



**VII SINGEP**

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

## **BIODIGESTORES EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS DE MINAS GERAIS: DESAFIOS PARA IMPLANTAÇÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR**

**MARCELO AUGUSTO ALVES GAMA**  
UNINOVE – Universidade Nove de Julho

**DIEGO TEIXEIRA LIMA**  
UNINOVE

**SIMONE AQUINO**  
UNINOVE – Universidade Nove de Julho



## **BIODIGESTORES EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS DE MINAS GERAIS: DESAFIOS PARA IMPLANTAÇÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR**

### **Resumo**

O biodigestor pode produzir energia e fertilizante de boa qualidade a partir de resíduos orgânicos, dejetos de animais e esgoto residencial, gerando benefícios econômicos, sociais e ambientais. O sistema de biodigestão é conhecido e usado em grandes granjas de suínos, porém pouco difundido para uso em pequenas propriedades rurais. Este relato técnico teve por objetivo conhecer o perfil de quatro agricultores familiares da cidade de Toledo, no estado de Minas Gerais e mensurar o conhecimento sobre o sistema de biodigestores, bem como as vantagens geradas pelo reaproveitamento de dejetos produzidos pelas criações de animais e pelo esgoto doméstico, convertidos em biofertilizantes e uso energético. O relato foi desenvolvido como pesquisa qualitativa, sendo um estudo de caso múltiplo, com entrevista baseada na aplicação de roteiro semiestruturado sobre saneamento básico, fontes de energia, quantidade de resíduos de animais gerados e sobre a adesão em futura implantação de biodigestores. Apesar do baixo custo de investimento e fácil operação, apenas um produtor investiria no sistema, sendo as questões financeiras o fator impeditivo da adesão pelos demais agricultores.

**Palavras-chave:** Biodigestores, agricultura familiar; resíduos, saneamento rural.

### **Abstract**

The biodigester can produce energy and fertilizer of good quality from organic waste, animal excrement and residential sewage, generating economic, social and environmental benefits. The biodigestion system is known and used on large swine farms, but not widely used for small farms. This technical report aimed to know the profile of four family farmers in the city of Toledo in the Minas Gerais State and measure the knowledge about the system of biodigesters, as well as the advantages generated by the reuse of manure produced by animal and sewage converted into biofertilizers and energy use. The report was developed as a qualitative research, being a multiple case study with interview based on the application of semi-structured script on basic sanitation, energy sources, amount of animal waste generated and on the adhesion in future implantation of biodigesters. Despite the low investment cost and easy operation, only one producer would invest in the system, with financial issues being the impediment of adherence by other farmers.

**Keywords:** Biodigesters, family farming; residues, rural sanitation.



## 1 Introdução

No Brasil são classificadas pela Lei n. 8.629 (1993), como pequenas propriedades, aquelas menores ou iguais a 4 módulos fiscais, sendo o tamanho do módulo fiscal estabelecido pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), expresso em hectares (ha), e que difere para cada município, levando em conta o tipo de cultura e a receita financeira predominante do local (INCRA, 2013).

Segundo Marcato e Lima (2005), a atividade agropecuarista merece atenção por proporcionar grandes benefícios à sociedade, mas também gera poluição ambiental, devido à quantidade de efluentes e dejetos produzidos pelos animais. Em pequenas propriedades, as criações são mantidas permanentemente ou temporariamente em pocilgas, galinheiros ou galpões para ordenha, o que concentra a produção dos dejetos em um ou mais locais e acarreta em poluição do ar e do solo.

Apesar da importância da produção de alimentos, a população que se concentra em áreas rurais possui atendimento de saneamento básico precário devido a lacunas institucionais, falta de mecanismos de políticas públicas, de titularidade e de regularização dos serviços (Galvão, 2009). As pequenas propriedades têm como opção o uso de fossa rudimentar ou fossa negra, fossa séptica, biodigestor, rizo filtragem, etc., ou a combinação destas técnicas entre si. As fossas negras ou rudimentares não evitam a contaminação do solo ou das águas, sejam superficiais ou subterrâneas (Costa & Guilhoto, 2014).

A criação de suínos em uma pequena propriedade é de grande importância, pois trata-se de animais onívoros que podem digerir até mesmo capim, alimentando-se de quase tudo com baixo custo de criação para o produtor rural (Seymour, 2011). Para o tratamento dos dejetos animais e do saneamento básico da residência rural, o biodigestor é uma alternativa sustentável, que resulta na conservação do solo, da água, dos recursos energéticos animais e vegetais, e ainda representa uma solução eficiente sob o ponto de vista social, ambiental e econômico, por agregar valores à atividade, como a geração de biofertilizante e biogás (Shikida, Junges, Kleinschmitt, & Silva, 2008).

Este relato teve como foco a percepção de agricultores familiares sobre o uso de biodigestores em pequenas propriedades rurais mineiras. O local escolhido para este estudo foi o município de Toledo, localizado no sul do estado de Minas Gerais (MG), na microrregião de Pouso Alegre, área predominantemente montanhosa, a 494 km da Capital Belo Horizonte e a 136 km de São Paulo (SP), fazendo divisa com os municípios de Munhoz ao norte, Itapeva a leste, Extrema a sudeste, e com os municípios paulistas de Socorro a oeste e Pedra Bela a sudoeste (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2010).

De acordo com o IBGE (2017) a estimativa da população residente no município de Toledo é de 6.232 habitantes, cuja principal receita advém de atividades agropecuárias em pequenas propriedades e módulo fiscal estabelecido como sendo 30 ha (INCRA, 2013). Toledo possui majoritariamente a criação de bovinos e suínos, contabilizados em pequenas propriedades rurais, com um rebanho de 6.086 cabeças de bovinos, divididos em 283 propriedades e 989 suínos em 99 estabelecimentos (IBGE, 2006). Em relação ao saneamento básico, a fossa negra é o sistema mais comum de esgoto da população rural toledense (B&B Engenharia, 2015).

Frente ao exposto sobre a região, este estudo teve por objetivo avaliar o conhecimento de quatro pequenos produtores rurais de Toledo sobre o potencial gerador de dejetos de suas criações, conhecimentos sobre biodigestores e da disponibilidade financeira para implantar biodigestores de baixo custo em suas propriedades. A questão de pesquisa proposta, portanto, é: como os proprietários rurais no município de Toledo avaliam suas atividades rurais e disponibilidade econômica para geração de energia e biofertilizantes com a implantação de biodigestores?



O presente relato está ainda dividido em referencial teórico, metodologia, resultados e discussão e conclusões.

## 2 Referencial Teórico

### 2.1 Saneamento básico rural

A dignidade humana e sua sobrevivência estão intrinsecamente relacionadas com o saneamento básico, porém tal sistema é deficitário, principalmente no que se refere ao esgotamento e tratamento de esgoto (Galvão, 2009). Enquanto no Brasil o abastecimento de água atinge 100% dos domicílios urbanos, não temos a mesma abrangência em esgotamento sanitário, que chega a 1% dos domicílios, e a maioria destes dispõe de fossas rudimentares, com apenas 15% de efeito despolutivo (Marques, Link, Uberti & Nishijima, 2012). Doenças relacionadas com a falta de saneamento básico ou hábito de higiene são responsáveis por mais da metade dos gastos públicos em tratamento de enfermidades (Mota, Souza, & Silva, 2015).

A Lei n. 11.445 (2007) estabeleceu a universalização como princípio fundamental da prestação de serviços públicos de Saneamento Básico, constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários adequados, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente. Segundo Mota *et al.* (2015), o saneamento básico geralmente é um item bastante esquecido por parte dos governos, pois as obras nesse segmento não têm grande visibilidade pública, devido às tubulações, que são a essência das construções, ficam abaixo da terra, e as tecnologias de saneamento convencionais, tubulações, excluem a população rural por serem caras.

A contaminação da água subterrânea e superficial por microrganismos e compostos químicos é atribuída ao escoamento superficial das águas de áreas urbanas e de pastos, ao escape de resíduos dos sistemas de disposição de dejetos e de tanques sépticos, a sobrecarga das plantas de tratamento de resíduos e aos sistemas de injeção de resíduo cru; ademais, a contaminação bacteriana em áreas rurais tende a ser mais intensa do que em áreas urbanas (Barros, 2016). Saiani e Júnior (2010) relacionaram o problema do saneamento básico como inversamente proporcional à renda familiar, taxa de urbanização e porte do município, bem como em função da localização rural ou urbana do domicílio, ou seja, quanto menor a renda e outros indicadores descritos, aumentam os problemas de saneamento.

O Brasil possui aproximadamente 31 milhões de habitantes morando na área rural e comunidades isoladas, segundo dados do IBGE e da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (IBGE/PNAD, 2013). Desta população, somente 22% tem acesso a serviços adequados de saneamento básico e a realidade aponta que ainda existem quase 5 milhões de brasileiros que não possuem banheiro, ou seja, defecam ao ar livre. Portanto, cerca de 24 milhões de brasileiros ainda sofrem com o problema crônico e grave da falta de saneamento básico. Os motivos vão desde a ausência de prioridade nas políticas públicas até a própria cultura do morador da área rural, que não vê o saneamento básico como uma necessidade (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA], 2016).

Já os dados da Fundação Nacional de Saúde e Ministério da Saúde (FNS/MS, 2017) apontam que a situação é mais crítica quando são analisados dados de esgotamento sanitário: apenas 5,45% dos domicílios estão ligados à rede de coleta de esgotos, 4,47% utilizam a fossa séptica ligada a rede coletora e 28,78% fossa séptica não ligada a rede coletora como solução para o tratamento dos dejetos. Os demais domicílios (61,27%) depositam os dejetos em fossas rudimentares, lançam em cursos d'água ou diretamente no solo a céu aberto (PNAD, 2015).

Este cenário contribui direta e indiretamente para o surgimento de doenças de transmissão hídrica, parasitoses intestinais e diarreias, as quais são responsáveis pela elevação



da taxa de mortalidade infantil. As ações de saneamento em áreas rurais visam reverter este quadro, promovendo também a inclusão social dos grupos sociais minoritários, mediante a implantação integrada com outras políticas públicas setoriais, tais como: saúde, habitação, igualdade racial e meio ambiente. É importante frisar que o meio rural é heterogêneo, constituído de diversos tipos de comunidades, com especificidades próprias em cada região brasileira, exigindo formas particulares de intervenção em saneamento básico, tanto no que diz respeito às questões ambientais, tecnológicas e educativas, como de gestão e sustentabilidade das ações (FNS/MS, 2017).

O fato de nas áreas rurais existir significativo número de domicílios dispersos, assim como a inexistência de rede coletora de esgotos nas áreas mais concentradas, leva as famílias a recorrerem a soluções alternativas para o esgotamento sanitário, muitas vezes inadequadas, como fossa rudimentar (43,7) e outras formas (7,3%), representando um total de 51% do total de domicílios rurais, de acordo com dados de 2015 do IBGE/ PNAD (Figura 1).



**Figura 1. Esgotamento sanitário nos Domicílios Rurais**

Fonte: IBGE/ PNAD (2015).

Mediante o cenário descrito sobre o saneamento básico em áreas rurais, a instalação de biodigestores em propriedades de agricultura familiar pode ser considerada uma alternativa para a correta destinação dos resíduos gerados pela atividade agrícola, advindos da criação de animais e como solução da destinação de dejetos de maneira ambientalmente adequada, promovendo assim a sustentabilidade com o aproveitamento de dejetos na forma de biogás e como biofertilizantes.

## 2.2 Resíduos da Agropecuária

Os dejetos das criações perfazem uma grande preocupação quanto à degradação ambiental, poluindo mananciais, solo, ar e, nesta concepção, vem trazendo consideráveis prejuízos à qualidade de vida das populações rurais, bem como comprometem a sobrevivência da flora e fauna onde os criatórios são implantados (Barichello, Hoffmann, Silva, Deimling, & Casarotto, 2015). O problema ambiental foi desnudado com a opção de criatórios em regime de confinamento, onde os dejetos anteriormente distribuídos em pastos destinados a criações extensivas, agora ficam restritos a pequenas áreas e com manejo inadequado (Bosco, Cosmann, Sbizarro, Taiatele, & Santos, 2016).

A destinação dos resíduos agrícolas e dejetos animais é um grande problema enfrentado pelos agricultores, pelo efeito contaminante do solo e das águas de rios e lençóis freáticos e a biodigestão constitui uma alternativa viável para atender os requisitos ambientais



e de saúde pública e, como exemplo, o homem produz 0,35 kg de dejetos por dia (Nogueira, Damin, Maggi, Lima, & Jadoski, 2015). A Tabela 1 apresenta o potencial gerador, da quantidade diária de dejetos, produzidos por espécie animal em áreas rurais.

Tabela 1.

**Dejetos animais produzidos por dia em propriedades rurais.**

Animal	Dejeto/ kg/ dia
Bovino	10 a 20
Equino	10 a 12
Ovino	2,80
Suíno	2,25
Galinha	0,18

Fonte: Adaptado de Silva (1987) e Pereira (1986).

Um estudo de Smith, Schroenn Goebel e Blignaut (2013) realizado na África do Sul, considerou que os insumos necessários para o funcionamento de um biodigestor como tecnologia para atender uma família seriam 20 kg de esterco de vaca e 20 litros de água por dia. De acordo com Carvalho *et al.* (2017), os dejetos das criações rurais e até mesmo o esgoto doméstico, apesar de serem contaminantes ao meio ambiente quando não tratados, são excelentes substratos ou matéria-prima de biofertilizantes. Ainda segundo os autores, a instalação de biodigestores em propriedades de pequenos agricultores incentiva a sustentabilidade, podendo fazer uso de energias renováveis, biofertilizantes e ainda fazer uma correta destinação dos resíduos gerados pela atividade agrícola.

A presença de biodigestores no espaço rural a fim de dar um destino adequado aos dejetos da pecuária evitando, por um lado, emissões de metano e a contaminação dos recursos naturais e, por outro, a melhoria da renda dos agricultores devido a geração de produtos como o biofertilizante (Marin, Bley, & Gonzalez, 2016).

O biofertilizante (como resultado do uso de biodigestores) se apresenta na literatura como um benefício para as propriedades rurais, no que diz respeito à geração de renda e diminuição dos custos da propriedade como alternativa para uso de adubação química (Silva & Cirani, 2016). No estudo de Montoro *et al.* (2017), os autores demonstram ainda o potencial de produção de biofertilizante em uma planta de confinamento bovino, com potencial de produção de 466.550,00 litros (L) de biofertilizante/dia de produção. Garfí *et al.* (2016) destacaram a importância e necessidade de novos estudos comparativos do uso de biofertilizantes e seu potencial de uso *versus* dejetos *in natura* e outros fertilizantes.

A biodigestão funciona melhor com a adição de materiais palhosos, provenientes de outras culturas comuns na pequena propriedade, aos dejetos colocados em proporções tais que dêem uma relação entre Carbono e Nitrogênio (C/N) próximo a 30:1 (Matos, Vidigal, Sedyama, Garcia, & Ribeiro, 1998). A proporção C/N do esterco de animais varia entre 15:1 a 29:1 e que, segundo Silva (1987), esta relação é satisfatória para a maioria dos biodigestores, mas pode ser otimizada para a produção de biogás com a adição de palha seca.

### 2.3 Biodigestores: benefícios e custos

Uma das alternativas para a destinação correta de dejetos animais e do saneamento básico da população rural humana é a instalação de biodigestores, que são equipamentos ou benfeitorias que onde se realizam a decomposição dos poluentes de resíduos orgânicos e dejetos animais em um ambiente de anabiose (ausência de oxigênio), resultando em metano (comumente conhecido como biogás) e biofertilizantes ricos em minerais (Santos *et al.*, 2017).



O processo de biodigestão de resíduos orgânicos é bastante antigo, sendo que a primeira unidade foi instalada em Bombaim, na Índia em 1819; na Austrália uma companhia produz e industrializa o metano a partir de esgoto desde 1911 (Embrapa, 2016). De acordo com Silva (1987), o primeiro biodigestor foi colocado em funcionamento em Bombaim na Índia, sendo um equipamento de regime à batelada e, em 1950 ainda na Índia, Patel instalou o primeiro biodigestor de regime contínuo. A China desenvolveu outro modelo nas décadas de 60 e 70, com a cúpula fixa, usando o princípio da prensa hidráulica, construídos exclusivamente de alvenaria e materiais de construção locais (Silva, 1987). A China possui 4,5 milhões de biodigestores que produzem gás e adubo orgânico, sendo que a principal função é o saneamento no meio rural.

Os benefícios para a implantação de biodigestores enquadram-se em três aspectos principais, sendo eles: econômicos e financeiros; sociais, e ambientais, baseados em três das dimensões do desenvolvimento rural proposto por Kageyama (2004). De acordo com a Embrapa (2016), diversos aspectos ligados aos biodigestores ainda encontram-se pendentes e a mesma aprimorou um sistema biodigestor, tendo como objetivo geral o desenvolvimento de biodigestores com performances melhoradas visando correto tratamento de resíduos oriundos da atividade agropecuária, gerando energia limpa e renovável, bem como fertilizante de baixo custo e devidamente desinfetado.

Barros *et al.* (2016) propuseram um estudo sobre a análise de viabilidade de um modelo de biodigestor de baixo custo, que atenderia às condições e realidades de pequenos agricultores familiares. Mattos e Farias (2011) apresentam um modelo sertanejo de biodigestor como tecnologia social, iniciativa do Projeto Dom Helder Câmara e Diaconia, como alternativa de baixo custo e construído a partir de materiais disponíveis em lojas de materiais para construção e de simples manutenção, com valor (no ano de 2011) de R\$ 1.742,50. O modelo sertanejo foi inspirado no modelo de biodigestor indiano e adaptado aos materiais disponíveis em praticamente todas as lojas de material de construção das cidades do interior do Brasil, utilizando-se da tecnologia empregada nas cisternas de placas, largamente difundidas na Região Semiárida Brasileira. O modelo de biodigestor sertanejo foi implantado nos estados do nordeste brasileiro e visava atender a população rural carente principalmente na produção de biogás para cozinhar, em substituição ao fogão a lenha e ao gás GLP (Mattos & Farias, 2011; Carvalho *et al.*, 2017).

Para verificar a viabilidade na instalação do biodigestor sertanejo em pequenas propriedades familiares na região oeste do Paraná, Carvalho *et al.* (2017) verificaram os custos para implementação, sendo que os valores dos materiais foram levantados em lojas de materiais de construção da região e o valor total de investimento obtido foi a um custo de R\$ 3.297,60, incluindo 34 itens de materiais e custos com mão de obra de pedreiros e mão de obra especializada. Para tal fim, foi considerado a utilização do modelo de biodigestor sertanejo com caixa de 3.000 L e apenas para geração de biogás para cozinhar e produção de biofertilizante, com a possibilidade de instalação de um aparelho aquecedor, que poderia ser utilizado para aquecimento da água do chuveiro ou ordenha.

O modelo chinês de biodigestor utiliza menos materiais (10 componentes) se comparado ao modelo sertanejo (34 componentes). O conceito chinês do biodigestor, de pequeno porte e de baixo custo, possibilita sua construção com materiais encontrados na região, de fácil construção e operação, impõe uma reavaliação à ideia de que esta tecnologia só é viável para grandes unidades rurais (Silva, 1987). O custo de um biodigestor chinês com capacidade de 3 m<sup>3</sup> se equipara em capacidade de processamento ao modelo sertanejo com câmara de 3.000 L. A Tabela 2 apresenta o custo de seus componentes:

**Tabela 2.**

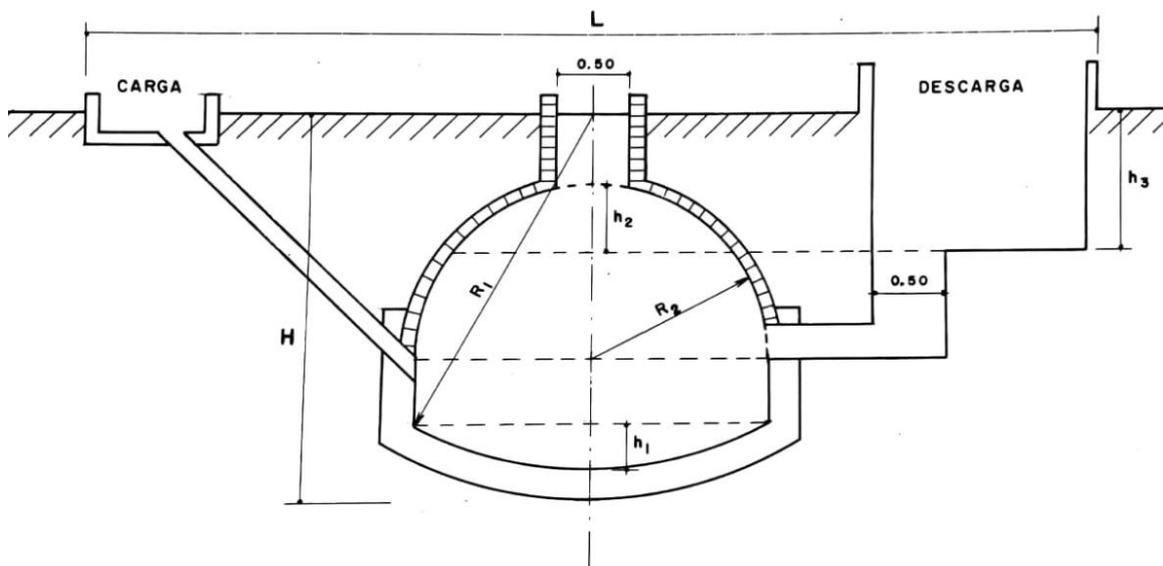
Custos do biodigestor chinês



Descrição do material ou serviço	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Custo (R\$)
Tijolo cerâmico 11,5 x 14 x 24 cm (baiano)	600	0,80	480,00
Tijolo comum maciço 10 x 5 x 22 cm	1100	0,60	660,00
Cimento saco 50 kg	5,0	25,00	125,00
Areia (m <sup>3</sup> )	1	130,00	130,00
Pedra brita n.1 (m <sup>3</sup> )	0,5	130,00	65,00
Impermeabilizante 20kg	1	61,00	61,00
Cal saco 25 kg	2	12,00	24,00
Cano PVC DN 100	1	60,00	60,00
Táboas/ madeiras (verba)	1	25,00	25,00
Registro de gás GLP	1	29,00	29,00
Outros materiais (verba)	1	150,00	150,00
Mão de obra – pedreiro e ajudante (diária)	4	200,00	800,00
<b>Custo total</b>			<b>R\$ 2.609,00</b>

Fonte: adaptado de Silva (1987); custos pesquisados e atualizados pelos autores

O biodigestor chinês possui maior volume interno, pois segundo os princípios geométricos a esfera é a que possui menor área para um dado volume e por não possuir partes móveis sua manutenção é mais simples e barata (Seixas, Folle, & Marchetti, 1981; Silva, 1987). A Figura 2 apresenta o esquema de construção de um modelo de biodigestor chinês.



**Figura 2. Biodigestor chinês**

Fonte: Pereira (1986)

De acordo com Carvalho *et al.* (2017), a instalação de biodigestores em propriedades de pequenos agricultores incentiva a sustentabilidade, podendo fazer uso de energias renováveis, biofertilizantes e ainda fazer uma correta destinação dos resíduos gerados pela atividade agrícola. Ainda segundo os autores, o biodigestor não tem uma utilização específica, como demonstrado na Figura 3, as diversas formas que as pequenas famílias rurais utilizam o mesmo.

#### *Utilização do biodigestor pelos pequenos agricultores*

Utilização	Referências
Biofertilizante	(Cabanillas <i>et al.</i> , 2017; Garfi, <i>et al.</i> , 2016; Smith, Goebel, & Blignaut, 2013)
Biogás	(Garfi <i>et al.</i> , 2016; Smith <i>et al.</i> , 2013)
Geração de Energia	(Smith <i>et al.</i> , 2013; Barichello, <i>et al.</i> , 2015; Marin <i>et al.</i> , 2016; Garfi, <i>et al.</i> , 2016)
-	-

**Figura 3. Formas de aproveitamento de biodigestores.**

Fonte: Adaptado de Carvalho *et al.* (2017).

No Brasil, Marin *et al.* (2016) ressaltaram que o uso de biodigestores proporciona a geração de atividades não agrícolas que contribuem para o desenvolvimento rural sustentável, conforme estudo realizado no Condomínio de Agroecologia para Agricultura Familiar no estado do Paraná. Gomes e Raiher (2013) avaliaram a capacidade de um biodigestor, em diferentes situações e, constataram que a geração de energia variou de 221 megawatts (MWh) a 580 MWh por ano, para uso próprio ou venda do excedente de energia. Barichello *et al.* (2015) apontaram a economia de energia em valores monetários gerados em pequenas propriedades por meio do comparativo de dois projetos, em que a energia gerada é utilizada exclusivamente nas propriedades, com a geração de 1700 quilowatts (kWh) e 5000 kWh de energia por mês.

Biodigestor apresenta outra vantagem por ser um equipamento que transforma o esterco de curral em gás (biogás) inflamável, que pode substituir o gás de cozinha comprado em botijões (Gás Liquefeito de Petróleo ou GLP). O biogás é uma mistura de vários tipos de gases, sendo o principal componente do biogás o metano, que não tem odor, mas caso haja outros gases, são eliminados por meio de um processo simples de filtragem e podem ser facilmente eliminados da composição do biogás. O uso do biogás na cozinha é higiênico, não gera fumaça e não deixa resíduos nas panelas. O processo de geração de biogás é realizado por microrganismos (bactérias) que existem no próprio esterco, e acontece naturalmente quando ele se encontra em um ambiente onde não exista oxigênio. Após passar pelo biodigestor, o esterco se transforma em uma fração gasosa (biogás), uma líquida e outra sólida. Estas duas últimas são subprodutos que podem ser usados como fertilizante na agricultura e/ ou criação de peixes (Mattos & Farias, 2011).

### 3 Metodologia

A cidade de Toledo está localizada no estado de Minas Gerais, sendo composta por uma população essencialmente agrícola, com renda per capita de 1,5 salários mínimo, distribuída em apenas 12,1% da população ocupada enquanto 33% percebiam 0,5 salário mínimo, ranqueando o município em 19º lugar em uma microrregião composta por 20 cidades (IBGE, 2015). A população rural de Toledo (MG) faz uso predominantemente de fossa negra e dependendo da distância relacionada às fontes de água que a fossa foi implementada, este sistema contamina as fontes de água superficiais, ou de profundidade (B&B Engenharia, 2015).

A escolha do espaço amostral é parte fundamental de um estudo positivista e é formada por alguns membros da população estudada, sem preconceitos (Collis & Hussey, 2011; Vergara, 2005). Foram selecionadas propriedades por conveniência, visto serem vizinhas da propriedade de um dos autores, localizada no município contextualizado. As coordenadas de localização são: 22° 43' 44. 42" de latitude sul e 46° 16' 39. 92" de longitude oeste. A coleta de dados abrangeu quatro propriedades nomeadas para este estudo A, B, C e D, todas classificadas como pequenas propriedades rurais, localizadas no bairro rural de Pinhal Grande, também conhecido como bairro dos Afonso, no município de Toledo (MG). A Figura 4 demonstra a vista aérea da região.



**Figura 4. Imagem das propriedades A, B, C e D obtidas no software Google Earth Pro.**

Fonte: adaptada pelos autores.

A metodologia aplicada para o relato técnico se caracteriza como pesquisa exploratória, visando entender o problema a partir de artigos, relatos e experiências estudadas por outros autores para demonstrar a relevância do tema e levantar pesquisas que possam ser aprofundadas (Andrade, 1993; Martins & Theóphilo, 2010; Vergara, 2011; Vianna, 2001; Vieira, 2011).

A natureza desta pesquisa é qualitativa por examinar e refletir para obter entendimento sobre as atividades sociais e humanas (Collis & Hussey, 2005). Trata-se de estudo qualitativo onde os levantamentos bibliográficos e a revisão de literatura de autores que abordam o tema, para construir o alicerce da argumentação, são necessários (Martins & Theóphilo, 2009; Vergara, 2011; Vieira, 2011).

Foram realizadas buscas nas principais bases eletrônicas de dados (*Scopus*, *Ebsco*, *Web of Science* e *Spell*) e por meio do sistema do portal de periódicos da CAPES, utilizando-se os descritores: biodigestor; agricultura familiar; biogás; biofertilizante; *biodigester* e; *family farming*. Os critérios de inclusão adotados foram apenas artigos científicos publicados em inglês e/ ou português e artigos publicados em periódicos nas áreas de conhecimento, Administração, Ciências Sociais, Energia, Rural e correlatas. Como critério de exclusão, por meio da análise do resumo, foram excluídos os artigos que não se enquadraram no objetivo proposto pelo estudo e artigos que não apresentavam o texto completo, apenas resumos.

Foi realizada pesquisa descritiva e analítica para identificar e obter informações sobre as características do problema abordado e descrever comportamentos, descobrindo e medindo relações causais entre eles (Collis & Hussey, 2005). O método de coletar dados foi conduzido como observador participante, por um dos autores possuir uma pequena propriedade no local, o pesquisador foi envolvido com os participantes e os fenômenos estudados para obter a compreensão detalhada de valores, motivos e práticas daqueles que estão sendo observados (Collis & Hussey, 2005; Vergara, 2011).

O trabalho de campo foi orientado pela estratégia de estudo de caso múltiplo para analisar profunda e intensamente uma unidade social de forma comparativa (Martins e Theóphilo, 2009). Para este estudo os autores desenvolveram um questionário semiestruturado a fim de compreender o que o entrevistado usa como base para suas opiniões e visões sobre a questão proposta (Collis & Hussey, 2005; Martins & Theóphilo, 2009). A



entrevista baseou-se em três pilares descritivos e oito tópicos, conforme apresentado no construto com as referências das 25 perguntas elaboradas do questionário aplicado (Figura 5).

Pilares descritivos	Tópicos	Referências bibliográficas	Pergunta Elaborada
Características sanitárias e recursos energéticos das propriedades.	Contaminação de águas	Cavalcante (2014) Galvão Júnior (2009) Lei n. 11.445 (2007) Silva <i>et al.</i> (2013)	1. Qual é a procedência da água na propriedade?
			2. Há controle de qualidade da água? Qual empresa realiza esse controle?
			3. Qual é a profundidade conhecida do lençol freático:
	Saneamento Básico	Marques <i>et al.</i> (2012) Mota <i>et al.</i> (2015) Saiani e Tonetto (2010) Silva <i>et al.</i> (2013)	4. Qual é a destinação do esgoto da casa?
			5. Se for fossa, qual a distância da casa e posição das fontes de água?
	Fontes de energia usadas	Assis <i>et al.</i> (2015) Carvalho <i>et al.</i> (2017) Pereira (1986) Seymour (2011) Silva (1987)	6. Usa carvão? Se sim, qual o consumo/mês:
			7. Usa lenha? Se sim, qual o consumo/mês:
			8. Usa GLP (gás)? Se sim, qual o consumo/mês:
			9. Usa outros combustíveis? Qual é o consumo/mês?
			10. Possui rede elétrica? Se sim, qual o consumo/mês/custo?:
	11. Especificar os equipamentos (como gerador) existentes na propriedade:		
Produção de resíduos de animais	Geração de dejetos	Assis <i>et al.</i> (2015) Carvalho <i>et al.</i> (2014) Carvalho <i>et al.</i> (2017) Pereira (1986) Seymour (2011) Silva (1987)	12. Animais existentes na propriedade: Bovinos, Suínos, Aves, Equinos, Outros
			13. Qual é o regime de criação?
			14. Existência de Estábulos, Chiqueiros, Pocielgas, Aviários
			15. Natureza do piso das estruturas acima mencionadas:
	Destinação de dejetos	Seymour (2011)	16. Existência de esterqueira? Qual a capacidade?
	Geração e destinação de dejetos	Carvalho <i>et al.</i> (2017) Seymour (2011) Silva (1987)	17. Existem culturas da propriedade? Se sim, quais?
Intenção de investimento para biodigestor	Disponibilidade de recursos ou capacidade de investimento	Carvalho <i>et al.</i> (2017) Silva (1987)	18. Possui recursos financeiros ou financiamentos para melhorias na propriedade?
			19. Possui disponibilidade de mão de obra (pedreiro, serralheiro, encanador)?
	Conhecimento e intenção de aderência	Carvalho <i>et al.</i> (2017) Seymour (2011) Silva (1987)	20. Conhece um sistema de biodigestão?
			21. Teria interesse em implantar um sistema próprio de biodigestão?
			22. Teria disponibilidade de pessoal para manutenção e operação do biodigestor?
			23. Teria interesse em implantar um sistema compartilhado de biodigestão?
			24. Quanto você investiria para a construção de um biodigestor?
			25. Como utilizaria o biofertilizante:

**Figura 5. Construto com referências das perguntas do questionário.**

Fonte: elaborada pelo autor.

A fim de analisar a adesão pelos entrevistados sobre a instalação de um biodigestor próprio, foi apresentado como proposta de projeto aos quatro entrevistados, proprietários das



propriedades designadas como A, B, C e D o modelo de biodigestor chinês, por ser um projeto simplificado e de menor custo, como apresentado na Tabela 2.

#### 4 Resultados obtidos e análise

A propriedade A possui área de 12 hectares e os proprietários não residem no local; a propriedade B tem um morador (proprietário) e extensão de 10 hectares; a propriedade C possui 6 moradores (familiares), e área de 19 hectares; e a propriedade D é habitada por uma família de 3 pessoas e possui área de 8,5 hectares. A Figura 6 demonstra as respostas às perguntas do questionário sobre as características sanitárias e recursos energéticos das propriedades.

Perguntas	Propriedade A	Propriedade B	Propriedade C	Propriedade D
1. Procedência da água	Minas e riacho na propriedade	Poço de profundidade	Cedida por vizinho	Nascente na propriedade
2. Qualidade da água	Sem controle	Sem controle	Sem controle	Controle anual com empresa privada
3. Profundidade em metros (m) do lençol freático	Não sabe	Estimativa de 30 m	Não se aplica	Desconhece
4. Destinação do esgoto	Fossa negra	Fossa negra	Fossa negra	Fossa séptica de 3 estágios
5. Distância (m) entre a fossa e casa/ fossa e água	5 m/ 100 m	5 m/ 200 m	15 m/ 600 m	30 m/ 200 m
6. Uso de carvão (consumo/mês)	Não	Não	Não	Não
7. Lenha (gás) (consumo/mês)	0,25 m <sup>3</sup> /mês	Lenha 3 m <sup>3</sup> /mês	0,5 m <sup>3</sup> /mês	Não
8. Gás (GLP) (consumo/mês)	Não	1 botijão / 4 meses	1 botijão / mês	2 botijões / 3 meses
9. Outros (consumo/mês)	Não	Não	Diesel trator	Não
10. Rede elétrica Consumo/mês/custo	Sim 100 reais/mês	Sim 100 reais/mês	Sim 100 reais/mês	Sim 160 reais/mês
11. Equipamento gerador	Não	Não	Não	Não

**Figura 6. Primeiro bloco de respostas sobre as características sanitárias e recursos energéticos das propriedades.**

Fonte: elaborada pelos autores.

A procedência e qualidade da água são pontos essenciais na saúde humana e sanidade da pecuária (Cavalcante, 2014; Galvão Júnior, 2009; Silva *et al.*, 2013). As questões 1 e 2 demonstram que todos eles possuem nascente ou poço de profundidade dentro da propriedade ou na vizinhança, porém apenas um dos pesquisados faz controle da qualidade da água. A questão 3 mostra que há um desconhecimento sobre a profundidade do lençol freático, pois apenas um dos entrevistados citou a profundidade, a despeito de ser uma estimativa.

A falta ou ineficiência de um sistema de esgotamento sanitário é fonte de doenças e infecções em áreas urbanas ou rurais (Silva *et al.*, 2013; Saiani & Tonetto, 2010; Marques *et al.*, 2012; Mota *et al.*, 2015). A questão 3 registra que apenas um dos moradores questionados faz uso da fossa séptica, e os demais utilizam a “fossa negra”, que consiste na escavação semelhante à de um poço e toda tubulação de esgoto da residência é encaminhada para a fossa. Não há impermeabilização neste sistema, sendo assim, a parte líquida se infiltra no solo podendo causar contaminação de solo e de lençol freático.



A questão 5 demonstra preocupação com a distância entre a captação da água e o local da fossa. Distância entre a fossa e casa variou de 5 a 30 m e da fossa e fonte de água de 100 a 600 m. Tal posicionamento é importante, visto que a construção do biodigestor começa com a escolha do local onde será instalado. De acordo com Mattos e Farias (2011) ele deverá estar próximo à cozinha, mas não ao lado da casa, como nas cisternas. É preciso lembrar que a operação de um biodigestor envolve o manuseio de esterco de curral fresco. Por outro lado, se for escolhido um local muito distante da cozinha, dificultará a operação do biodigestor e pode reduzir o rendimento e eficiência em função do alongamento da tubulação de gás até a cozinha. Em geral os biodigestores devem ser construídos a 15 m de distância da casa.

As questões 6, 7, 8, 9, 10 e 11 demonstram o perfil dos pesquisados com relação as fontes de energia utilizadas; registrando que todos eles possuem energia elétrica, com um custo mensal entre R\$100,00/mês a R\$ 160,00/mês e não possuem geradores ou usam carvão e apenas o proprietário A não faz uso de GLP para cozinhar, por não residir no local.

A economia de energia em valores monetários gerados em pequenas propriedades por meio do uso do gás produzido para substituir o consumo de combustíveis convencionais como GLP, energia elétrica e lenha é um dos benefícios diretos advindos do sistema de biodigestor (Carvalho *et al.*, 2017; Silva, 1987; Pereira, 1986; Assis *et al.*, 2015; Seymour, 2011). Mattos e Farias (2011) acompanharam, no Sertão do Pajeú na região do semiárido nordestino, uma família de seis integrantes que passou a ter um biodigestor produzindo gás para cozinhar, como o resultado da parceria entre a Diaconia e o Projeto Dom Helder Camara (PDHC). Com isso, a família passou a economizar cerca de R\$ 40,00 por mês. O consumo de um botijão de gás supria apenas três semanas. Com o esterco do gado foi possível produzir gás de cozinha e biofertilizante para a plantação. A Figura 7 demonstra as respostas às perguntas do questionário sobre a produção de resíduos de animais.

Perguntas	Propriedade A	Propriedade B	Propriedade C	Propriedade D
12. Animais existentes	Bovinos 15 (por arrendamento)	Aves 20 Bovinos 15 Equino 1 Suínos 10	Aves 15 Bovinos 10 Equino 1 Suínos 0	Aves 10 a 12
13. Regime de criação	Solta	Solto (pasto) + ração	Solto (pasto) + Farelo de trigo e milho	Soltas
14. Estruturas para criação	Nenhuma	Barracão (aviário) 1 Estábulo 1 Pocilga 1	Sem estrutura (animais soltos)	Nenhuma
15. Tipo de piso	Não se aplica	Chão batido	Não se aplica	Não se aplica
16. Esterqueira (capacidade)	Não	Não possui	Não possui	Não se aplica
17. Outras culturas	Não	Mandioca subsistência	Verduras e legumes consumo e comércio	Licoeira (flores Phisalis, Hibiscos, rosas)

**Figura 7. Segundo bloco de respostas sobre produção de resíduos de animais.**

Fonte: elaborada pelos autores.

As questões 12, 13, 14 e 15 tratam da geração de dejetos na propriedade, por ser o combustível necessário para o funcionamento do biodigestor (Carvalho *et al.*, 2017; Silva, 1987; Pereira, 1986; Assis *et al.*, 2015; Seymour, 2011). Os proprietários A, B e C possuem animais, porém sem estrutura física para o aproveitamento dos dejetos, e o proprietário D não possui animais e tem uma produção de licor, por isso a plantação de flores. O proprietário B



apresenta o maior potencial gerador de resíduos em função do número (46) e variedade de animais.

Em estudos realizados por Seymour (2011), Silva (1987) e Carvalho *et al.* (2017), a destinação dos dejetos em uma esterqueira ou biodigestor é importante para o aproveitamento do esterco como fertilizante de baixo custo, entretanto não é prática e inexistem estruturas nas propriedades pesquisadas por meio das questões 16 e 17 para uso deste tipo de insumo na melhoria da fertilidade do solo.

As questões 18 e 19 (Figura 8) investigam a capacidade de recursos financeiros ou técnica para a construção de melhorias na propriedade, uma vez que este é a principal dificuldade dos pequenos produtores rurais (Silva, 1987; Carvalho *et al.*, 2017). A população selecionada não possui financiamento, com exceção do proprietário C, que faz uso do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), porém o utiliza apenas para custeio de culturas como vagem, abobrinha e hortaliças.

Perguntas	Propriedade A	Propriedade B	Propriedade C	Propriedade D
18. Possui financiamentos	Não	Não	Sim- PRONAF	Não
19. Mão de obra disponibilidade	Sim	Sim	Sim	Sim
20. Conhece o sistema de biodigestão	Sim	Ouviu falar	Não	Sim
21. Implantaria um sistema de biodigestão	Sim	Não	Não	Sim
22. Manutenção e operação do biodigestor/ disponibilidade	Sim	Não	Não	Sim
23. Interesse em sistema compartilhado de biodigestão	Não	Não	Sim	Sim
24. Quanto investiria em um biodigestor	Até R\$ 5.000,00	Nada	Nada	Até R\$ 200,00
25. Como utilizaria o biofertilizante	Nas árvores frutíferas e horticultura	Não utilizaria	Não utilizaria	Usaria o gás na licoraria e nas plantações

**Figura 8. Segundo bloco de respostas sobre intenção e investimento para biodigestor.**

Fonte: elaborada pelos autores.

A aderência ao sistema de biodigestor foi mensurada pelas questões de 20 a 25, das quais foi observado que os proprietários A e D possuem conhecimento e intenção de aderência, embora não possuam dejetos de animais para justificar o investimento, enquanto o proprietário B desconhece por completo e o C tem conhecimentos superficiais, porém ambos não julgam importante ou necessário a implantação do sistema, demonstrando até mesmo que não fariam uso de fertilizante proveniente do biodigestor.

Os dados apresentados no presente relato corroboram com os resultados de Carvalho *et al.* (2017) que demonstraram a percepção de agricultores em relação aos benefícios gerados pela instalação do modelo de biodigestor sertanejo em suas propriedades. Em todas as dimensões apresentadas pelos pesquisadores (econômica, social e ambiental), ao serem questionados em relação à possibilidade de instalação do modelo na propriedade, os agricultores foram equânimes como adeptos e contrários em relação às necessidades de trabalhos de operação e manutenção. Em relação à disponibilidade de recursos para instalação, metade dos agricultores ainda apresentou a intenção de instalação com recursos próprios (mas com média de custo menor) ou financiamento de terceiros, sem custo para o agricultor (Carvalho *et al.*, 2017).

## Conclusão



A questão ambiental não pode ser menosprezada no sistema de agricultura familiar, pois a água é considerada um patrimônio da natureza e uma riqueza do país, e sua conservação de responsabilidade de todos. O sistema de biodigestor agrega valor não só pelo fertilizante produzido a partir de dejetos, resíduos e esgoto, como também evita a contaminação do solo e das águas de superfície e de profundidade. Os benefícios sociais e ambientais são traduzidos pela redução na derrubada de árvores para queima, melhorando a qualidade de água dos mananciais e também na universalização do acesso ao saneamento básico para prevenção de doenças, em áreas rurais.

Além disso, a geração de energia por meio da produção de biogás representa uma economia para o pequeno agricultor. O emprego de biodigestores transforma os refugos de uma propriedade em bens de valor econômico, fonte de energia e melhora a fertilidade de solos pobres, sem o uso de produtos químicos ou a evasão de recursos financeiros na aquisição de adubos comerciais.

O custo de instalação de um biodigestor tipo chinês é de R\$ 2.609,00 e sua manutenção e manejo é feito de maneira simples, por não consistir de partes móveis, podendo ser realizada pelo próprio produtor rural. Apesar do baixo investimento e dos benefícios proporcionados em vários aspectos, este estudo concluiu que não houve interesse da maioria dos pequenos proprietários do município de Toledo (MG), sobre a implantação de biodigestores, pois apenas um produtor investiria no sistema. Dos quatro proprietários entrevistados, dois produtores não tem intenção de investimento e não usariam fertilizantes provenientes do biodigestor, enquanto o outro entende a importância do sistema na geração de biogás, porém não possui animais suficientes para a geração de dejetos.

Uma alternativa como proposta de futuros estudos de implantação de biodigestores na região de Toledo é a educação sobre a tecnologia de biodigestores e agregar pequenos proprietários para a construção de um biodigestor único, visto que os produtos podem ser compartilhados, como a energia e biofertilizantes. Outra proposta é a busca de parcerias com o poder público municipal no subsídio da construção de biodigestores, visto que os dejetos humanos e de animais, em áreas rurais, representam um problema de saúde pública e saneamento, dada a possibilidade de contaminação ambiental.

## Referências

- Barichello, R., Hoffmann, R., Silva, S. O. C., Deimling, M. F., & Casarotto, N. C. Filho (2015). O uso de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso do noroeste do Rio Grande do Sul. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 8(2), 333-355.
- Barros, L. S. S. (2016). Mapeamento sanitário rural do Recôncavo da Bahia. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 10(4), 604 – 652.
- B & B Engenharia Ltda. (2015). PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico e PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. *Contratante: Fundação Agência das Bacias PCJ*. Recuperado em 20 abril, 2018, de <http://www.agenciapcj.org.br/docs/pmsb-pmgirs/p7-toledo-vol1.pdf>.
- Bosco, T. C., Cosmann, N. J., Sbizarro, M., Taiatele, I., Jr. & Santos, J. S. (2016). Caracterização de águas residuárias de suinocultura provenientes de dois sistemas de tratamento. *Revista Agroambiental*, 8(3), 111-120.
- Carvalho, E. S., Neske, D. A. L., Salzer, E., & Johann, J. A. (2017). Viabilidade e benefícios de implantação de pequenos biodigestores em propriedades de agricultura familiar. In: *Anais*



- do VI SINGEP. São Paulo, São Paulo, Brasil, 13 e 14 novembro de 2017. Recuperado em 10 junho, 2018, de <https://singep.org.br/6singep/resultado/324.pdf>.
- Collis J., & Hessel, R. (2005). *Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação* (2a ed.). Porto Alegre: Bookman
- Costa, C. C., & Guilhoto J. J. M. (2014). Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19 (spe), 51-60.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2016). Temas. Saneamento básico rural. Recuperado em 12 abril, 2018, de <https://www.embrapa.br/tema-saneamento-basico-rural>.
- Fundação Nacional de Saúde e Ministério da Saúde (2017). Panorama do Saneamento Rural no Brasil. Recuperado em 23 junho, 2018, de <http://www.funasa.gov.br/panorama-do-saneamento-rural-no-brasil>.
- Galvão, A. C. Jr. (2009). Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. *Revista Panamericana de Salud Publica*, 25(6), 548–56.
- Garfí, M., Martí-Herrero, J., Garwood, A., & Ferrer, I. (2016). Household anaerobic digesters for biogas production in Latin America: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 599–614.
- Gomes, T., & Raiher, A. (2013). Viabilidade econômica da produção de biogás de dejetos suínos: um estudo de caso. *Revista Ciências Administrativas*, 19(2), 776–815.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015). Trabalho e Rendimento. Recuperado em 20 abril, 2018, de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/toledo/panorama>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). População. Recuperado em 20 abril, 2018, de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/toledo/panorama>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). Portal de mapas. Recuperado em 20 abril, 2018, <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa101432>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2006). Censo Agropecuário. Recuperado em 20 abril, 2018, de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/toledo/pesquisa/24/65644>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (2015). Recuperado em 13 junho, 2018, de <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2015/default.sh> tm.
- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (2013). Sistema Nacional de Cadastro Rural Índices Básicos de 2013. Recuperado em 20 abril, 2018, de [http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/indices-cadastrais/indices\\_basicos\\_2013\\_por\\_municipio.pdf](http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/indices-cadastrais/indices_basicos_2013_por_municipio.pdf).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017). Estimativas de População. Toledo (MG). Recuperado em 20 junho, 2018, de <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=o-que-e>.
- Kageyama, A. (2004). Desenvolvimento rural: conceito e medida. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 21 (3), 379-408.
- Lei n. 8.629, de 25 de fevereiro de 1993* (1993). Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal. Diário Oficial da União. Brasília, DF. Recuperado em 20 abril, 2018, de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/18629.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18629.htm).
- Lei n. 11.445, de 05 de janeiro de 2007* (2007). Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União. Brasília, DF. Recuperado em 20 abril, 2018, de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm).
- Marcato, S. M., & Lima, G. J. M. M. (2005). Efeito da restrição alimentar como redutor do poder poluente dos dejetos de suíno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34 (3), 855-863.
- Marin, M. Z., Bley, C. J. Jr., & Gonzales, R. H. A. (2016). Espaços Rurais: além dos alimentos, a vocação energética. *Boletim de Geografia*, 34(3), 63–80.



- Marques, E. G., Link, D., Uberti, L. F.G., & Nishijima, T. (2012). Educação ambiental e inclusão de tecnologia social para saneamento básico em propriedades de agricultores familiares. *Revista Monografias Ambientais*, 10(10), 2101-2114.
- Martins, G. A., & Theóphilo, C. R. (2009). *Metodologia da investigação científica para Ciências Sociais Aplicadas* (2a ed.). São Paulo: Editora Atlas
- Matos, A. T., Vidigal, S. M., Sediya, M. A. M., Garcia, N. C. P., & Ribeiro, M. F. (1998). Compostagem de resíduos orgânicos, utilizando-se águas residuárias da suinocultura como fonte de nitrogênio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2 (2), 199-203.
- Mattos, L. C., & Farias, M. J. (2011). Manual do biodigestor sertanejo. Projeto Manejo Sustentável de Terras no Sertão. Recife: Projeto Dom Helder Camara, p. 55.
- Montoro, S., Santos, D., & Júnior, J. L. (2013). Análise Econômica de Investimentos que visam a produção de biogás e biofertilizante por meio de biodigestão anaeróbia na bovinocultura de corte. *Revista Eletrônica Mestrado em Administração*, 5 (2), 23–34.
- Mota, J. J. P., Souza, C. D. S. S., & Silva, A. C. (2015). Saneamento básico e seu reflexo nas condições socioambientais da zona rural do Baixo Munim (MA). *Caminhos de Geografia*, 16 (54), 140-159.
- Nogueira, R. E. G., Damin, S., Maggi, M. F., Lima, A. S., & Jadoski, S. O. (2015). Destinação dos resíduos sólidos de atividade agropecuária e riscos de poluição ambiental em comunidade do município de Cascavél – Paraná. *Brasilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*, 8 (3), 93-101.
- Pereira, M. F. (1986). *Construções rurais*. São Paulo: Nobel.
- Santos, E. L., Barbosa, J. H., Melo, M. J., Pereira Júnior, D. A., Medeiros, C. S., & Santos, I. V. S. (2017). Uma alternativa energética e ambientalmente sustentável ao agricultor familiar: dia de campo sobre biodigestores rurais. *Diversitas Journal*, 2(1), 32-38.
- Seixas, J., Folle, S., & Marchetti, D. (1981). *Construção e funcionamento de biodigestores*. Brasília, DF: EMBRAPA
- Seymour, J. (2011). *Guia prático de autossuficiência* (6a ed.). São Paulo: WMF Martins Fontes.
- Shikida, P., Junges, D. M., Kleinschmitt, S. C., & Silva, J. R. (2008). *Análise econômico-financeira da implantação de biodigestores no município de Toledo – Paraná*. Apresentado no XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Rio Branco, AC, Brasil.
- Silva, N. A. (1987). *Construção e operação de biodigestor – modelo chinês* (3a ed.). Brasília: Embrater.
- Silva, A. R., & Cirani, C. B. S. (2016). Viabilidade Econômica e Benefícios ambientais de tecnologia aplicada a biodigestores em empresas processadoras de mandioca no Paraná. *Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios*, 9, 22–53.
- Smith, M. T., Schroenn G. J., & Blignaut, J. N. (2014). The financial and economic feasibility of rural household biodigesters for poor communities in South Africa. *Waste Management*, 34 (2), 352–362.
- Vergar, S. C. (1998). *Projetos e relatórios de pesquisa em administração* (2a ed.). São Paulo: Editora Atlas.
- Vieira, J. G. (2011). *Metodologia de pesquisa científica na prática*. Curitiba: Editora Fael.