



Fl.: Proc.: 222-GUANDU/15
Rubrica:

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO ENGENHARIA

PROJETO DE PESQUISA

Potencialidade do biogás gerado a partir resíduos agrícolas característicos da Bacia
Hidrográfica do Guandu

Proponente: Juliana Lobo Paes
Orientado: Giancarlo Bruggianesi

SEROPÉDICA - RJ
AGOSTO – 2014

1.0 Introdução

A Bacia Hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim faz parte da bacia contribuinte à Baía de Sepetiba, a qual se encontra a oeste da bacia da Baía de Guanabara, no Estado do Rio de Janeiro. Esta bacia ocupa uma área total de cerca de 1.900 km², abrange 12 municípios e destaca-se principalmente devido à transposição de até 180 m³ s⁻¹ das águas da Bacia do rio Paraíba do Sul para a Bacia do Guandu (TUBBS FILHO et al., 2012), servindo de fonte da água para abastecimento humano e para diversos setores produtivos (CASTRO; FERREIRINHA, 2012).

No entanto, a região apresenta grandes desafios a serem enfrentados no que tange ao gerenciamento dos seus recursos hídricos, principalmente os oriundos do uso dos recursos naturais da bacia e sua ocupação. Além de problemas como a intrusão salina e a mineração de areia que degrada a bacia a vários anos, tem-se como fator agravante o lançamento de carga poluidora sem tratamento prévio nos corpos d'água (CASTRO; FERREIRINHA, 2012).

A Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, que abrange os municípios Seropédica, Itaguaí e entre outros, recebe rejeitos de origem domésticos, industriais, rurais e do efluente da estação de tratamento de água (ETA) do complexo do Guandu. Este último lança uma quantidade considerável de resíduos de origem inorgânica e metálica. No entanto, apenas uma parcela pouco significativa desses rejeitos recebe algum tipo de tratamento, tendo como destino final a Baía de Sepetiba.

No que tange a dejetos agrícolas de Seropédica e Itaguaí, ao considerar a quantidade de estabelecimentos agropecuários presente nesses municípios, as principais fontes poluidoras são de origem bovina, equino e suíno (IBGE, 2006). Essas ações promovem a degradação dos ecossistemas aquáticos da bacia com a entrada cada vez maior de carga orgânica no sistema e, consequentemente contribuindo para a degradação do rio (FERREIRA; CUNHA, 2005).

Em virtude das dificuldades quanto a destinação adequada as cargas poluidoras, vários países têm pesquisado alternativas para disposição final desses resíduos. Os processos mais frequentemente empregados para a estabilização desses resíduos compreendem as digestões aeróbia e anaeróbia (DUARTE et al., 2008).

A utilização de biodigestores anaeróbios apresenta-se como uma forma de aproveitamento de resíduos e dejetos humano ou animal que, normalmente, não possui nenhum valor comercial, convertendo-o em biogás e biofertilizante.

Assim, a implantação de biodigestores em comunidades carentes e agrícolas compõe as bases para o desenvolvimento sustentável, pois produz biogás para própria comunidade,

bem como disponibiliza biofertilizante com características essenciais de agente condicionador de solo e da planta. Em soma, do ponto de vista social, antes de sua construção faz-se na comunidade um trabalho de educação ambiental, utilizando mão-de-obra local.

2.0 Identificação do tema prioritário escolhido e justificativa

O presente projeto enquadra-se, segundo o Planejamento de Investimentos (ANEXO I) do Edital AGEVAP Nº 002/2014 – Auxílio à Pesquisa para Elaboração de Estudos, no Componente 1 Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos – Subcomponente 1.4 Assistência e Apoio Técnico – Programa 1.4.1 Apoio a Alternativas de Desenvolvimento Sustentável.

O uso de energias renováveis é uma alternativa capaz de melhorar a gestão dos recursos econômicos das comunidades rurais, reduzir problemas ambientais pelos rejeitos humanos e animais e evitar problemas à saúde humana em razão da contaminação do meio ambiente. Em soma a esses fatores, contribui para a estabilização dos níveis de consumo dos recursos naturais.

A implantação de biodigestores em propriedades rurais conduz na redução do potencial tóxico dos dejetos humanos e animais e resíduos agrícolas, proporcionando maior conforto e permitindo dispor de um combustível prático e barato que tanto poderá ser usado para fins de cocção, calefação e iluminação, como ainda para acionar pequenos motores.

No entanto, pesquisas científicas e de extensão, bem como programa de divulgação com a finalidade de ressaltar a eficiência e potencialidade da implantação de biodigestores em comunidades agrícolas que compõe as Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, Guarda e Guandu-Mirim devem ser feitas com o intuito de conscientizar e compensar a sociedade em geral e em especial daqueles que vivem da agricultura familiar às práticas sustentáveis.

Ao considerar a realidade das propriedades rurais, onde os resíduos são muitas vezes descartados de forma conjunta, vê-se a necessidade de estudos sobre a potencialidade da mistura dos diferentes dejetos a fim de demonstrar a proporção em que há maior produção de biogás.

Dessa forma, objetiva-se neste projeto estudar a potencialidade do biogás da mistura dos dejetos agrícolas de origem bovino e suíno gerados na região de abrangência da Bacia Hidrográfica do Guandu.

3.0 Objetivos

3.1 Objetivo geral

Analisar o processo de biodigestão anaeróbia dos resíduos agrícolas característicos das propriedades rurais localizada no Município de Seropédica e Itaguaí, visando à produção do biogás, que servirá como fonte energética.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Construir um sistema de biodigestão anaeróbica dos resíduos agrícolas;
- ✓ Estudar o comportamento da biodigestão anaeróbica da mistura dos dejetos agrícolas;
- ✓ Determinar a proporção da mistura dos dejetos ideal para produção de biogás;
- ✓ Determinar o tempo de retenção hidráulica da mistura dos dejetos ideal para produção de biogás; e
- ✓ Avaliar o efluente gerado de cada proporção da mistura dos dejetos.

4.0 Metas

O projeto de pesquisa tem por meta oferecer a oportunidade de treinamento de recursos humanos especializados envolvendo estudantes de graduação (estagiários e bolsistas de iniciação científica) e pós graduação (mestrado) com ou sem qualquer vínculo financeiro com a atual proposta. Pretende-se com os conhecimentos a serem adquiridos repassá-los para comunidade, produtores rurais, cooperativas e a pesquisadores, por meio de palestras e trabalhos apresentados em congressos, encontros, seminários em território nacional e internacional.

Dessa forma, a proposta da pesquisa poderá resultar em importantes contribuições tanto para comunidade acadêmica quanto extensão. A interação entre pesquisadores, alunos, comunidade e produtores rurais, bem como estudo do processo de biodigestão anaeróbia dos resíduos agrícolas característicos das atividades agrícolas exercidas na região de abrangência da Bacia Hidrográfica Guandu, visando à produção do biogás, é de extrema importância para a implantação de biodigestores em propriedades rurais.

5.0 Localização, em mapa da bacia hidrográfica, da região onde o projeto será desenvolvido

O experimento será realizado nas dependências do Instituto de Tecnologia – Departamento de Engenharia e no Instituto de Agronomia – Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). O sistema de biodigestão anaeróbico serão montados na área experimental do Departamento de Engenharia. As análises no biogás e no afluente e efluente serão realizadas no Laboratório de Eletrificação Rural e Energias Alternativas do Departamento de Engenharia. Conforme apresentado na Figura 1, a região de abrangência do projeto consiste nos municípios de Seropédica e Itaguaí, localizados do Estado do Rio de Janeiro. Nessa região de estudo há abrangência do Rio Guandu e Rio da Guarda pertencentes a Bacia Hidrográfica do Guandu. No entanto, embora o foco de estudo seja apenas nesses dois municípios, nada impede sua aplicação em regiões que compõe a Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim.

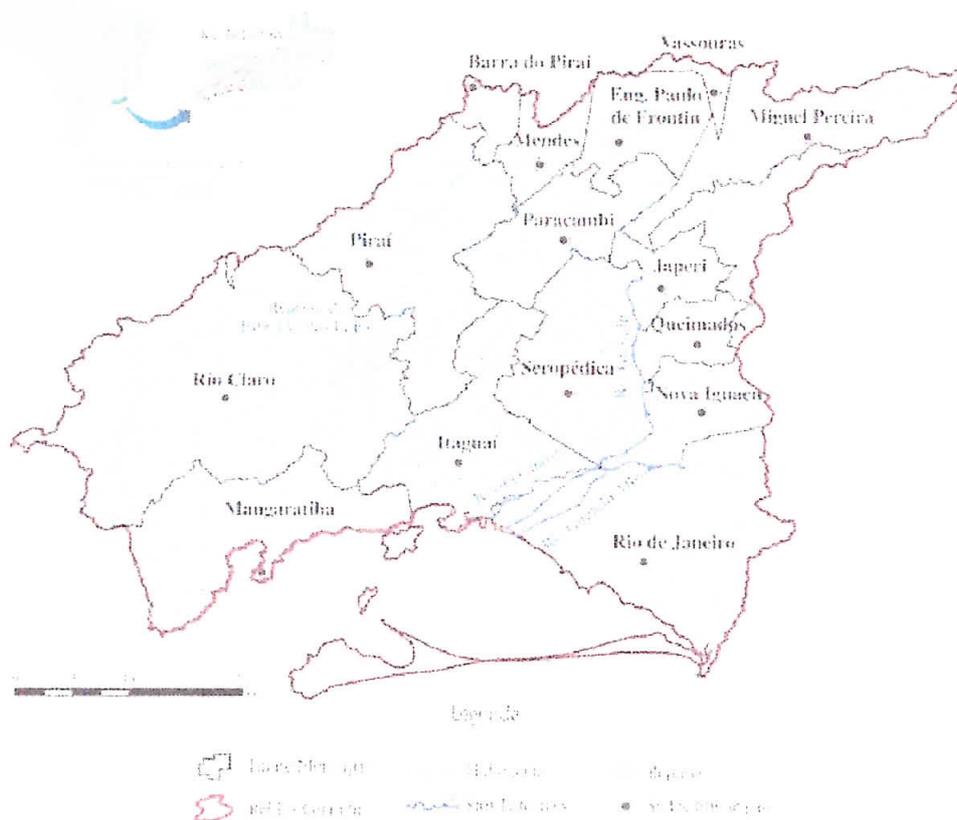


Figura 1. Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

Fonte: Adaptado de Comitê Guandu (2014)

6.0 Revisão bibliográfica

O processo de biodigestão em biodigestores representa uma alternativa para o tratamento de resíduos, visto que permite a redução do potencial poluidor e dos riscos sanitários dos dejetos ao mínimo. Além de, gerar o biogás, utilizado como fonte de energia renovável e permitir a reciclagem do efluente por meio da produção de biofertilizante (AMARAL et al., 2004).

A utilização de biodigestores contribui para a integração das atividades agropecuárias, aproveitando o resíduo agrícola que recebe pouco ou nenhum valor comercial. A partir daí é proporcionado aumentos na produção agrícola e energia para a transformação dos produtos, agregando valor e melhorando a logística de comercialização (FERNANDES; TESTEZLAF, 2002).

Analisando o tratamento conjunto de resíduos humanos e suínos em biodigestor, observou-se a redução dos níveis de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e coliformes fecais. Em soma, matéria orgânica solúvel ou em suspensão, durante a sua degradação, tem capacidade de liberar os nutrientes presentes na sua constituição, evidenciando assim características positivas do material estudado em termos de fertilidade (SILVA et al., 2012).

Em sistema de tratamento biológico anaeróbio e aeróbio com dejetos de suíno realizado por Angonese et al. (2006), observou-se expressivas reduções de DBO, DQO, Sólido Totais (ST) e Sólidos Voláteis Totais (SVT) para o efluente resultante do biodigestor. Esses resultados indicam a eficiência em reduzir e estabilizar a matéria orgânica dos dejetos de suínos utilizados em seu experimento.

O biogás é um produto resultante da biodigestão anaeróbica de dejetos animais, resíduos vegetais e de lixo orgânico industrial ou residencial no interior de biodigestores (DEGANUTTI et al., 2002). Sua composição típica é de 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de uma mistura de nitrogênio, ácido sulfídrico, hidrogênio, amônia, monóxido de carbono, amins voláteis e oxigênio (SOUZA et al., 2005).

A ideia de produção de biogás em propriedades rurais, independente de suas dimensões, está relacionada a proporcionar maior conforto ao rurícola. Este fato ocorre por dispor ao produtor um combustível prático e barato que tanto poderá ser usado para fins de calefação e iluminação, como ainda para acionar pequenos motores estacionários de combustão interna. Contribuir para a preservação do meio ambiente pela produção desse gás

consiste na reciclagem de dejetos e resíduos orgânicos poluentes (DEGANUTTI et al., 2002), prática que está sendo cada vez mais visada como ação sustentável.

Em estudo realizado por Esperancini et al. (2007) avaliaram-se os benefícios referentes ao fornecimento de energia elétrica e térmica, a partir do biogás, para cinco domicílios da agrovila de um assentamento e para as atividades produtivas do local. As economias de energia observadas no sistema demonstraram que o montante de benefícios é superior ao fluxo de custos anuais decorrentes da implantação do equipamento, evidenciando assim a viabilidade econômica da implantação de biodigestores com uso de dejetos animais.

O biofertilizante é o produto final da fermentação da matéria orgânica no biodigestor e atua nutricionalmente sobre o metabolismo vegetal. Por possuir alta atividade microbiana e bioativa, é capaz de proporcionar maior proteção e resistência à planta contra agentes externos, atuando também na ciclagem de nutrientes no solo (MEDEIROS et al., 2003).

O uso indiscriminado de fertilizantes minerais, tanto em sistemas convencionais de cultivo quanto em sistemas de cultivo sem solo, pode causar sérios danos ao meio ambiente e provocar uma escassez precoce de muitas reservas naturais de alguns nutrientes para a agricultura (VILLELA JUNIOR et al., 2007). Como alternativa, o emprego de insumos de origem orgânica na formulação de soluções nutritivas para cultivo pode ser uma técnica viável (MENEZES JÚNIOR et al., 2004).

A contribuição para a sustentabilidade de uma pequena propriedade agrícola através da utilização de efluente de biodigestor como matéria-prima para composição de substratos foi retratado por Villela Júnior et al. (2003). Esses autores demonstram que a adição do efluente à areia proporcionou crescimento vegetativo mais rápido, maior precocidade na colheita, frutos mais pesados e maior produtividade à cultura do meloeiro.

7.0 Metodologia

O experimento será realizado em protótipos de biodigestores de bancada, sendo o sistema de abastecimento em batelada. Como matéria prima serão utilizadas misturas de dejetos de bovino e suíno na proporção de 1:4 de bovino, 1:1 de bovino e suíno e 1:4 de suíno. Os biodigestores serão abastecidos com a matéria prima diluída em água com teores de sólidos totais em torno de 8% (afluente).

Os dejetos de suíno e bovino serão coletados em locais da região de Seropédica e/ou Itaguaí que mantém os animais em confinamento. Na avaliação da seleção do local de coleta será levado em consideração o sistema de manejo do animal e da limpeza das instalações e a

disposição final dos dejetos. A coleta será efetuada por raspagem dos dejetos contidos no piso das baias.

Amostras do afluente e efluente dos biodigestores serão caracterizados por meio das análises de sólidos totais, sólidos voláteis, condutividade elétrica e pH, de acordo com os procedimentos da Embrapa (2009).

As determinações dos teores de sólidos totais serão realizadas retirando-se o teor de água das amostras, dos afluentes e dos efluentes para quantificação da matéria seca em porcentagem (%MS). As amostras serão levadas à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C até atingirem peso constante.

Para a determinação dos sólidos voláteis, as amostras já secas em estufa, resultantes da determinação de sólidos totais, serão acondicionadas em cadinhos de porcelana e levadas a mufla onde foram submetidas à temperatura de 575 °C por um período de 2 h.

As medidas de condutividade elétrica serão realizadas através de leitura direta em condutivímetro de bancada digital Tecnon, utilizando as soluções padrão 1412 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para calibração do equipamento.

As medidas de pH serão realizadas através de leitura direta em pHmetro de bancada digital Tecnon, utilizando as soluções tampão pH 4,0 e pH 7,0, para calibração do equipamento.

7.1 Biodigestores de bancada

Inicialmente serão construídos biodigestores constituídos, basicamente, por três cilindros retos de policloreto de polivinila (PVC) com mesmo comprimento (0,30 m) e diâmetro diferentes. Cada biodigestor será composto por uma câmara de biodigestão e gasômetro. A câmara servirá para acondicionar o substrato e gasômetro para armazenar e quantificar o biogás gerado. Como câmara de biodigestão será utilizado um tubo fechado por conexão CAP, ambos em PVC com diâmetro de 0,10 m, com capacidade de 0,0023 m³. Uma mangueira de silicone será acoplada a este tubo e conectado a um manômetro de coluna d'água. Antes de começar a produção de biogás, o nível de água em ambos os lados do manômetro permanecerá o mesmo, ou seja, a diferença de pressão inicial em cada sistema será nula.

O gasômetro será montado com tubo e CAP em PVC com diâmetro de 0,15 m. No CAP será conectado, por meio de um septo de borracha, uma mangueira de silicone para a coleta do biogás produzido.

A câmara de biodigestão estará inserida no interior do gasômetro, de tal forma que o espaço existente entre a parede externa do cilindro interior e a parede interna do cilindro exterior comporta um volume de água (“selo de água”).

O sistema câmara de biodigestão e gasômetro estarão inseridos no interior de um tubo com diâmetro de 0,20 m preenchido com água, para servir de suporte para o gasômetro flutuar proporcionar condições anaeróbias e armazenar o gás produzido.

Assim, para o funcionamento do gasômetro será adotado o sistema flutuante. Por este sistema, à medida que ocorre a produção de biogás, há deslocamento na direção vertical do gasômetro. Esse deslocamento será medido por uma regra graduada que se encontrará fixa ao gasômetro; os valores de deslocamento serão utilizados posteriormente no cálculo do volume de biogás produzido.

7.2 Análises do biogás

O potencial de produção de biogás será determinado em função de sua produção diária, índice de explosividade e concentração de metano (CH_4), sulfato de hidrogênio (H_2S), monóxido de carbono (CO) e oxigênio (O_2).

O volume de biogás produzido diariamente será determinado pelo produto do deslocamento vertical do gasômetro e sua área da seção transversal interna. A correção do volume de biogás para as condições de 1 atm e 20 °C será efetuada com base no trabalho de Caetano (1985). A medida de pressão será obtida por meio de um manômetro de coluna d'água.

Após cada leitura, será medido o Índice de Explosividade (% LEL) do biogás gerado por meio de Explosímetro Digital Portátil.

A produção total de biogás de cada biodigestor será relacionada com as quantidades de substrato e de sólidos totais e sólidos voláteis adicionados nos biodigestores. Os valores serão expressos em m^3 de biogás por kg de substrato de sólidos totais e de sólidos voláteis adicionados.

Por último será realizado o teste de queima, o qual consiste na verificação de queima ou não do biogás proveniente dos biodigestores em batelada para detecção de presença ou não de metano em quantidade suficiente para manter uma chama. Os testes serão realizados por meio de um Bico de Bunsen, cuja mangueira era acoplada à saída de gás do biodigestor. Se ao

colocar fogo no Bico de Bunsen a chama continuasse acesa, confirmava-se a queima. Após a detecção da mesma, este teste não mais será necessário, sendo efetuado, portanto, apenas no início do processo.

Finalizado a coleta de dados, o gasômetro será esvaziado utilizando-se o registro de descarga do biogás. O experimento será realizado em três unidades experimentais, ou seja, para cada proporção de dejetos suíno/bovino serão utilizados 3 protótipos.

7.3 Análise estatística

Para a avaliação dos resultados referentes ao ensaio de biodigestão anaeróbia da mistura entre dejetos de suínos e bovinos, em três proporções diferentes será adotado delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial, constando de 3 tratamentos (3 proporção de misturas de dejetos e 3 repetições (biodigestores)), com comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. Os resultados das variáveis obtidas serão submetidos à análise de variância utilizando o programa estatístico Statistica.

8.0 Resultados esperados

- ✓ Agregar valor à atividade existentes em propriedades rurais tornando-a mais competitiva;
- ✓ Redução do impacto ambiental dos resíduos agrícolas com seu uso para fins energéticos;
- ✓ Comprovar a eficiência do uso de biodigestores para a geração de biogás;
- ✓ Indicar a proporção da mistura dos dejetos ideal para produção de biogás;
- ✓ Indicar o tempo de retenção hidráulica ideal da mistura dos dejetos para produção de biogás;
- ✓ Caracterizar o efluente gerado de cada proporção da mistura dos dejetos; e
- ✓ Servir de modelo para a implantação de um biodigestor para as comunidades carentes e agrícolas.

9.0 Referências bibliográficas

AMARAL, C.M.C.; AMARAL, L.A.; LUCAS JÚNIOR, J.; NASCIMENTO, A.A.; FERREIRA, D.S.; MACHADO, M.R.F. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros

submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. *Ciência Rural*, v.34, p.1897-1902, 2004.

ANGONESE, A.R.; CAMPOS, A.T.; CUNHA, F.; MATSUO, M.S.; ZACARIM, C.E. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v.10, p.745-750, 2006.

CAETANO, L. Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás. 1985. 75 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade Ciências Agrárias e Veterinárias, Botucatu.

CASTRO, C.M.; FERREIRINHA, M.M.A problemática ambiental na bacia hidrográfica do rio Guandu: desafios para a gestão dos recursos hídricos. *Anuário do Instituto de Geociência*, v. 35, p. 71-77, 2012 .

COMITÊ GUANDU – Região Hidrográfica. Disponível em: <http://www.comiteguandu.org.br/hidrografica.php> Acesso em: 15 de agosto de 2014.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, M.C.J.P.; ROSSI, M.; TAVARES, R.; SANTOS, C. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada.. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. Anais... Campinas, 2002. p. 1-5

DUARTE; E.R.; ALMEIDA, A.C.; CABRA, B.L.; ABRÃO, F.O.; OLIVEIRA, L.N. Análise da contaminação parasitária em compostos orgânicos produzidos com biossólidos de esgoto doméstico e resíduos agropecuários. *Ciência Rural*, v. 38, p. 1279-1285, 2008.

ESPERANCINI, M.S.T.; COLEN, F.; BUENO, O.C.; PIMENTEL, A.E.B.; SIMON, E.J. Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo. *Engenharia Agrícola*, v. 27, p. 110-118, 2007.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, 2009. 370p.

FERNANDES, A.L.T.; TESTEZLAF, R. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, p.45-50, 2002.

FERREIRA, A.; CUNHA, C. Sustentabilidade ambiental da água consumida no Município do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Panamericana de Salud Publica*, v. 18, p. 93-99, 2005

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Censo Agropecuário 2006. 2006. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 29/05/2013.

MEDEIROS, M.B.; WANDERLEY, P.A.; FRANKLIN, F.; FERNANDES, F.S.; ALVES, G.R.; DANTAS, P.; CORDÃO, R.P.; XAVIER, W.M.R.; LEAL NETO, J.S. Uso de

biofertilizantes líquidos no manejo ecológico de pragas agrícolas. In: Encontro Temático Meio Ambiente e Educação Ambiental da UFPB, 2., 2003, João Pessoa. Anais... João Pessoa, 2003. p.19-23.

MENEZES JUNIOR, F.O.G.; MARTINS, S.R.; FERNANDES, H.S. Crescimento e avaliação nutricional da alface cultivada em -NFT- com soluções nutritivas de origem química e orgânica. Horticultura Brasileira, Brasília, v.22, p.632-637, 2004.

SILVA, W.T.L.; NOVAES, A.P.L.; KUROKI, V.; ALMEIDA, L.F.; MAGNONI JÚNIOR, M.L. Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbio para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola. Química Nova, v.35, p.35-40, 2012.

SOUZA, C.F.; LUCAS J.J.; FERREIRA W.P.M. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato: Considerações sobre a partida. Engenharia Agrícola, v.25, p.530-539, 2005.

TUBBS FILHO, D.; ANTUNES, J.C.O.; VETTORAZZI. Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim/Comitê da Bacia Hidrográfica Guandu. Rio de Janeiro: INEA, 2012. 340 p.

VILLELA JUNIOR, L.V.E.; ARAÚJO, J.A.C.; FACTOR, T.L. Estudo da utilização do efluente de biodigestor no cultivo hidropônico do meloeiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 7, p.72-79, 2003.

VILLELA JUNIOR, L.V.E.; ARAUJO, J.A.C.; BARBOSA, J.C.; PEREZ, L.R.B. Substrato e solução nutritiva desenvolvidos a partir de efluente de biodigestor para cultivo do meloeiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 11, p. 152 – 158, 2007.