

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

ANIMAL MANURE AS A SOURCE OF RENEWABLE ENERGY

FLORES, Naoní Barbosa Flores¹

MATTE, Michele Kuchar²

OLIVEIRA, Nathália Alves³

NOLASCO, Loreci Gottschalk⁴

RESUMO: O descarte inadequado dos dejetos do meio rural, principalmente quando se trata de esterco bovino, cada vez mais torna-se um prejuízo para o meio ambiente, para a sociedade e a economia, tendo sua extensão no ordenamento jurídico. Animais bovinos emitem metano (CH₄) – o gás de efeito estufa mais importante depois do dióxido de carbono (CO₂), durante a digestão e pela degradação do esterco, além do consumo de fertilizantes nitrogenados, que emitem óxido nitroso (N₂O), gás 265 vezes mais potente que o CO₂ no aquecimento global. Mediante uso de tecnologias como o biodigestor anaeróbico que tem como função processar rejeitos animal como a combustão da biomassa, encontrada em resíduos rurais e urbanos, é possível obter a conversão de gás metano, em biogás, gerando energia térmica, elétrica ou mecânica, considerada uma das principais fontes com maior potencial para o futuro, por ser alternativa renovável. O estudo tem por escopo a realização de pesquisa exploratória e bibliográfica através do levantamento de dados encontrados na literatura, a fim

¹ Bacharela em Direito. Formada pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. E-mail: naoni_flores@hotmail.com

² Advogada. Formada pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. E-mail: michelekuchar@gmail.com

³ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD); Mestre em Fronteiras e Direitos Humanos da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD); Pós-Graduada em Direitos Difusos e Coletivos da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS); Bacharela em Direito pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS); Bolsista de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (PIBIC 2017-2018); Colaboradora no Projeto de Pesquisa intitulado "Direito, Sociedade, Biodireito e Novas Tecnologias" da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (2017-2020). E-mail: nathalia_alvesoliveira@hotmail.com

⁴ Doutora em Biotecnologia e Biodiversidade pela Universidade Federal de Goiás (2016), com a tese Regulamentação Jurídica da Nanotecnologia. Bacharel em Direito pela Unigran. Mestre em Direito pela Universidade de Brasília (2002). Professora adjunta do quadro efetivo, em tempo integral da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul desde 2002. Tem experiência na área de Direito, com estudos em direito constitucional, direito ambiental e sustentabilidade, saúde humana e aspectos regulamentares das ciências da vida (biodireito) e do direito digital especial estudos em cibersegurança e proteção de dados pessoais; atividades de extensão com estímulo ao empreendedorismo acadêmico e a formação profissional por intermédio do movimento empresa júnior. Coordenadora do projeto de pesquisa: o direito na sociedade digital – estudos sobre "disrupção tecnológica" e "interrupção regulatória". Coordenadora pedagógica da empresa júnior do Curso de Direito da UEMS. Foi Coordenadora dos Cursos de Direito da UEMS, Unidades Universitárias de Naviraí e Dourados. E-mail: lorecign@gmail.com. Endereço para acessar currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/8817250711332244>. ORCID iD <https://orcid.org/0000-0002-5867-6412>.

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

de identificar quais benefícios a tecnologia do biodigestor anaeróbico apresenta para o desenvolvimento sustentável e, *pari passu*, cumpre com o preceito constitucional fundamental de promover um meio ambiente sadio e equilibrado para as presentes e futuras gerações.

PALAVRAS-CHAVE: Esterco animal; Impacto ambiental; Tecnologias de alternativas renováveis.

ABSTRACT: *The inadequate disposal of waste from rural areas, especially when it comes to cattle manure, increasingly becomes a loss for the environment, society and the economy, having its extension in the legal system. Cattle animals emit methane (CH₄) – the most important greenhouse gas after carbon dioxide (CO₂), during digestion and through the degradation of manure, in addition to the consumption of nitrogenous fertilizers, which emit nitrous oxide (N₂O), gas 265 times more potent than CO₂ in global warming. Through the use of technologies such as the anaerobic biodigester whose function is to process animal waste such as the combustion of biomass found in rural and urban waste, it is possible to obtain the conversion of methane gas into biogas, generating thermal, electrical or mechanical energy, considered a one of the main sources with the greatest potential for the future, as it is a renewable alternative. The scope of the study is to carry out exploratory and bibliographical research through the collection of data found in the literature, in order to identify which benefits the anaerobic biodigester technology presents for sustainable development and, *pari passu*, complies with the fundamental constitutional precept of promoting a healthy and balanced environment for present and future generations.*

KEYWORDS: Animal manure; Environmental impact; Renewable alternative technologies.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o segundo lugar entre os países com o maior rebanho bovino do mundo, perdendo somente para Índia, e está em primeiro em rebanho comercial. O setor da pecuária, representa aproximadamente 13,4 do PIB brasileiro, que é a soma de todos os bens e serviços produzidos no país e serve para medir a evolução da economia. A criação de bovinos em grande escala, produz excessivamente dejetos (estercos), afetando diretamente o meio ambiente. Dentre seus atributos e consequências, estão a proliferação de moscas, roedores, vetores de doenças e poluição de rios, além da liberação do gás metano (CH₄) presente nas fezes, que ao entrar em contato com a atmosfera

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

eleva a temperatura da terra, reduzindo a camada de ozônio e provocando o efeito estufa, principal responsável pelo aquecimento global. Contudo, há possibilidades de converter esse cenário em uma situação favorável ao meio ambiente, por meio da transformação da biomassa, encontrada em resíduos rurais e urbanos, em energia térmica, elétrica ou mecânica, considerada uma das principais fontes com maior potencial para o futuro, por ser alternativa renovável.

A biomassa é a massa total de organismos vivos numa dada área. Esta massa constitui uma importante reserva de energia, pois é constituída essencialmente por hidratos de carbono. Dentro da biomassa, podemos distinguir algumas fontes de energia com potencial energético considerável tais como: a madeira (e seus resíduos), os resíduos agrícolas, os resíduos municipais sólidos, os resíduos dos animais, os resíduos da produção alimentar, as plantas aquáticas e as algas.

Em termos de utilidade, estas matérias, que constituem a biomassa, podem ser utilizadas de formas diferentes para conseguir energia, quer diretamente, quer indiretamente. Se forem utilizadas diretamente, o principal processo utilizado é a combustão direta. Esta gera algum calor que pode ser utilizado tanto para aquecimento doméstico como para processos industriais. Desta combustão, resulta, principalmente, dióxido de carbono e vapor de água.

Mediante uso de tecnologias como o biodigestor anaeróbico para a queima (combustão) desses elementos, é possível obter a conversão. O processo de conversão dá ensejo à produção de biogás e biofertilizante, que segundo Chernicharo (1997) e Pierotti (2007), ocorre através da decomposição da matéria orgânica (biomassa) pelas bactérias anaeróbias (metanogênicas), que digerem o conteúdo liberando o metano e gás carbônico. O biogás é fonte de energia renovável, reproduzido involuntariamente pela natureza, não é de grande impacto ambiental, e ainda pode substituir o petróleo e o carvão mineral.

A crescente busca por alternativas que visam aliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental ampliou a necessidade de criação de tecnologias verdes, as denominadas Tecnologias Ambientalmente Amigáveis

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

(do inglês *Environmentally Sound Technologies*), que podem ser caracterizadas como aquelas que possibilitam inovações nos procedimentos e na criação de produtos capazes de diminuir consideravelmente ou eliminar impactos degradantes ao meio em que são aplicadas (SANTOS *et al.* 2014), ou, que “utilizam todos os recursos de uma forma mais sustentável, que reciclam mais resíduos e produtos, e ainda, que tratam os dejetos residuais de uma maneira mais aceitável”, conforme conceito da Convenção do Clima realizada durante a Conferência Rio-92. O Brasil, por meio do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) visando aliar a inovação e a proteção do meio ambiente, iniciou em 17 de abril de 2012 o Programa Piloto de Patentes Verdes, que atualmente encontra-se em sua terceira fase.

A literatura científica relata que a inovação e as transformações tecnológicas que oferecem soluções poderosas e revolucionárias, como o genoma, a biomimética, a biotecnologia, a nanotecnologia, a tecnologia da informação, a energia renovável, podem ser a chave para a busca do desenvolvimento sustentável, sendo apontadas como motivador global da sustentabilidade. Representam a oportunidade para as empresas – especialmente aquelas que dependem fortemente de combustíveis fósseis, de recursos naturais e materiais tóxicos – reposicionarem suas competências internas em torno de tecnologias mais sustentáveis, para, em vez de simplesmente buscar reduzir os impactos negativos de suas operações, esforçarem-se para solucionar problemas sociais e ambientais por meio do desenvolvimento ou da aquisição de novas capacitações que se direcionam diretamente para os desafios da sustentabilidade (MCDONOUGH *et al.* 2002).

2. REJEITOS ANIMAIS E IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS

A pecuária existe no Brasil desde o começo da colonização brasileira. O engenho foi uma das primeiras atividades econômicas de influência portuguesa, ficando como prática complementar a criação de bovinos. A atividade pecuária é aquela ligada ao tratamento e reprodução de rebanhos, como bois, porcos,

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

ovelhas, cavalos, com um dos principais intuitos o de produção alimentar, como a carne, leite e derivados, mas também influência na elaboração de roupas, calçados, couro e lã. Além de suprir os fins de subsistência fundamental para a vida humana, é um campo importante da economia por atender as necessidades do mercado consumidor interno e externo, abastecendo as agroindústrias, os laticínios e os frigoríficos.

O agronegócio inteiro representa entre 22 e 23% da economia brasileira, o equivalente a R\$ 1,1 trilhão. Entre esses dados, a pecuária simboliza cerca de 30% (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2016). A produção diária de esterco dos bovinos leiteiros é de aproximadamente 10% de seu peso corporal, o equivalente a uma quantidade de 45 a 48 kg/vaca/dia. Já bovinos de corte confinados produzem em torno de 30 a 35 kg/cabeça/dia (REVISTA AGROPECUÁRIA, 2018). Todavia, a pecuária é responsável por cerca de um quinto das emissões de gases de efeito estufa na terra, devido ao metano que em comparação ao dióxido de carbono (CO₂), retém o calor solar cerca de 20 vezes mais, corresponde a 40% das emissões agrícolas, o que favorece ainda mais as consequências trazidas pelas mudanças climáticas (BIELLO, 2018).

O marco normativo pioneiro nesta matéria é a Diretiva 2003/30/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 8 de maio de 2003 – conhecida por Directiva *green fuels*. A diretiva continha uma enunciação não exaustiva dos biocombustíveis no artigo 2º (dentro de um gênero definido como “o combustível líquido ou gasoso para transportes produzido a partir de biomassa” — desde o bioetanol ao biodiesel, passando pelo óleo vegetal puro produzido a partir de plantas oleaginosas). Pressentia-se a sensibilidade das instituições eurocomunitárias à necessidade da promoção da investigação e desenvolvimento tecnológico neste domínio, bem como o imperativo de avaliação dos seus impactos, positivos e negativos, no volume de emissões para a atmosfera (cfr. o Considerando 24).

A Diretiva 2006/12/EU do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de abril de 2006 relativa aos resíduos, em seu artigo 4º determina que “os Estados-

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

Membros tomarão as medidas necessárias para garantir que os resíduos sejam valorizados ou eliminados sem pôr em perigo a saúde humana e sem utilizar processos ou métodos susceptíveis de agredir o ambiente e, nomeadamente sem criar riscos para a água, o ar, o solo, a fauna ou a flora (...).⁵

Percebe-se aqui o interesse do legislador europeu em não se precisar o tipo de resíduos, mas a responsabilidade dos Estados quanto à gestão dos riscos do seu descarte. A Diretiva 2008/98/EU do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro de 2008, busca estabelecer o enquadramento legal de resíduos, dispondo no artigo 3.5, que o produtor de resíduos é “qualquer pessoa cuja atividade produza resíduos (produtor inicial dos resíduos) ou qualquer pessoa que efetue operações de pré-processamento, de mistura ou outras, que conduzam a uma alteração da natureza ou da composição desses resíduos”.⁶

Durante os anos 80 da década passada, e principalmente desde a primeira conferência do Comitê Assessor Científico do Programa Internacional Geosfera-Biosfera (IGBP), realizada em Estocolmo em 1988, modelos de circulação global e vários trabalhos locais e regionais surgiram com ênfase no efeito estufa de gases traços como CO₂, CH₄ e N₂O (SCHARPENSEEL, 1997). Naquela época, já havia demonstração sobre as consequências do incremento do CO₂ na atmosfera no aumento em cerca de 4°C na temperatura e na elevação no nível do mar (SCHARPENSEEL, 1997). O uso crescente de combustíveis fósseis e as mudanças em larga escala do uso das terras resultaram no aumento das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, afetando o clima global. Entre 1861 e 2000 a temperatura média global aumentou 0,6°C. Com isso as precipitações pluviométricas têm se alterado com chuvas mais torrenciais e o fenômeno “El Niño” tem se tornado mais frequente, persistente e intenso (GARRITY *et al* 2001). Em um cenário de referência tradicional (do inglês: “*business as usual*”), a temperatura média da Terra aumentará entre 1,4 e 5,8°C até 2100, com as áreas terrestres se aquecendo mais que os oceanos e causando uma elevação no nível do mar entre 9,0 e 88,0 cm. A agricultura

⁵ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex%3A32006L0012>, Acesso Jul. 2016.

⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:pt:PDF>, Acesso Jul. 2016.

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

brasileira será seriamente afetada pelo aquecimento global (CANZIANI *et al* 1998). Assim, a mudança climática global poderá ser o problema ambiental mais crítico e complexo a ser enfrentado pela humanidade ao longo do século XXI (BATJES, 1999).

Iniciado na Inglaterra no final do século XVIII, o desenvolvimento da humanidade tem sido acompanhado da substituição das fontes renováveis de energia, majoritariamente utilizadas até então, por um vertiginoso uso de fontes não renováveis, no princípio o carvão mineral e vegetal, e após os anos 30 do século passado pelo petróleo. Adotadas as fontes não renováveis de energia, todo o desenvolvimento tecnológico subsequente se deu sobre estas fontes, realimentando cada vez mais as necessidades destas energias.

Essa enorme dependência de fontes não renováveis de energia tem acarretado, além da preocupação permanente com o esgotamento destas fontes, a emissão de grandes quantidades de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, que em 1996 foi da ordem de 23 bilhões de toneladas, aproximadamente o dobro da quantidade emitida em 1965 (a taxa média de crescimento desta emissão verificada na década de 90 foi de 0,5% ao ano). Como consequência, o teor de dióxido de carbono na atmosfera tem aumentado progressivamente, levando muitos especialistas a acreditar que o aumento da temperatura média da biosfera terrestre, que vem sendo observado a algumas décadas, seja devido a um "Efeito Estufa" provocado por este acréscimo de CO₂ e de outros gases na atmosfera, já denominados genericamente gases de efeito estufa, conhecidos mundialmente pela sigla GHG (do inglês *Greenhouse Gases*).

Segundo Observatório do Clima,⁷ a edição do SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa) referente 2016, revela que o Brasil aumentou 8,9% a emissão de gases de efeito estufa - 2,278 bilhões de toneladas brutas de gás carbônico equivalente (CO₂e), contra 2,091 bilhões, em 2015. Com 3,4% do total mundial, o Brasil ocupa o lugar de 7º maior poluidor do mundo. “O Brasil se torna a única grande economia do mundo a aumentar a

⁷ <http://www.observatoriodoclima.eco.br/emissoes-brasil-sobem-9-em-2016/>

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

poluição sem gerar riqueza para sua sociedade”. O relatório identificou que a principal responsável pela elevação nas emissões, foi a alta de 27% no desmatamento na Amazônia. Todavia, embora paradoxal, indica que a crise (recessão do país), contribui para o aumento das emissões no setor de agropecuária: os abates de bovinos recuaram pelo segundo ano consecutivo, devido principalmente a uma queda na demanda por carne em função da crise e competitividade das demais carnes, como a de porco (que tem tido abates recordes). “Atingimos uma população de bovinos de corte jamais vista”, segundo Ciniro Costa Júnior, analista de Clima e Cadeias Agropecuárias do Imaflora. Só de gado de corte, o Brasil tinha em 2016 mais de 198 milhões de cabeças, segundo dados do IBGE. Como bois e vacas emitem metano (o gás de efeito estufa mais importante depois do CO₂) durante a digestão e pela degradação do esterco, menos gado sendo abatido significa mais bois no pasto e nos currais e mais emissões.

Além do aumento do rebanho, também contribuiu para o crescimento das emissões do setor – que foi o maior desde 2011 – um salto inédito no consumo de fertilizantes nitrogenados, que emitem óxido nitroso (N₂O) um gás 265 vezes mais potente que o CO₂ no aquecimento global. Depois de uma queda entre 2014 e 2015, ele cresceu 23% em 2016, algo nunca visto antes, o que levou a um aumento proporcional de aumento nas emissões dessa fonte.

Por outro lado, é forçoso constatar-se que mais cedo ou mais tarde a oferta destas fontes não renováveis será reduzida, obrigando a utilização de outras fontes de energia. Neste ponto, muitos especialistas apontam as fontes renováveis como a única solução de suprimento de energia para um desenvolvimento econômico e ambientalmente sustentável, e propõem mesmo que a substituição das fontes não renováveis se inicie imediatamente, reduzindo desde já os efeitos ambientais de seu uso, de forma que a transição para um novo perfil de consumo de energia ocorra de forma lenta mas progressiva, sem as instabilidades que advirão de uma mudança brusca, obrigada por escassez ou preços elevados dos energéticos.

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

Genericamente definido como “satisfazer as necessidades da geração atual sem comprometer as necessidades das gerações futuras”, o conceito de desenvolvimento sustentável foi introduzido pela Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1987, e mantém-se até hoje como uma das poucas alternativas para evitar-se o colapso da civilização a nível global.

O conceito de desenvolvimento sustentável é bastante amplo, implicando em ações em todas as áreas da atividade humana, tais como planejamento familiar, alterações nos processos agrícolas e industriais etc., e também a criação de taxas para os impactos ambientais inevitáveis provocados por algumas atividades essenciais, como por exemplo a geração de energia, o que elevará os custos principalmente das fontes não renováveis.

Apesar de não estarem isentas de provocarem inúmeras alterações no meio ambiente, pois todas as atividades humanas em maior ou menor grau assim o fazem, as fontes renováveis de energia aparecem hoje como as melhores (ou como as menos ruins) opções para um futuro sustentável para a humanidade (PERES DA SILVA, 2005).

As fontes de energia renováveis, a exemplo da energia solar, eólica, hídrica e a biomassa são uma alternativa ou complemento às convencionais. Não se trata de deixar de utilizar os combustíveis fósseis, mas, sim, de aprender a utilizá-los da melhor maneira e de optar por alternativas menos prejudiciais ao ambiente.

3. BIOMASSA DE RESÍDUOS ANIMAIS E BIODIGESTOR

A partir do ideário de desenvolvimento socioeconômico em consonância com a preservação ambiental que tem seu sedimento na Conferência Mundial de Meio Ambiente das Nações Unidas ocorrida em Estocolmo, Suécia, em 1972, surgem diversos documentos e declarações internacionais de direito, como o Relatório Brundtland (1987), reafirmados durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro em 1992 (ONU, 1992) através do Programa de ação da Agenda 21, da Declaração

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

de Princípios sobre o Manejo Florestal; da Convenção sobre Diversidade Biológica e da Convenção Geral sobre Alterações Climáticas; do Protocolo de Kyoto (Acordo internacional) assinado em 11 de Dezembro de 1997 (em vigor a partir de Fevereiro de 2005) compromete as nações signatárias com metas definidas para a redução de emissões dos gases que comprometem a qualidade do ar e provocam o efeito estufa; dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM 2000),⁸ da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável realizada em junho de 2012 no Rio de Janeiro (Rio+20), e, mais recentemente, da nova Agenda para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ODS 2030) (ONU, 2015).

Todos esses documentos identificaram como prioritária para o futuro da humanidade a adoção de um novo paradigma de desenvolvimento, dito sustentável, de modo a garantir o progresso e ao mesmo tempo a preservação do meio ambiente (o crescimento econômico, a preservação ambiental e a equidade social). Esse último, direito difuso que extrapola os limites territoriais do Estado Brasileiro, não ficando centrado, apenas, na extensão nacional, compreendendo toda a humanidade. Por isso, os países signatários comprometeram-se a cumprir os programas e a considerar a degradação ambiental como causa da pobreza, da fome e da ignorância.

Embutida no Programa Cidades Sustentáveis, a Agenda 2030 da ONU, assinada em 2015 pelo Brasil, junto com outros 192 países membros das Nações Unidas, a nova Agenda estabelece os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015).⁹ Informada por outros instrumentos, tais como a Declaração sobre o Direito ao Desenvolvimento, a Agenda 2030 está compromissada em alcançar o desenvolvimento sustentável nas três esferas—*econômica, social e ambiental*— de forma equilibrada e integrada, ao abranger todas as dimensões da vida humana e da nossa relação com a biosfera. Em

⁸ Redução da Pobreza; Atingir o ensino básico universal; Igualdade entre os sexos e a autonomia das mulheres; Reduzir a mortalidade na infância; Melhorar a saúde materna; Combater o HIV/Aids, a malária e outras doenças; Garantir a sustentabilidade ambiental; Estabelecer uma Parceria Mundial para o Desenvolvimento.

⁹ <http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/post-2015.html>. Acesso Ago. 2017.

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

especial para o estudo em tela, releva sublinhar os Objetivos **8**, **item 8.4**; **9 e item 9.4**. O **Objetivo 8** dá ênfase à promoção do crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos, devendo-se melhorar progressivamente, até 2030, a eficiência dos recursos globais no consumo e na produção, e empenhar-se para dissociar o crescimento econômico da degradação ambiental [...] (**item 8.4**). O **Objetivo 9** estabelece a necessidade de construção de infraestruturas resilientes, com industrialização inclusiva e sustentável e fomento à inovação; declarando no **item 9.4**, que até 2030, deve-se modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente corretos; com todos os países atuando de acordo com suas respectivas capacidades.

Em seu Preâmbulo, *item Prosperidade*, a nova Agenda declara estar determinada “a assegurar que todos os seres humanos possam desfrutar de uma vida próspera e de plena realização pessoal, e que o progresso econômico, social e tecnológico ocorra em harmonia com a natureza”. No Princípio 34, entre outras coisas, a nova Agenda dispõe reduzir “os impactos negativos das atividades urbanas e dos produtos químicos que são prejudiciais para a saúde humana e para o ambiente, inclusive através da gestão ambientalmente racional e a utilização segura das substâncias químicas, a redução e reciclagem de resíduos e o uso mais eficiente de água e energia”.

Também as diretrizes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2011) sobre multinacionais, reivindicam respeito a critérios ambiciosos como “sem efeitos indevidos ao meio ambiente”, o emprego de tecnologias que não apresentem impactos ambientais indevidos, sejam seguras ao uso pretendido, reduzam as emissões de gases de efeito estufa e sejam eficientes no consumo de energia e recursos, conforme os padrões da parte da empresa com os melhores padrões de desempenho ambiental como um todo, bem como o reuso, a reciclagem e a disposição adequada de resíduos. Entre as diretrizes, destaca-se:

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

[As empresas devem]: 6. Procurar continuamente melhorar a performance ambiental corporativa ao nível de empresa e, quando apropriado, da sua cadeia de suprimentos, encorajando atividades como: a) adoção de tecnologias e procedimentos operacionais, em todas as partes da empresa, que reflitam os padrões da parte da empresa com os melhores padrões de performance ambiental; b) desenvolvimento e fornecimento de produtos ou serviços que não tenham nenhum impacto ambiental indevido; sejam seguros em seu uso pretendido; reduzam a emissão de gases de efeito estufa; sejam eficientes no consumo de energia e recursos naturais; possam ser reutilizados, reciclados ou dispostos adequadamente.

O grande desafio das empresas é ampliar a capacidade das energias limpas para atender a demanda, especialmente em áreas urbanas. Ponto em debate é em relação aos combustíveis fósseis: nos últimos 20 anos, as regulações decorrentes das mudanças climáticas se multiplicaram, impulsionando o uso de energias renováveis, conforme estabelecido no acordo de Paris de 2015.

O tema da sustentabilidade, ou como diz Edgar Morin (2013, p. 32), a ideia de “suportabilidade”, ingressou no universo jurídico somente modernamente, após a sociedade dar-se conta da degradação do meio ambiente, do avanço tecnológico e do risco das gerações futuras quedarem-se sem meios para sobreviver (pelo menos sem recursos naturais) e sem ter como dar continuidade ao desenvolvimento econômico, motivou o surgimento dessa discussão.

O fenômeno chamado por Luis Herrero (2003, p. 17) de “cambio social global” está mais do que premente nas sociedades atuais. Às mudanças no sistema ambiental se agregam ainda, o aumento da população mundial, a globalização econômica, o desenvolvimento das ciências e da tecnologia, tudo isso levou a um processo sem precedentes de degradação do planeta, que culmina na necessidade de transformação na “*busca de un desarrollo humano sostenible que permita la coevolución del hombre y la naturaleza*”.

Sarlet *et al.* (2011, p. 181-2) indicam que a Constituição brasileira de 1988 alçou a proteção ambiental e o desenvolvimento sustentável ao *status* constitucional de direitos fundamentais e um dos objetivos ou tarefas fundamentais do Estado Socioambiental de Direito Brasileiro. No Capítulo dedicado ao “Meio Ambiente” consagra-se o direito e o dever de defender e

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

preservar o ambiente para as “presentes e futuras gerações”, de preservar e reestruturar os processos ecológicos essenciais, de preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético, de proteger a fauna e a flora, de promover a educação ambiental.

O direito fundamental ao meio ambiente, reconhecido pela Constituição Federal no seu artigo 225, é estabelecido para as presentes e futuras gerações, numa perspectiva intergeracional (WEISS, 1985, 1990, 1992, 1999) (princípio da solidariedade entre gerações) que fundamenta a aplicação dos princípios da prevenção e precaução, e da responsabilidade prospectiva ou de longa duração, todos com importância alçada a partir da Conferência Rio-92 ancorada no princípio de “*Sustainable Development*”.

O princípio do desenvolvimento sustentável é reconhecido como princípio da Ordem Econômica na Constituição Federal de 1988, art. 170, VI, impondo ao Poder Público (Estado), controlar o emprego de técnicas que comportem riscos para a vida, à qualidade de vida e ao meio ambiente (art. 186 e §§ 1º e 4º do art. 225).¹⁰

Importa salientar que o princípio do desenvolvimento sustentável como premissa do princípio precaucional e da responsabilidade intergeracional de longa duração, postula a necessária avaliação e ponderação de projetos de cunho econômico, públicos ou privados, tendo em vista os impactos e custos ambientais resultantes (OLIVEIRA, 2007). Nesses aspectos, “*la importancia de este principio es que pretende modular e integrar dos valores necesarios para la humanidad: el crecimiento económico del que se derive una mejor calidad de vida material y la protección del medio ambiente*” (ÁLVAREZ, 2000, p.50). Em tal seara, os poderes públicos, no âmbito das atividades administrativa e legislativa, devem, segundo a denominada “fundamentação ecológica”, justificar

¹⁰ Art. 186: A função social é cumprida quando a propriedade rural atende, simultaneamente, segundo critérios e graus de exigência estabelecidos em lei, aos seguintes requisitos: II – utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente.

Art. 225, § 4º: A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

e demonstrar a sustentabilidade ambiental de suas medidas e decisões de caráter desenvolvimentista, sob pena de afastamento, por inconstitucionalidade, de atos insuportavelmente gravosos para o meio ambiente (SILVA, 2002, p.73).¹¹

Em meados de 1884 foi apresentado pelo cientista e químico, Louis Pasteur a fermentação anaeróbica, ou seja, sem ar, realizada com a mistura de esterco e água alcançando 100 litros de gás por m³ de matéria, e descobriu que esse processo poderia compor energia, e assim, aquecer e iluminar, dada a presença de metano e hidrocarboneto. O processo anaeróbico foi se difundindo na Inglaterra, Índia e pelo Globo para direcionar os resíduos agrícolas e urbanos.

A Índia foi o primeiro país a instalar biodigestores para a produção de biogás, de maneira sistemática. A primeira unidade foi construída por volta de 1908. O país começou seu programa de implantação de biodigestores em 1951 e contava até 1992 com cerca de 160 mil unidades instaladas. A China iniciou seu programa de implantação de biodigestores na década de cinquenta e contava até 1992 com cerca de 7,2 milhões de unidades (BAUMANN & KARPE, 1980). No Brasil os biodigestores rurais tiveram maior desenvolvimento na década de 80 quando contaram com grande apoio dos Ministérios da Agricultura e de Minas e Energia. Cerca de 8.000 unidades, principalmente os modelos chinês e indiano, além de alguns de plástico tinham sido construídos até 1988, dos quais 75% estavam funcionando adequadamente (COELHO *et al.* 2000).

Segundo estudo de Kunz (2005), o custo total de um biodigestor de 150 m³ de capacidade gira em torno de R\$30 mil, ou seja, R\$200,00 de investimento por m³, considerando desde os investimentos em estrutura e equipamentos para sua implantação, até as despesas necessárias para o aproveitamento do biogás como fonte de energia térmica. Custos adicionais de biodigestores com dimensão superior a 150 m³ estão disponíveis no inventário tecnológico da

¹¹ O Princípio 4 da Declaração do Rio-92 preceitua: “Para se alcançar o desenvolvimento sustentável, a proteção do meio ambiente deve constituir parte integrante do processo de desenvolvimento e não pode ser considerada isoladamente em relação a ele.” O licenciamento de atividades potencialmente lesivas a componentes naturais deverá, pois, suceder à avaliação de impacto ambiental, inserta no âmbito da fundamentação ecológica prolatada pelo Poder Público.

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

EMPRAPA¹² (2005). Ainda segundo dados da Embrapa para a produção de biogás, os dejetos devem ser manejados de forma a manter uma concentração adequada de sólidos totais para aperfeiçoar a produção de biogás (DINIZ; RHODEN, 2017). O tratamento de dejetos por meio de biodigestores tem inúmeras vantagens, como a eliminação de organismos patogênicos e parasitas, a utilização do metano como fonte de energia, além da estabilização de grandes volumes de dejetos orgânicos diluídos a baixo custo (EMBRAPA, 2009). Referente a uma fração inerte, que ocupará volume dentro do biodigestor, e não será degradada, existe a possibilidade de uso de um sistema de separação preliminar, que consiste em peneiras com escovas rotativas para fazer esse processo (DINIZ; RHODEN, 2017). O biodigestor pode reduzir a carga poluente dos dejetos e viabilizar o aproveitamento integral como biofertilizante. Com valor de pH adequado (em torno de 7,5), o biofertilizante funciona como corretor de acidez, eliminando o alumínio e liberando o fósforo dos sais insolúveis de alumínio e ferro, além de que, com a elevação do pH dificulta-se a multiplicação de fungos patogênicos (MANUAL DE BIODIGESTÃO, 2017).

Em novembro de 1979, na Granja do Torto em Brasília, em decorrência da crise do petróleo da década de 1970, foi construído um dos primeiros biodigestores no país, na tentativa de substituir o petróleo por biogás. É fonte de energia renovável, reproduzidas involuntariamente pela natureza, não é de grande impacto ambiental, e ainda pode substituir o petróleo e carvão mineral. Tem em sua composição, metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), hidrogênio (H₂), gás sulfídrico (H₂S), oxigênio (O₂), amoníaco (NH₃) e nitrogênio (N₂). O biogás é um gás gerado a partir da decomposição da matéria orgânica (biomassa), mediante bactérias anaeróbicas existentes na matéria, as chamadas bactérias metanogênicas, podendo ser reproduzido artificialmente, mediante a ferramenta chamada biodigestor (BARBOSA *et al.* 2011). Hoje, a difusão da tecnologia dos biodigestores no Brasil enfrenta dificuldades decorrentes de fatores tais como escassez de recursos financeiros, custo relativamente elevado

¹² Que define um valor aproximado de R\$155,00 por m³ de câmara de digestão e um tempo de retorno do investimento avaliado em 15 meses.

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

dos biodigestores, falta de mentalidade relacionada com a importância de um programa de formação de recursos humanos para dar apoio à sua implantação e manutenção e desenvolvimento de tecnologia alternativa quanto ao projeto e materiais de construção a serem utilizados (ANDRADE *et al.* 2001).

Razão disso, a pesquisa apresenta como alternativa de fonte de energia renovável, o biodigestor anaeróbico. A biodigestão anaeróbia é um processo bioquímico que ocorre na ausência de oxigênio molecular livre no qual diversas espécies de microrganismos interagem para converter compostos orgânicos complexos em CH₄, compostos inorgânicos como CO₂, N₂, NH₃, H₂S e traços de outros gases e ácidos orgânicos de baixo peso molecular (LEITE *et al.* 2009). A arquitetura do biodigestor é feita a partir de um tanque central que tem em suas extremidades a caixa de carga, e na outra a caixa de descarga, a qual libera o biofertilizante, fertilizante em forma líquida, resultado da fermentação anaeróbia, orgânico e benéfico para as plantas. O tanque central é dividido em duas câmaras por uma parede central, a primeira é a parte da fermentação, onde entra a biomassa misturada com água no meio anaeróbico, com bactérias metanogênicas, reproduzindo o biogás, a câmara de fermentação possui uma parede divisória que serve para o material circular pelo interior. A segunda parte é uma cúpula onde reserva o gasômetro, fabricado de metal, onde tem a tubulação para a saída do biogás, que geralmente possui um canal para o fogão, motor, gerador etc.

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

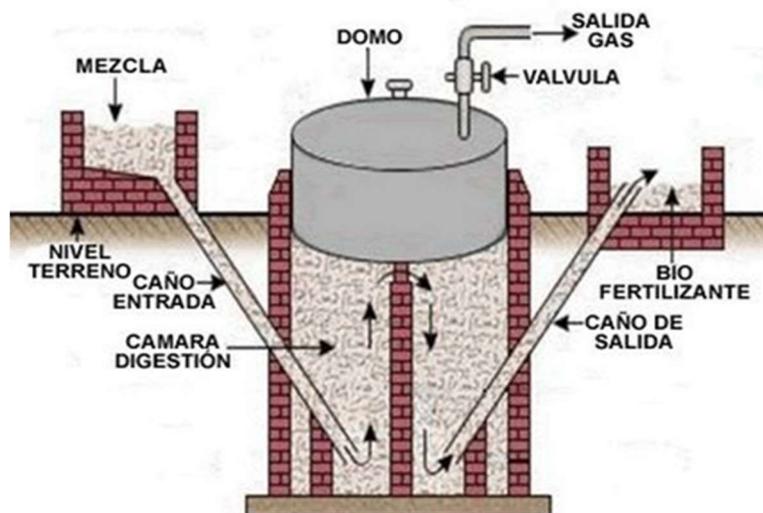


Figura 1. Modelo de biodigestores
Fonte: Oliver *et al.* (2008).

O processo da produção de biogás e biofertilizante, segundo Chernicharo (1997) e Pierotti (2007), ocorre através das bactérias anaeróbias, que digerem o conteúdo liberando o metano e gás carbônico. O procedimento é dividido em quatro fases:

- 1) **Hidrólise:** onde os resíduos orgânicos são quebrados em partículas menores e mais simples pelas bactérias hidrolíticas.
- 2) **Acidogênese:** os produtos solúveis da hidrólise são fermentados e acidificados, formando ácidos orgânicos, CO₂, alcoóis etc.
- 3) **Acetogênese:** as bactérias acetogênicas transformam os produtos da acidogênese em hidrogênio, dióxido de carbono e acetato. O valor do pH no meio aquoso reduz.
- 4) **Metanogênese:** é a etapa final, em que são produzidos o metano e o dióxido de carbono. Tais produtos são gerados por meio das arqueias metanogênicas, que utilizam os compostos orgânicos da fase acetogênica.

A proporção entre o esterco bovino e a água, necessária para o biodigestor é de 1:1, ou seja, tem de haver a mesma medida de esterco e água, e o tempo da retenção hidráulica, isto é, o tempo de entrada e de saída dos elementos é de aproximadamente 30 a 35 dias.

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

O processo de geração de biogás é considerado positivo tanto para o meio ambiente (fonte renovável de energia limpa, ou seja, baixa emissão de gases poluentes, substitui os combustíveis derivados de petróleo, redução dos gastos com o gás de cozinha, com energia elétrica em geral, pois através de geradores é capaz de reproduzi-las), quanto para a economia, em especial para o meio rural, pois é considerado combustível barato e prático para iluminar e aquecer, logo, contribui na economia de energia elétrica, e ainda pode ser transformado em fertilizantes (ANDRADE *et al.* 2001). O tratamento de dejetos por meio de biodigestores tem inúmeras vantagens, pois trabalha com grande quantidade de sólidos biodegradáveis, fácil eliminação de organismos patogênicos e parasitas, utilização do metano como fonte de energia, além da estabilização de grandes volumes de dejetos orgânicos diluídos a baixo custo (EMBRAPA, 2009).

O biogás produzido a partir de resíduos agropecuários pode promover a autonomia energética de diversos produtores rurais. Seu uso pode contribuir para agregação de valor de produtos agroindustriais, suprimento autônomo de combustível para muitas utilidades, como para alimentação de sistemas de bombeamento para irrigação, podendo viabilizar tais empreendimentos. A utilização do gás metano como gás combustível contribui para a diminuição do efeito estufa. O biodigestor promove o saneamento rural, prevenindo a poluição e conservando os recursos hídricos, os quais são finitos e vulneráveis, e portanto devem ser utilizados racionalmente para consumo humano e outros usos prioritários e não como veículo para dejetos. Esta tecnologia possibilita a utilização do biofertilizante como adubo orgânico, em substituição aos adubos químicos que em seus processos de produção causam impactos ambientais e consomem energia. Assim, os biodigestores podem converter os dejetos animais de um problema em uma solução. Esta tecnologia pode contribuir para criar possibilidades de permanência de trabalhadores no meio rural propiciando o bem estar, a saúde e a satisfação de pequenas comunidades rurais, que podem ser incluídas no processo de apropriação tecnológica, favorecendo assim, os que muitas vezes estão à margem dos benefícios do desenvolvimento científico

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

e tecnológico. Contribuindo ainda para tornar os produtores rurais mais autônomos (ANDRADE *et al.* 2001).

De acordo com Lay *et al.* (1998), a digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos, especialmente da fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos urbanos, é de grande importância no manejo de resíduos sólidos. Diversos tipos de reatores têm sido desenvolvidos para o tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, incluindo reatores em batelada e reatores contínuos. O processo de tratamento anaeróbio desponta como alternativa promissora para os resíduos sólidos orgânicos, em virtude das altas taxas de produção de biogás; contudo, os processos anaeróbios empregados no tratamento de resíduos sólidos ainda não constituem uma prática muito difundida, devido à falta de configurações de sistemas de tratamento e, sobretudo, ao tempo necessário para bioestabilizar os resíduos sólidos, que é bastante longo, quando comparado com processos aeróbios (LEITE *et al.* 2009).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

92

O Meio Ambiente ecologicamente equilibrado e a utilização de energia alternativa para a concepção de uma sociedade sustentável são temas de extrema relevância nas discussões políticas e econômicas da atualidade. Defender o quadripé da sustentabilidade, a saber, economicamente viável, ecologicamente correto, socialmente justo e culturalmente adequado, que visa o equilíbrio entre essas variantes, é uma preocupação indispensável para todos aqueles se preocupam e por um mundo melhor, mais limpo e despoluído.

Os problemas envolvendo questões ambientais surgem gradativamente, devido à recursos naturais limitados, sendo dever do ser humano buscar as medidas viáveis de proteção ao bem maior, o planeta terra, evitando maiores transtornos para vida humana.

A compreensão do desenvolvimento sustentável envolve alteração comportamental que não se restringe à formulação de conceitos a serem observados, mas que, sobretudo, impõe a formulação de políticas públicas

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

necessárias à implementação do ecodesenvolvimento, bem como a alteração comportamental de cada um – tendo-se como ponto de partida a conscientização da sociedade e o devido esclarecimento quanto aos reflexos de inovações no meio ambiente. Exigem-se, efetivamente, instrumentos que permitam a continuidade do processo de desenvolvimento econômico e que envolva a produção e o consumo de bens, sem permitir que os recursos naturais necessários para a referida produção tornem-se inexistentes.

Há muito tempo pensa-se em desenvolver técnicas para contribuir com a preservação ambiental, a fim de respeitar o dispositivo constitucional que assegura às presentes e futuras gerações um meio ambiente sadio e equilibrado (art. 225 da Constituição Federal de 1988), sendo objetivo do direito ambiental brasileiro, que vai além da preservação do meio ambiente, para o bem comum do povo, mas atinge também, o desenvolvimento econômico e social, conforme previsão legal estabelecida na Lei 6.938, de 1981 no seu art. 2º; em consonância com o Princípio 1 da Declaração do Rio 92: “Os seres humanos estão no centro das preocupações com o desenvolvimento sustentável. Têm direito a uma vida saudável e produtiva, em harmonia com a natureza”.

O setor da pecuária em geral é extremamente relevante para o Brasil e o mundo, razão porque a alternativa apresentada nesse trabalho, em utilizar tecnologias “amigas do meio ambiente” é promissora para o futuro, pois além de favorecer a economia, interrompe um ciclo prejudicial ao meio ambiente, viabilizando a sustentabilidade (ALVES *et al.* 2010).

Desse modo, a proteção do meio ambiente torna-se elemento fundamental no processo de desenvolvimento, pois toda forma de crescimento não sustentável seria oposta ao conceito de desenvolvimento em si, ao implicar na redução das liberdades das gerações futuras. Nesse sentido, temos a concepção do desenvolvimento como apropriação efetiva de direitos, eliminando-se as privações de liberdade que limitam as escolhas e oportunidades dos agentes, ou seja, em expansão das liberdades, sendo este o principal fim e meio do desenvolvimento.

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

REFERÊNCIAS:

ÁLVAREZ, Luis Ortega. **Lecciones de Derecho del Medio Ambiente**. 2.ed. Valladolid: Editorial Lex Nova, 2000.

ALVES, Elton Eduardo Novais; INOUE, Keles Regina Antony; BORGES, Alisson Carraro. **Biodigestores**: construção, operação e usos do biogás e do biofertilizante visando a sustentabilidade das propriedades rurais. Ed. Viçosa: 2010.

https://www.researchgate.net/publication/262565096_Biodigestores_construcao_operacao_e_usos_do_biogas_e_do_biofertilizante_visando_a_sustentabilidade_e_das_propriedades_rurais. Acesso Ago. 2018.

ANDRADE, Marcio Antonio Nogueira; RANZI, Tiago Juruá Damo; MUNIZ, Rafael Ninno; SOUZA, Luiz Gustavo de; ELIAS, Marcos José. **Biodigestores rurais no contexto da atual crise de energia elétrica brasileira e na perspectiva da sustentabilidade ambiental**. <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n4v1/030.pdf>>. Acesso Ago. 2018.

BARBOSA, George; LANGER, Marcelo. Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. **Unoesc & Ciência – ACSA**, Joaçaba, 2011. <http://editora.unoesc.edu.br/index.php/acsa/article/view/864>. Acesso Jul. 2018.

BATJES, N.; **Management Options for Reducing CO₂-Concentrations in the Atmosphere** by Increasing Carbon Sequestration in the Soil, International Soil Reference and Information Centre: Wageningen. 1999.

BAUMANN, W.; KARPE. H. J.; **Wasterwater treatement and excreta disposal in developing counties**; GTZ – GATE; Dortmund; 186p; 1980.

BIELLO, David. Qual a relação entre mudanças climáticas e tornados? **Scientific American Brasil**, 2018. http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/qual_a_relacao_entre_mudancas_climaticas_e_tornados_.html. Acesso Jul. 2018.

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

CANZIANI, O. F.; DÍAZ, S.; CALVO, E.; CAMPOS, M.; CARCAVALLO, R.; CERRI, C. C.; GAY-GARCIA, C.; MATA, L. J.; SAIZAR, A.; ACEITUNO, P.; ANDRESSEN, R.; BARROS, V.; CBIDO, M.; FUENZALIDA-PINCE, H.; FUNES, G.; GALVÃO, C.; MORENO, A. R.; VARGAS, W. M.; VIGLIZAO, E. F.; DE ZUVIRIA, M. **The Regional Impact of Climate Change: An Assessment of Vulnerability**; Watson, R. T.; Zinyowera, M. C.; Moos, R. H., eds.; Cambridge University Press: Cambridge, 1998.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMG), 1997. 246p.

COELHO et al; **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica**; Dupligráfica; Brasília; 2000.

DA SILVA, Ennio. **Fontes renováveis de energia para o desenvolvimento sustentável**. 07 de Outubro de 2005. <http://noticias.universia.com.br/ciencia-tecnologia/noticia/2005/10/07/460455/fontes-renovaveis-energia-desenvolvimento-sustentavel.html>. Acesso Ago 2018.

DINIZ, Rubens Rodrigues; RHODEN, Anderson Clayton. **Tecnologia ambiental para o desenvolvimento sustentável, benefícios do uso dos biodigestores**. <<http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/Rubens-R.-Diniz.pdf>>. Acesso Ago. 2018.

EMBRAPA. **Biodigestores: solução para produção de biogás a partir de resíduos de suínos e aves**. < <https://www.embrapa.br/>>. Acesso em 16 de agosto de 2018.

EMBRAPA. **Sistemas de tratamento de dejetos suínos: inventário tecnológico**. Concórdia: 2009.

EMBRAPA. **Sistemas de tratamento de dejetos suínos: inventário tecnológico**. Concórdia: EMBRAPA: 2005.

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

GARRITY, D.; FISHER, M.; **Proceedings of the Workshop on Tropical Agriculture in Transition: Opportunities for Mitigating Greenhouse Gas Emissions**, Center for Development Research: Bonn, Germany, 2001.

HERRERO, Luis M. Jiménez. Cambio global, desarrollo sostenible y economía ecológica. In: HERRERO, Luis M. Jiménez; TAMARIT, Francisco J. Higón. **Ecología y economía para un desarrollo sostenible**. Patronat Sud-Nord. Solidaritat i Cultura – F.G.U.V. Publicacions de La Universitat de València: Valencia, ES. 2003.

Lay, J. J.; Li, Y. Y.; Noike, T.; Endo, J.; Ishimoto, S. **Analysis of environmental factors affecting methane production from high-solid organic waste**. Water Science Technology, v.36, p.493-500, 1998.

LEITE, Valderi D; LOPES, Wilton S; SOUSA, José T; PRASAD, Shiva; SILVA, Salomão A. **Tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com alta e baixa concentração de sólidos**. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n2/v13n02a13.pdf>>. Acesso em 16 de agosto de 2018.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Cradle to cradle**. New York: North Point Press. 2002.

MORIN, Edgar. **A Via para o futuro da humanidade**. Tradução Edgard de Assis Carvalho; Maria Perasso Bosco. Rio de Janeiro: Bertrand. 2013. Título Original: La voie pour l'avenir de l'humanité.

OLIVEIRA, André Pinto de Souza. Direito ambiental constitucional - uma análise principiológica da consolidação do estado protetor do ambiente nas Constituições Brasileira e Portuguesa, **Revista da Faculdade de Direito da UFMG**. Belo Horizonte, nº 51, p. 46-68, jul. – dez., 2007.

OLIVER, A. de P.M; SOUZA NETO, A de A.; QUADROS, D. G. de, VALLADARES, R. E. **Manual de Treinamento em Biodigestão**. Salvador – BA: Instituto Winrock – Brasil, 2008. 23p.

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Guidelines for Multinational Enterprises**. OECD Publishing, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264115415-en>> capítulo VI, número 6. Acessada em Agosto 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE. **Declaração do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento**. 1992. <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso Ago. 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**, 2015. <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/> Acesso Ago. 2017.

PIEROTTI, S. M. Avaliação da partida de reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB), em escala real, sob condições hidráulicas desfavoráveis. 2007. 141f. **Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento)** – Escola de Engenharia de São Carlos-SP, 2007.

97

REVISTA AGROPECUÁRIA. **A importância da pecuária brasileira**, 2018. <http://www.revistaagropecuaria.com.br/2018/05/23/a-importancia-da-pecuaria-brasileira/> Acesso Jul. 2018.

SANTOS, N. dos; OLIVEIRA, D.G. de. **A patenteabilidade de tecnologias verdes como instrumento de desenvolvimento sustentável**, 2014. <http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/RevJur/article/viewFile/1051/738>. Acesso Ago. 2016.

SARLET, I.W; FENSTERSEIFER, T. **Direito Constitucional Ambiental: estudos sobre a Constituição, os direitos fundamentais e a proteção do ambiente**. São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais, 2011.

ESTERCO ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

FLORES, Naoní Barbosa Flores; MATTE, Michele Kuchar; OLIVEIRA, Nathália Alves; NOLASCO, Loreci Gottschalk

SCHARPENSEEL, H. W.; Preface to workshop 'Management of carbon in tropical soils under global change: science, practice and policy'. **Geoderma**, Volume 79, Issues 1–4, September 1997, Pages 1-8.

SILVA, G.E.N. **Direito Ambiental Internacional**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Thex Editora, 2002.

WEISS, E.B. **Intergenerational equity and rights of future generations**, 1985. <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/4/1985/11.pdf>. Acesso Mai. 2015.

WEISS, E.B. Intergenerational equity: A legal framework for global environmental change. In: Weiss, E.B. (ed.) **Environmental Change and International Law: new challenges and dimensions**. Tokyo: United Nations University Press, 1992.

WEISS, E.B. Intergenerational Justice and International Law. In: Susutill, Salvino [et al], ed. **Our Responsibilities towards Future Generations**. Malta: Foundation for International Studies; UNESCO, 95-104, 1990.

WEISS, E.B. **Un Mundo para Las Futuras Generaciones**: Derecho Internacional, Patrimonio Común y Equidad Intergeneracional. Madrid: Ediciones Minda-Prensa, 1999.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future**: Brundtland Report. Oxford; New York: Oxford University Press, 1987.

Submetido em: 27.06.2023

Aceito em: 21.08.2023