cameron projetou uma fossa séptica para a cidade de Exeter, Inglaterra, sendo o gás produzido utilizado para iluminação pública.

“Uma importante contribuição para o tratamento anaeróbio de esgotos residenciais foi feita por Karl Imhoff, na Alemanha, que, por volta de 1920, desenvolveu um tanque biodigestor, o tanque Imhoff, bastante difundido na época. (NOGUEIRA, 1986, p. 1 e 2)” Sganzerla (1983, p. 8) também aponta para Bombaim como o “berço” do biodigestor. A literatura aponta que o primeiro biodigestor posto em funcionamento regular ocorreu na Índia no início deste século na cidade de Bombaim. Em 1950, Patel instalou, também na Índia, o primeiro Biodigestor de sistema contínuo.

Na década de 60, Fry, um fazendeiro, desenvolveu pesquisas com biodigestores na África do Sul. (SGANZERLA, 1983, p. 8). O primeiro biodigestor a batelada, o qual recebe carga total de biomassa e é esvaziado somente após a total conversão da biomassa em biofertilizante e biogás, foi segundo Seixas et al (1980, p. 6 e 7), “posto em funcionamento regular em Bombaim, em 1900. Durante e depois da Segunda Grande Guerra, alemães e italianos, entre os povos mais atingidos pela devastação da guerra, desenvolveram técnicas para obter biogás de dejetos e restos de culturas”.

Inegavelmente, a pesquisa e desenvolvimento de biodigestores desenvolveram-se muito na Índia, onde, em 1939, o Instituto Indiano de Pesquisa Agrícola, em Kanpur, desenvolveu a primeira usina de gás de esterco. Segundo Nogueira (1986), o sucesso obtido animou os indianos a continuarem as pesquisas, formando o Gobar Gás Institute (1950), comandado por Ram Bux Singh. Tais pesquisas resultaram em grande difusão da metodologia de biodigestores como forma de tratar os dejetos animais, obter biogás e ainda conservar o efeito fertilizante do produto (biofertilizante). Foi esse trabalho pioneiro, realizado na região de

Ajitmal (Norte da Índia), que permitiu a construção de quase meio milhão de unidades de biodigestão no interior daquele país.

A partir da crise energética deflagrada em 1973, a utilização de biodigestores passou a ser uma opção adotada tanto por países ricos como em países de Terceiro Mundo em nenhum deles, contudo, o uso dessa tecnologia alternativa foi ou é tão acentuada como na China e Índia.

O interesse da China pelo uso de biodigestores se deu, originalmente, a questões militares. Preocupada com a Guerra Fria, a China temeu que um ataque nuclear impediria toda e qualquer atividade econômica (principalmente industrial).

No entanto, com a pulverização de pequenas unidades biodigestores ao longo do país, algumas poderiam escapar ao ataque inimigo. Há pelo menos meio século, para os chineses, a locação de biodigestores transformou-se em questão vital, incrustada em lógicas de política internacional. Um país continental, com excesso de população, a China buscou, durante os anos 50 e 60, no auge da Guerra Fria, por uma opção de descentralização energética.

Os chineses se baseavam uma lógica simples, eles precisavam de uma matriz energética simples e barata para suprir as necessidades do país. No caso de uma guerra que poderia significar a destruição quase total da civilização como a conhecemos – o ataque às centrais energéticas, como poderosas usinas hidroelétricas, representaria o fim de toda atividade econômica. Isso porque a energia deixaria de ser disponível nos grandes centros, mas naqueles pequenos centros, as pequenas unidades de biodigestão conseguiriam passar incólumes ao poder inimigo.

A descentralização, portanto, implica em criar unidades suficientes nas pequenas vilas, vilarejos e regiões mais longínquas. Desnecessário dizer a razão pela qual os biodigestores fizeram parte da estratégia. (BARRERA, 1993, p. 17)

É possível, portanto, definir biodigestor como um aparelho destinado a conter a biomassa e seu produto: o biogás. Como defini Barrera (1993, p. 11) “o biodigestor, como toda grande idéia, é genial por sua simplicidade”. Tal aparelho, contudo, não produz o biogás, uma vez que sua função é fornecer as condições propícias para que um grupo especial de bactérias, as metanogênicas, degrade o material orgânico, com a consequente liberação do gás metano.

Um biodigestor compõe-se, basicamente, de uma câmara fechada na qual uma biomassa (em geral detritos de animais) é fermentada anaerobicamente, isto é, sem a presença de ar. Como resultado desta fermentação ocorre a liberação de biogás e a produção de biofertilizante. Os principais modelos de biodigestores são: indiano, chinês, batelada e tubular.

O modelo indiano de biodigestor tem como característica a presença de um gasômetro. A pressão do biodigestor indiano ocorre de forma constante, ou seja, à medida que o volume de gás gerado não é utilizado imediatamente, o gasômetro tende a mover-se verticalmente, aumentando o seu volume, deste modo, conservando a pressão no interior do biodigestor constante.

Como o gasômetro está se localizado sobre o substrato ou sobre o selo d'água ocorre uma queda nas perdas de gás durante a produção do biogás. O material que irá manter o biodigestor indiano em operação, deverá oferecer uma concentração de sólidos totais (ST) inferior a 8%, para promover a circulação do resíduo pelo interior da câmara de fermentação e impedir que haja entupimentos nos canos de entrada e saída de resíduos. O fornecimento de matéria prima também deverá ser ininterrupto, geralmente ele é mantido por dejetos bovinos e/ou suínos, pois oferecem fornecimento de dejetos diariamente.

Em relação a sua construção, ele é construído de maneira simples e rápida, mas devido ao gasômetro ser de metal pode haver um aumento no custo final, além disso à distância da propriedade pode atrapalhar e tornar caro o transporte impossibilitando a implantação deste tipo de biodigestor.

O modelo chinês é constituído por uma câmara cilíndrica feita de tijolos para a fermentação, com teto abobado, impermeável, no qual se destina ao condicionamento do biogás. Seu funcionamento ocorre baseado no princípio de prensa hidráulica, no instante que ocorre o aumento de pressão em seu interior resultante do acúmulo de biogás ocorrerá movimentos do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, e em sentido oposto quando ocorrer a descompressão.

O biodigestor chinês é composto basicamente de alvenaria, dispensando o uso de gasômetro em chapa de aço, diminuindo os custos, no entanto pode ocorrer problemas com o vazamento do biogás caso a estrutura não seja totalmente vedada e impermeabilizada. Nele uma parte do gás formado na caixa de saída é solto para a atmosfera, diminuindo parcialmente a pressão interna do gás, por esta razão não se indica o biodigestor tipo chinês para instalações de grande porte.

Igualmente ao modelo indiano, o resíduo deverá ser fornecido ininterruptamente, com a concentração de sólidos totais em torno de 8%, para impedir entupimentos do sistema de entrada e facilitar a circulação do material no biodigestor.

O modelo batelada se define como um sistema simples e de baixa exigência operacional. A sua montagem pode se dar por apenas um tanque anaeróbio, ou por vários tanques em série.

Esse modelo de biodigestor é abastecido apenas uma única vez, assim não é um biodigestor contínuo onde o processo de fermentação ocorre por um período adequado, sendo o rejeito descarregado após a produção do biogás.

Ao passo que, os modelos chinês e indiano se proporcionam para atender propriedades rurais em que a disponibilidade de biomassa ocorre em períodos pequenos, como por exemplo aquelas em que o gado é colocado vezes ao dia para ordenha, aceitando coleta diária de biomassa, que deve ser conduzida para o biodigestor. O biodigestor em batelada é mais indicado quando há uma disponibilidade de resíduos em períodos mais longos, como acontece em granjas avícolas, onde a biomassa fica à disposição somente após a venda das aves e limpeza do galpão. Ao compararmos os modelos indiano e chinês verifica-se que ambos apresentam desempenho semelhante, apesar do indiano apresentar uma maior eficiência na produção de biogás e na redução de sólidos no substrato.

No biodigestor tubular, também chamado de plug-flow ou de fluxo em pistão, a biomassa tem entrada contínua em uma das extremidades do biodigestor e passa através do mesmo, sendo descarregada na outra extremidade, na mesma sequência em que entrou.

O fluxo se processa como um êmbolo, sem misturas longitudinais. As partículas mantêm sua identidade e permanecem no tanque por um período igual ao tempo de retenção hidráulica. Para garantir isso, os biodigestores são longos, com uma elevada relação comprimento-largura, na qual a dispersão longitudinal é mínima. (Von Sperling, 1996)

O primeiro registro do uso de biodigestores tubulares foi na República da África do Sul, em 1957, operando a 35°C, com tempo de retenção hidráulica de 40 dias e cargas orgânicas de 3,4 kg de sólidos totais por m³ (Gunnerson et al., 1989). Nos Estados Unidos, o sistema foi intensamente estudado por pesquisadores da Universidade de Cornell, liderados pelo Prof. Jewell (Gunnerson et al., 1989). Em uma comparação entre um biodigestor tubular e um biodigestor de mistura completa, ambos com 38 m³ e operando com dejetos de bovinocultura-de-leite, com 12,9% de sólidos totais, foram obtidas produções específicas de 1,26 e de 1,13 m³ de biogás por m³ de reator por dia. (Hayes et al., 1979)

Os biodigestores tubulares, conhecidos também como digestores plug-flow geralmente possuem uma relação largura: comprimento igual ou superior a 1:5. Segundo Handbook (EPA, 2003), os biodigestores plug-flow são retangulares, construídos abaixo do nível do solo e operam com tempos de retenção de mais de 15 dias. Nos Estados Unidos, admite-se o uso deste tipo de digestores apenas para dejetos de bovinocultura-de-leite, operando com teores de sólidos entre 11 e 13%. Mesmo com estas restrições, nas condições americanas, este tipo de biodigestor

tem um alto índice de insucesso. De um total de 30 digestores tubulares implantados desde 1980, em 1995 somente 9 continuavam operacionais, configurando um índice de insucesso de 77%. Entre as razões apontadas para este insucesso, a principal foi de falha de projeto, por desconhecimento das características hidráulicas do modelo. Dos biodigestores tubulares implantados nos Estados Unidos, 19 eram de um só projetista e, destes, 90% falharam. (EPA, 2003)

A biodigestão anaeróbia, processo pelo qual o metano é produzido, é uma das formas naturais de se obter esse hidrocarboneto, além das jazidas subterrâneas, onde se encontra, às vezes, associado ao petróleo. (NOGUEIRA, 1986)

Além da Índia e China, diversos países têm procurado aplicar a tecnologia da biodigestão anaeróbia, sobretudo no chamado Terceiro Mundo. No nosso país o interesse nesse processo foi despertado pela crise energética, depois de 1973, motivando diversas escolas e institutos de pesquisas a desenvolverem o assunto. (NOGUEIRA, 1986)

Segundo Chernicharo (1997), constata-se que o nível de conhecimento no campo do tratamento anaeróbio no Brasil é bastante elevado, embora se reconheça que ainda seja bastante localizado. Nos últimos anos, diversas instituições têm se dedicado a trabalhos de pesquisa fundamental e aplicada nessa área, tendo contribuído significativamente para a evolução e uma maior disseminação da tecnologia de tratamento anaeróbio no Brasil. Da mesma forma, algumas concessionárias de saneamento investiram maciçamente nessa área, nos últimos anos, dispondo atualmente de amplo conhecimento acerca de projeto, construção e operação de reatores anaeróbios.

Pode-se, resumidamente, dizer que a biodigestão anaeróbia dos resíduos orgânicos é um processo bioquímico que utiliza ação bacteriana para fracionar compostos complexos e produzir um gás combustível, denominado biogás, composto em maior proporção de metano e dióxido de carbono. O local onde se desenvolvem essas reações de decomposição é o digestor ou biodigestor, podendo operar de modo contínuo, isto é, sendo alimentado de matéria orgânica durante o funcionamento, simultaneamente à retirada de produto de composto, ou em batelada, que é carregado apenas uma vez, no início do período de funcionamento, sendo descarregado quando a produção de gás acabar ou atingir níveis muito baixos. (NOGUEIRA, 1986)

Segundo Chernicharo (1997), os micro-organismos que participam do processo de decomposição anaeróbia podem ser divididos em três importantes grupos de bactérias, com comportamentos fisiológicos distintos:

- ✓ O primeiro grupo é composto de bactérias fermentativas, que transformam, por hidrólise, os polímeros em monômeros, e estes em acetato, hidrogênio, dióxido de carbono, ácidos orgânicos de cadeia curta, aminoácidos e outros produtos como glicose;
- ✓ O segundo grupo é formado pelas bactérias acetogênicas produtoras de hidrogênio, o qual converte os produtos gerados pelo primeiro grupo (aminoácidos, açúcares, ácidos orgânicos e álcoois) em acetato, hidrogênio e dióxido de carbono;
- ✓ Os produtos finais do segundo grupo são os substratos essenciais para o terceiro grupo, que por sua vez constitui dois diferentes grupos de bactérias metanogênicas. Um grupo usa o acetato, transformando-o em metano e dióxido de carbono, enquanto o outro produz metano, através da redução do dióxido de carbono.

O termo biogás é utilizado para denominar o gás gerado a partir da degradação biológica anaeróbia da matéria orgânica.

A composição global do biogás produzido durante a digestão anaeróbia varia de acordo com as condições ambientais presentes no biodigestor. Esta composição muda rapidamente durante o período inicial de partida do sistema e também quando o processo de digestão é inibido. Para biodigestores operando de maneira estável, a proporção de gás carbônico em relação ao metano pode variar substancialmente, dependendo das características do composto orgânico a ser degradado. No processo de digestão de esgoto doméstico as proporções típicas de metano e dióxido de carbono no biogás são: CH₄: 70 a 80%; CO₂: 20 a 30%. (CHERNICHARO, 1997)

ROSS et al. (1996) cita que o metano puro, nas condições normais de temperatura e pressão, possui poder calorífico inferior, de aproximadamente, 8.116 kcal.m³. O biogás 16 com 65 % de metano tem poder calorífico de aproximadamente 5.339 kcal.m³, uma vez que apenas a porção de metano irá queimar. Comparativamente 1 m³ de biogás com 65% de metano equivale a 0,6 m³ de gás natural; 0,882 litros de propano; 0,789 litros de butano; 0,628 litros de gasolina; 0,575 litros de óleo combustível; 0,455 kg de carvão betuminoso ou 1,602 kg de lenha seca.

Em virtude das suas características de fácil obtenção e transporte o biogás pode ser queimado diretamente em queimadores estacionários não necessitando de purificação e armazenagem, o que viabiliza sua utilização em equipamentos rurais e urbanos, após simples adaptações. (SANTOS, 2001)

A produção de biofertilizante, após a realização da digestão anaeróbia em biodigestores, é ressaltada como um dos meios mais adequados de tratamento de efluentes com alta

concentração de material orgânico e com possibilidades de utilização na produção agrícola, complementando fertilizantes minerais. (YANG e NAGANO, 1985; BALASUBRAMANIAM e BAI, 1996)

O adubo ou biofertilizante, resultante da fermentação, contém 1,5% de nitrogênio contra 0,753% do esterco natural e é 13% mais efetivo do que os compostos orgânicos empregados nas culturas. Em K₂O total, o biofertilizante contém 0,70% contra 0,40% do esterco.

A produção de suínos, enquanto grande produtora de dejetos, que é adubo, que é enriquecedora do solo, colabora e melhora a preservação do meio ambiente. (MARQUES 2001)

Em países em desenvolvimento, a produção animal está sendo submetida a uma grande pressão para satisfazer a demanda de proteína animal necessária à população e também para ter um excesso de produção para comercialização como a maioria dos países desenvolvidos. (BELLAVAR, 2000)

No Brasil, no ano de 2002, existiam cerca de 210 frigoríficos responsáveis pelo abate de 37,7 milhões de suínos. Na região sul, a taxa de abate supera à 170 %, os quais alcançam a média de 110 kg num período de 150 dias. (ABICIPS, 2004)

Atualmente, o plantel brasileiro é de 38 milhões de cabeças, presentes em todas as regiões brasileiras, sendo que a maior concentração de animais está na região Sul (com 34,21%), seguido da região Nordeste (23,03%), Sudeste (18,95%), Centro-Oeste (16,18%) e Norte (7,63%). (ABCS, 2004)

O problema crucial na criação de suínos é o apreciável volume de dejetos produzido e a sustentabilidade da sua produção. Por outro lado, pode-se avaliar também as consequências negativas do manejo e disposição inadequados deste resíduo, como a liberação direta em rios e riachos, com riscos sanitários e de poluição. (TAKITANE e SOUZA, 2000)

Segundo MATOS et al. (1997), a suinocultura é uma exploração pecuária concentradora de dejetos animais, sabidamente possuidora de alta carga poluidora para o solo, ar e água. Por esse motivo, o suinocultor precisa estabelecer um esquema de manejo desse material que seja adequado às condições existentes em sua propriedade. Vários fatores devem ser considerados na escolha da forma de manejo da água residuária da suinocultura, podendo-se destacar: gastos de energia e mão-de-obra; possibilidade de aproveitamento do resíduo dentro da propriedade e potencial impactado ao meio ambiente.

Considerações finais:

O biodigestor é um aparelho que veio para ajudar principalmente os pequenos produtores rurais a buscarem uma solução prática, simples e eficaz para o acúmulo de dejetos nas propriedades. Dentre as várias vantagens da utilização do biodigestor pode-se destacar: diminuição de custos com fertilizantes e com energia elétrica; diminuição de insetos, moscas e odores causados pelos dejetos e melhora significativa no aspecto de saneamento dentro da propriedade.

A função do biodigestor é receber resíduos de animais em um ambiente fechado e impermeabilizado, onde ocorre o processo de decomposição que acontece de forma anaeróbica (sem oxigênio). Como resultado tem-se o líquido (biofertilizante) e o biogás, o biofertilizante pode ser utilizado como adubo orgânico e o biogás pode ser usado para a geração de energia elétrica.

O biodigestor rural é um aparelho que contribui para a geração de energia renovável e ajuda a diminuir o impacto da agropecuária ao auxiliar na correta destinação dos dejetos dos animais, por esses motivos a sua implantação deve ser amplamente difundida entre todos os agropecuaristas do país.

Referências:

ABCS-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS - **Rebanho suíno - Produção e Abate**. Estrela – RS: ABCS, 2003. Disponível em: www.abcs.com.br/. Arquivo capturado em 06 de fevereiro, 2019.

BELLAVER C. **Produção animal e qualidade de vida em sociedades em transição. 1a Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína**. 16 de novembro a 16 de dezembro de 2000 — 235-248. Concórdia, SC

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA/UFMG. Vol.5. Belo Horizonte – MG, 1997. 246p.

CUNHA, Wagner Vieira Da et al. **A defesa do meio ambiente nas políticas estratégicas e a conscientização da sociedade**. Disponível em: <portal2.tcu.gov.br/portal/pls/portal/docs/773238.PDF.com/tcc/docs/andrei_mono.pdf>. Acesso em: 30 maio. 2019.

EVANGELISTA, Michelle de Souza. **Aquecimento Global: Como preservar o planeta Terra e a humanidade**. Disponível em: <[sites.google.com/.../aquecimentoglobal_Michelle_brasilrotario_2008\(sem anexos\).doc](http://sites.google.com/.../aquecimentoglobal_Michelle_brasilrotario_2008(sem anexos).doc)>. Acesso em: 30 maio. 2019.

FIRMINO, Rafaelle Gomes. **Uma discussão da questão ambiental**. Disponível <www.ccsa.ufpb.br/.../RAFAELLE%20MONOGRAFIA%20COMPLETA.pdf>. Acesso em: 31 maio. 2019.

GUNNERSON, C.G.; STUCKEY, D.C.; SKRINDE, R.T.; WARD, R.F.; GREELEY, M. **Anaerobic digestion (biogas) systems: principles of integrated use and their application in developing countries.** In: WISE, D.L. International biosystems. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1989, vol.1, 340p. il.

HAYES, T.D.; JEWELL, W.J.; DELL'ORTO, S.; FANFONI, K.J.; LEUSCHNER, A.P.; SHERRIDAN, D.R. **Anaerobic digestion of cattle manure.** In: STAFFORD, D.A.; WHEATLEY, B.I; HUGHES, D.E. Anaerobic digestion. London: Applied Science. 1979.

INSTITUT TECHNIQUE DU PORC. **Memento de l'éleveur de porc.** Paris ITP, 2000. 374p.

Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC. **Guidelines for national greenhouse gas inventories**, 2006. Volume 4: Agriculture Forestry and land use (Afolu).

MATOS A. T., SEDIYAMA M. A. N., FREITAS S. P., VIDIGAL S. M. e GARCIA N. C. P. **Caracterização químicas e microbiológicas do solo influenciadas pela aplicação de dejetos líquido de suínos.** Revista Ceres, 44(254):399-410, 1997.

MARTINEZ, J.; GUIZIOU, F.; PEU, P.; GUEUTIER, V. **Influence of treatment techniques for pig slurry on methane emissions during subsequent storage.** Biosystems Engineering, v.85, n.3, p.347-354, 2003.

MARQUES A. C. **A produção de suíno e a preservação do meio ambiente. 9º Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura**, 25 a 27 de abril de 2001. 5-7. Gramado-RS. 2001.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão: a alternativa energética.** São Paulo, Ed. Nobel, 1986. 94p.

OLIVEIRA, P. A. V. de. (Ed.). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos.** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993a. 188p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27).

ROSS C.C., DRAKE T.J. e WALSH J.L. **Handbook of biogas utilization.** 2nd. ed. Atlanta: U.S. Department of Energy, 1996, pag. irreg.

SANTOS, T. M. B. **Balanco energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frangos de corte. Tese de Doutorado em Produção Animal - Universidade Estadual Paulista - JABOTICABAL – SP.** 2001

SILVA, A. S. F. D; ROSINEIDE, M. C. P; ALVES, S. **Proposta Metodoloica de Implementação de um Sistema de Gestão Ambiental no restaurante Pau-a-Pique em Caldas Novas – GO.** Disponível em: <bibliotecauegmorrinhos.com/tcc/docs/andrei_mono.pdf>. Acesso em: 30 maio. 2019.

TAKITANE I. C. e SOUZA M. C. M. **Produção de suínos no Brasil: Impactos ambientais e sustentabilidade.** XXXVIII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural. 15p. 2000.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 211p. il.

YANG P.Y. e NAGANO S. **A potential treatment alternative for swine wastewater in tropics**. *Water Sci.Tech.*,17:819-31, 1985.