

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

RAFAEL ALVES DAS NEVES

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E VIABILIDADE ECONÔMICA DE FITOMASSA EM
BIODIGESTOR DE PRODUÇÃO DESCONTÍNUA**

CHAPADINHA - MA

2019

RAFAEL ALVES DAS NEVES

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E VIABILIDADE ECONÔMICA DE FITOMASSA EM
BIODIGESTOR DE PRODUÇÃO DESCONTÍNUA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a coordenação do Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Maranhão como requisito indispensável para a obtenção do título de Engenheiro Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Gregori da Encarnação Ferrão

Coorientadora: Ma. Isabela Cristina Gomes Pires

CHAPADINHA - MA

2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Neves, Rafael Alves das.

Eficiência energética e viabilidade econômica de
fitomassa em biodigestor de produção descontínua / Rafael
Alves das Neves. - 2019.

26 f.

Coorientador(a): Isabela Cristina Gomes Pires.

Orientador(a): Gregori da Encarnação Ferrão.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola,
Universidade Federal do Maranhão, CHAPADINHA-MA, 2019.

1. Biodigestão anaeróbica. 2. Energia renovável. 3.
Resíduos vegetais. I. Ferrão, Gregori da Encarnação. II.
Pires, Isabela Cristina Gomes. III. Título.

TCC defendido e aprovado, em _____ de _____ de _____, pela Comissão Examinadora constituída pelos professores:

BANCA EXAMINADORA

Gregori da Encarnação Ferrão (orientador)
Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP)
Professor Adjunto da Universidade Federal do Maranhão

Washington da Silva Sousa
Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP)
Professor Adjunto da Universidade Federal do Maranhão

Isabela Cristina Gomes Pires (coorientadora)
Mestra em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP)

ÍNDICES DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1: Etapas do processo de biodigestão anaeróbia.	8
Figura 2: Biodigestores de produção descontínua (A) e Materiais utilizados na confecção dos biodigestores (B).	12
Figura 3: Capim-elefante (A) e <i>Ixora coccínea</i> (B)..	12
Figura 4: Medidor de produção de biogás (A) e medidor de pH e temperatura (B)... ..	12

GRÁFICOS

Gráfico 1: Variação da produção de biogás (m ³) em função do tempo em dias para o capim-elefante (A) e <i>Ixora</i> (B).	15
Gráfico 2: Variação da produção de biogás em função da temperatura interna (°C) do efluente nos biodigestores alimentados com o capim-elefante (A) e <i>Ixora</i> (B).	16
Gráfico 3: Variação da produção de biogás em função do pH do efluente nos biodigestores alimentados com o capim-elefante (A) e <i>Ixora</i> (B).	17

QUADROS

Quadro 1: Orçamento de materiais utilizados na construção de biodigestores de produção descontínua.	18
--	----

TABELAS

Tabela 1: Potencial de geração de biogás a partir de resíduos vegetais.	10
Tabela 2: Características dos resíduos vegetais.	14
Tabela 3: Medições de produção de biogás do capim-elefante e <i>Ixora</i>	15
Tabela 4: Análise econômico-financeira dos cenários delimitados.	19

RESUMO

A humanidade vem se mobilizando na busca por tecnologias alternativas aos combustíveis fósseis, sobretudo, para produção de energia limpa, fontes de recursos renováveis e com baixo custo. Neste contexto, objetivou-se analisar a eficiência energética do capim-elefante e resíduos de poda de jardim em biodigestores anaeróbicos e avaliar sua viabilidade econômica. O estudo foi conduzido nos meses de agosto/2017 a março/2019 no campus de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão. Foram construídos 6 biodigestores de produção descontínua de 30 litros cada, para o processo de biodigestão anaeróbica o tempo de retenção hidráulica foi de 30 dias. A análise estatística foi do tipo descritiva para eficiência energética e de correlação estatística para relacionar temperatura e pH com a produção de biogás. A partir do fluxo de caixa com a produção do biogás, realizou-se a análise de viabilidade econômica por meio do Valor Presente Líquido (VPL) e Payback para dois cenários distintos: A = receita com a conversão de biogás em botijão de gás liquefeito do petróleo e B = receita com a conversão de biogás em energia elétrica. Constatou-se produção mensal acumulada de biogás de 0,0119 m³, evidenciando-se correlação positiva entre o aumento da temperatura com pico de produção de biogás, corroborando com outros estudos. Entretanto, o pH apresentou correlação negativa com a produção de biogás. O custo para implantação dos 6 biodigestores foi de R\$ 473,10, o projeto apresentou Payback descontado de 5 anos, bem como VPL de R\$ 57,61 com fluxo de caixa de entradas superior ao fluxo de caixa de saídas para o cenário A. Conclui-se que os resíduos de poda de jardim apresentaram maior eficiência energética do que os resíduos de capim-elefante, sendo que o projeto se mostrou viável quanto ao aspecto econômico somente para o cenário A.

Palavras-chave: Biodigestão anaeróbica. Energia renovável. Resíduos vegetais.

ABSTRACT

Humanity has been mobilized in the search for alternative technologies to fossil fuels, mainly for the production of clean energy, sources of renewable resources and with low cost. In this context, the objective was to analyze the energy efficiency of elephant grass and garden pruning residues in anaerobic biodigestors and to evaluate their economic viability. The study was conducted in the months of August / 2017 to March / 2019 on the Chapadinha campus of the Federal University of Maranhão. Six biodigestors of discontinuous production of 30 liters each were constructed, for the anaerobic biodigestion process the hydraulic retention time was of 30 days. The statistical analysis was of the descriptive type for energy efficiency and of statistical correlation to relate temperature and pH to biogas production. From the cash flow with the biogas production, the economic viability analysis was performed by means of the Net Present Value (NPV) and Payback for two distinct scenarios: A = revenue from the conversion of biogas into liquefied gas oil and B = revenue from the conversion of biogas into electricity. A monthly accumulated biogas production of 0, 0119 m³ was observed, evidencing a positive correlation between the increase in temperature with peak biogas production, corroborating with other studies. However, pH had negative correlation with biogas production. The cost for the implementation of the 6 biodigestors was R \$ 473.10, the project presented a 5-year discounted Payback, as well as a NPV of R \$ 57.61 with inflow of inflows higher than the outflow cash flow for scenario A . It was concluded that garden pruning was more energy efficient than elephant grass residues, and the project was feasible for the economic aspect only for scenario A.

Key words: Anaerobic Biodigestion. Renewable energy. Vegetable waste.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 OBJETIVO	7
2.1 Geral.....	7
2.2 Específicos	7
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1 Biodigestor anaeróbico	7
3.2 Eficiência energética de resíduos vegetais.....	9
3.3 Viabilidade econômica	10
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
4.1 Descrição da área de estudo	11
4.2 Procedimento de estudo	11
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5.1 Caracterização dos resíduos vegetais.....	14
5.2 Eficiência energética dos resíduos vegetais.....	15
5.3 Temperatura	16
5.4 pH.....	17
5.5 Viabilidade econômica	18
6 CONCLUSÕES	20
7 RECOMENDAÇÕES.....	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação do poder público e coletividade com problemáticas de ordem ambientais referentes às atividades do setor agrícola incentivam a busca por alternativas de energia limpa, sendo que a questão energética assume um caráter de desafio para os países em desenvolvimento, pois, países como o Brasil, ainda não conseguiu atender às necessidades elementares de grande parte de sua nação, paralelamente, a disposição inadequada dos resíduos orgânicos acarreta em diversos impactos ambientais negativos no sistema solo, hídrico e atmosférico. Assim, é possível que o desafio de minimizar os impactos causados com a geração de resíduos de origem animal e vegetal produzidos pelo setor agrícola, seja superado pelo processo de biodigestão anaeróbia (LEITE, 1997).

Esta alternativa é considerada uma opção ecologicamente correta, viável tecnicamente e economicamente para a destinação dos resíduos orgânicos. E baseia-se no tripé da sustentabilidade levando-se em consideração as questões econômicas, sociais e ambientais (BARBIERI, 2007), além dos dispositivos legais brasileiros como no art. 225 da Constituição Federal do Brasil¹ (BRASIL, 1988) e Art. 9 da Política Nacional de Resíduos Sólidos² (BRASIL, 2010).

Apesar de existirem diversos processos para o tratamento destes resíduos, a biodigestão anaeróbia se mostra uma alternativa eficiente por ser um processo de tratamento no qual a matéria orgânica é degradada até a forma de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) em condições anaeróbias (DEMIRER; CHEN, 2005).

Dessa forma, como subproduto do processo de biodigestão anaeróbica obtém-se o biogás e o biofertilizante, cuja produção deste último, além de contribuir para amortizar o custo de instalação da tecnologia, soluciona o problema de saneamento da disposição de resíduos orgânicos no meio ambiente (DHANALAKSHMI; RAMANUJAM, 2012).

Em relação ao biogás, trata-se de uma mistura gasosa com potencial combustível, composta, principalmente, por metano (CH₄) e gás carbônico (CO₂), que podem ser utilizado na geração de energia elétrica pela queima do biogás em turbinas, microturbinas e em motores do ciclo Otto e diesel, devidamente adaptados, sendo considerada uma fonte energética limpa

¹ Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

² Art. 9. Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

e apropriada ao uso em propriedades rurais, ao passo que o biofertilizante trata-se de um fertilizante natural rico em nitrogênio (CALZA *et al.*, 2015).

Recentemente, pesquisadores têm utilizado produtos e resíduos agrícolas como biomassa na geração do biogás (SOUZA *et al.*, 2010). Os resíduos vegetais como materiais lignocelulósicos estão entre os compostos mais abundantes presentes na natureza e apresentam grande potencial na produção de biogás (CREMONEZ *et al.*, 2013). Entretanto, na literatura brasileira há poucos trabalhos (13%) referentes a pesquisas de eficiência energética a partir de resíduos vegetais quando comparado aos trabalhos com resíduos animais (87%) (MARTINS FILHO *et al.*, 2018).

2 OBJETIVO

2.1 Geral

- Construção de biodigestor de produção descontínua, análise de sua eficiência energética a partir do capim-elefante e de resíduos de poda de jardim (*Ixora coccínea*) e sua viabilidade econômica no campus de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão.

2.2 Específicos

- Construção do biodigestor de produção descontínua em ambiente anaeróbico;
- Verificar a eficiência energética do capim elefante e *Ixora coccínea* no biodigestor de produção descontínua para as condições de temperatura da região;
- Mensurar os custos de confecção do biodigestor utilizado na produção biogás;
- Estimar as receitas com a produção de biogás a partir do capim elefante e *Ixora coccínea*;
- Verificar a viabilidade econômica da geração de biogás por meio dos indicadores: VPL e Payback.

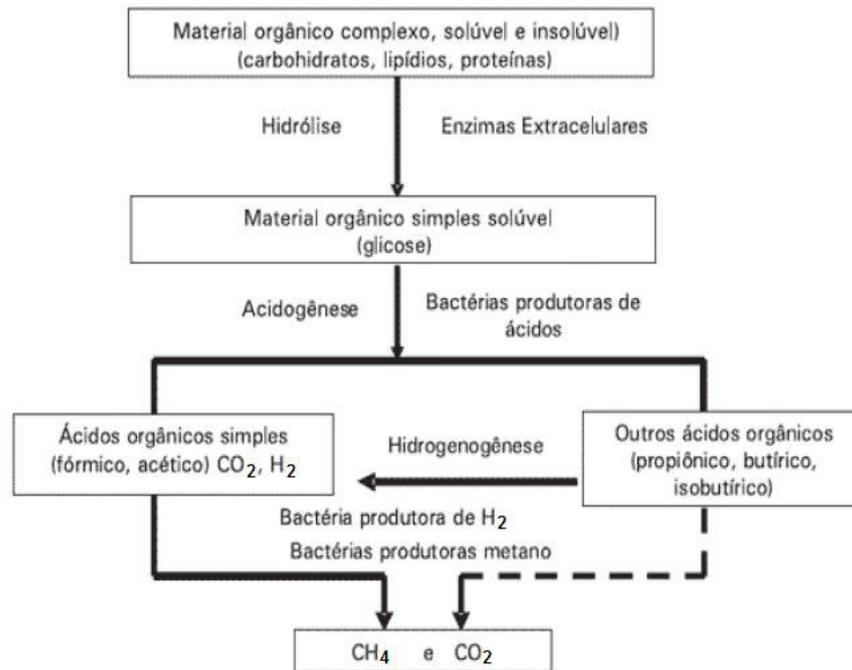
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Biodigestor anaeróbico

A biodigestão anaeróbia é o processo que ocorre a partir da ação de microrganismos anaeróbios, ou seja, na ausência de oxigênio, interagindo e proporcionando a transformação de compostos orgânicos complexos, em compostos mais simples, dessa forma a produção de biogás ocorre de forma natural (SILVA, 2016; CREMONEZ *et al.*, 2013). O

processo de biodigestão anaeróbia ocorre por meio de quatro etapas diferentes: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (CREMONEZ *et al.*, 2013) (Figura 1).

Figura 1: Etapas do processo de biodigestão anaeróbia.



Fonte: CREMONEZ, 2013.

A hidrólise consiste na quebra das cadeias carbônicas de proteínas, lipídios e carboidratos em compostos mais simples como aminoácidos, açúcares, glicerol e ácidos graxos (CREMONEZ *et al.*, 2013). Na fase de acidogênese, os compostos gerados na hidrólise são convertidos em ácidos sendo estes o ácido acético, dióxido de carbono, ácidos graxos (KARAGIANNIDIS, 2012). Em seguida ocorre a conversão de ácidos graxos em ácido acético, liberando hidrogênio e CO₂ denominando-se acetogênese. Por último ocorre a metanogênese que é a fase em que ocorre a produção de gás metano (ABBASI *et al.*, 2012).

O biogás tem origem na biodegradação anaeróbia da matéria orgânica, existente nos resíduos sólidos orgânicos, a partir da mistura gasosa de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) (SANTOS *et al.*, 2013).

Desse modo, o biodigestor pode ser descrito como sendo um tanque no qual a biomassa é inserida, adicionando-se água na ausência de oxigênio, ocorrendo a degradação da matéria orgânica em meio anaeróbio, no qual o resultado é a produção de biogás e

biofertilizante como subproduto da biodigestão anaeróbia (BARROS JÚNIOR *et al.*, 2016; BAUNGRATZ *et al.*, 2013).

Em um biodigestor mesofílico, o processo de biodigestão ocorre em condições normais de temperatura ambiente, numa escala mais ampla a temperatura mesofílica ideal para o processo de biodigestão anaeróbica compreende a faixa entre 20 e 40°C. Conforme aumenta-se a temperatura maior será a atividade metabólica das bactérias, conseqüentemente, maior a produção de biogás. (CREMONEZ *et al.*, 2013).

Ressalta-se que as condições de pH é também um dos fatores importantes para o processo de biodigestão anaeróbica, sendo a faixa ideal de pH para tal processo compreende a faixa de 6,8 a 7,5. Portanto, condições de pH mais próximas a neutralidade favorecem ao aumento da produção de biogás (FORESTI, 1998).

3.2 Eficiência energética de resíduos vegetais

A biodegradação de resíduos vegetais é caracterizado por ser um processo dificultado pela presença de lignina em suas estruturas, dessa forma, para a realização do aproveitamento energético desses resíduos por meio de rota bioquímica (biodigestão anaeróbica), faz-se necessário utilizar alguma técnica de pré-tratamento dos resíduos nas quais pode-se citar técnicas de caráter físico, físico-químico, químico e enzimático, sendo estas empregadas com intuito de favorecer a degradação dos resíduos vegetais (CREMONEZ *et al.*, 2013; COSTA *et al.*, 2014).

A partir desse contexto, pode-se inferir sobre o fato de os resíduos da produção vegetal não se apresentarem tão atraentes quanto os de origem animal para biodigestão, devido à possibilidade de se utilizar de restos culturais para fins que demandam de menos trabalho, através de técnicas como a adubação verde e cobertura morta dentre outras (MARTINS FILHO *et al.*, 2018).

Entretanto, estima-se que 1 kg de resíduo vegetal é capaz de produzir 0,04 m³ de biogás (EMBRAPA, 2017). Souza *et al.* (2010) ao analisarem o potencial de resíduos da produção de banana, constataram o rendimento máximo de 0,244 m³_{cntp} Kg⁻¹ST (sólidos totais) em biodigestor de bancada empregando-se substrato *in natura*. Leite *et al.* (2003) estudaram a biodigestão de resíduos orgânicos vegetais, oriundos de centrais de abastecimento e feiras livres em biodigestor modelo batelada (descontínuo) e obtiveram 1,2 m³ de biogás em 270 dias.

Em um estudo de revisão sistemática de literatura feito por Martins Filho *et al.* (2018) tem-se a eficiência energética dos diferentes tipos de resíduos de origens vegetais disponíveis na literatura nacional (Tabela 1).

Tabela 1: Potencial de geração de biogás a partir de resíduos vegetais.

Fonte	Substrato	Eficiência (m ³ kg ⁻¹)	³ TRH (dias)
Sganzerla (1983)	Palha de feijão	0,38	-
Sganzerla (1983)	Palha de soja	0,30	-
Souza <i>et al.</i> (2010)	Banana	0,244	35
Leite <i>et al.</i> (2003)	Feira livre	0,00090771	270
Embrapa (2017)	Resíduos vegetais	0,04	-

³ TRH: tempo de retenção hidráulica.

Fonte: Martins Filho. *et al* (2018) adaptado.

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schumj*) é uma gramínea que possui como características uma alta produção de biomassa, boa adaptação aos diversos tipos de solos e boa aceitação pelos animais (CÓSER *et al.*, 2000). Essa espécie é bastante eficiente na fixação de CO₂ da atmosfera pelo processo de fotossíntese o que garante alta produtividade, por isso o capim-elefante despertou o interesse de pesquisas para o viés energético, através da queima de sua biomassa (SANTOS *et al.*, 2014).

A *Ixora coccínea* é uma espécie vegetal originária da Malásia e comumente utilizada para jardinagem sendo do tipo arbustiva terrestre (MENEZES; HARDOIM, 2013). Plantas ornamentais como a *Ixora* compõem jardins de bastante moradores de áreas urbanas no Brasil (SIVIERO *et al.*, 2014), para fins estéticos a espécie é podada com frequência e isso resulta em grandes quantidades de resíduos de vegetais gerados.

3.3 Viabilidade econômica

A análise econômico-financeira, em um projeto de investimento é qualquer atividade produtiva de vida útil limitada, na qual implique na mobilização de recursos e bens de produção em momento determinado, com intuito de agregar recursos futuros provindos da produção, sendo pressuposto a possibilidade de quantificar monetariamente os insumos e produtos associados ao projeto (NORONHA; DUARTE, 1995).

Portanto, é importante realizar uma análise de viabilidade econômica e financeira de um projeto, pois, favorecerá além de analisar a capacidade do projeto em gerar valor agregado suficiente para satisfazer adequadamente o capital empregado, avaliar se dado projeto contribuirá para pagar também os compromissos assumidos inicialmente no financiamento (SAMANEZ, 2010).

Destaca-se o Valor Presente Líquido (VPL) como importante ferramenta empregada na realização de análise de viabilidade econômico-financeira para projetos agropecuários, pois, com esta ferramenta é possível considerar o valor do dinheiro no tempo, dessa forma desconta o fluxo de caixa a uma taxa mínima de atratividade específica, ou seja, custo de oportunidade ajustado ao risco do ativo (MACEDO *et al.*, 2007).

Ao passo que o Período de Recuperação do Investimento (Payback) também é uma ferramenta e/ou técnica econômico-financeira que irá predizer o tempo necessário para se recuperar o investimento inicial, destacando que o período de tempo máximo difere de investidor para investidor, sendo que períodos de tempo menor para a recuperação do capital investido são sempre preferidos (MACEDO, 2005).

Na literatura brasileira, 13% dos trabalhos referente à biodigestão anaeróbica com uso de biodigestores abordam temáticas quanto à análise de viabilidade econômico-financeira, como os trabalhos de QUADROS *et al.*, 2015; AVACI *et al.*, 2013; MARTINS & OLIVEIRA, 2011; CERVI *et al.*, 2010; COLDEBELLA *et al.*, 2009; ESPERANCINI *et al.*, 2007 (MARTINS FILHO *et al.*, 2018).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado no mês de agosto de 2017 a março de 2019, conduzido no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, situado no município de Chapadinha-MA na região do Alto Munim, que possui coordenada geográfica de 3°44' S e de 43°21' O, altitude de 105 m e uma área de 3.247 km². O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical quente e úmido (Aw), com temperatura média anual superior a 27,9 °C e precipitação pluvial média anual de 1.835 mm (IBGE, 2017).

A região é caracterizada por duas estações no ano, uma chuvosa entre os meses de janeiro a maio (inverno) e uma seca ao longo de junho a dezembro (verão), sendo que os meses de outubro e de novembro têm a maior temperatura do ano com média de 29,3 °C (PASSOS *et al.*, 2016).

4.2 Procedimento de estudo

Foram construídos 6 biodigestores de produção descontínua (batelada) com capacidade de 30 litros cada (Figura 2A), sendo os materiais utilizados para confecção de dispositivo de saída de gás e biofertilizante foram: níquel roscável, flange, válvula de gaveta, tê

com saída roscável, espigão macho de meia polegada e veda rosca (Figura 2B). Sendo que esses materiais foram orçamentados e adquiridos no próprio comércio de Chapadinha-MA.

Figura 2: Biodigestores de produção descontínua (A) e Materiais utilizados na confecção dos biodigestores (B).



Fonte: Próprio autor, 2018.

A carga orgânica interna de cada biodigestor foi formulada na seguinte proporção: 1 kg de esterco bovino, 2 kg de massa seca de fitomassa (capim-elefante e *Ixora*) e 13 litros de água, totalizando 23 % de teor de sólidos totais. O processo de biodigestão anaeróbica se deu por meio da retenção hidráulica do capim-elefante e resíduo de poda (Figura 3) por 30 dias (16/06/2018 a 16/07/2018), sendo utilizados 3 biodigestores para cada tipo de resíduo.

Figura 3: Capim-elefante (A) e *Ixora coccínea* (B).



Fonte: Próprio autor, 2018.

A priori realizou-se a determinação do teor de matéria seca (MS) e por meio de análise laboratorial realizou-se também a determinação da relação carbono nitrogênio (C/N) dos resíduos. A eficiência energética a partir da biodigestão de ambos os resíduos foi obtida por meio de um equipamento de medição da produção de biogás da LAO (Figura 4A), sendo essa produção medida em intervalos de tempo de três dias durante o tempo de retenção

hidráulica (TRH) estipulado (30 dias). Utilizou-se ainda de um equipamento multiparâmetro para medir pH e temperatura da carga orgânica interna do biodigestor (Figura 4B), com intuito de relacionar essas variáveis com a produção de biogás, sendo que esses dados (pH e temperatura) foram medidos 3 vezes, uma no início, meio e final (1º, 15º e 30º dia) da realização do experimento.

Figura 4: Medidor de produção de biogás (A) e medidor de pH e temperatura (B).



Fonte: Próprio autor, 2018.

Para a eficiência energética utilizou-se a análise estatística do tipo descritiva e por meio do método de correlação estatística pelo software Excel 2010. E para avaliação da viabilidade econômica, a receita foi estimada a partir da produção do biogás gerado, compondo assim o fluxo de caixa, sendo posteriormente, feito o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) (Equação) e do Período de Recuperação do Investimento ou Playback simples e descontado levando-se em consideração dois cenários: A = receita com a conversão de biogás em botijão de gás liquefeito do petróleo (GLP) e B = receita com a conversão de biogás em energia elétrica.

$$VPL = -CF_0 + \sum \frac{CF_j}{(1+TMA)^j} > 0 \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (\text{Equação})$$

Onde:

VPL – Valor presente líquido;

CF_0 - Fluxo esperado de benefícios futuros;

TMA - Taxa mínima de atratividade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização dos resíduos vegetais

Anualmente, com a realização das atividades de podas de jardim do campus do CCAA/UFMA estima-se que são geradas, aproximadamente, 2 toneladas por ano de resíduos de *Ixora*, sendo realizadas doze podas por ano, os resíduos são depositados em área verde no próprio campus, sendo esta a destinação final dada aos mesmos (NEVES *et al.*, 2018).

A determinação de matéria seca (MS) permite comparar e compreender a composição de fibras e umidade presente nos vegetais. Conforme Silva (2002), o princípio da determinação de MS consiste, basicamente, na eliminação da umidade do material através de secagem artificial utilizando estufa com circulação forçada de ar. A partir da determinação de MS realizada nos resíduos vegetais estudados, observa-se que a *Ixora* apresenta aproximadamente 10% mais água que o capim-elefante e menor teor de matéria seca (Tabela 2).

Tabela 2: Características dos resíduos vegetais.

Biomassa	Matéria Seca (%)	Água (%)	Relação C/N
Capim elefante	39,13	60,87	13
<i>Ixora</i>	28,30	70,70	20

Fonte: Próprio autor, 2018.

Dessa forma, talvez a *ixora* seja uma biomassa menos lignocelulósica quando comparado com o capim-elefante, portanto, a tendência é que a biodigestão do capim-elefante seja dificultada, pois, o processo de biodigestão é dificultado devido sua composição que afere resistência a degradabilidade de biomassa lignocelulósica, sendo tal dificuldade atrelada à presença da lignina que reveste a celulose e a hemicelulose, que são os principais carboidratos de interesse, limitando assim a velocidade da taxa de hidrólise no processo de biodigestão de biomassa lignocelulósica (CREMONEZ *et al.*, 2013).

Para um melhor processo de biodigestão ressalta-se que o valor ótimo para relação C/N está entre 20 e 30, pois, o nitrogênio e carbono existente na biomassa são os principais nutrientes que alimentam as bactérias que produzem o biogás (SGANZERLA, 1983), logo a relação carbono e nitrogênio também é fator crucial no processo de biodigestão, haja vista que o nitrogênio é um elemento requerido durante a síntese de proteínas para os organismos vivos (CREMONEZ *et al.*, 2013). Desse modo, a *Ixora* possui característica de favorecer ao

processo de biodigestão por está dentro da faixa ótima quanto à relação C/N, contudo, percebe-se que a relação C/N do capim-elefante está bem abaixo da faixa ideal.

5.2 Eficiência energética dos resíduos vegetais

A eficiência energética foi obtida através do volume de biogás produzido, que por sua vez foi avaliado de forma quantitativa para os resíduos avaliados. Obteve-se consideráveis valores em produção de biogás acumulado para ambos os resíduos avaliados, sendo de 0,0047 m³ e 0,0072 m³ para capim-elefante e *Ixora* respectivamente (Tabela 3).

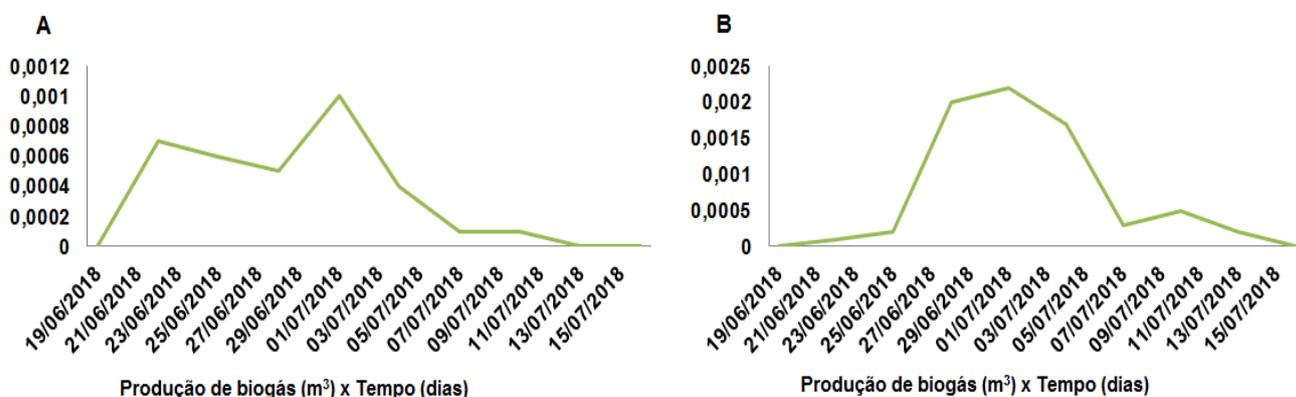
Tabela 3: Medições de produção de biogás do capim-elefante e *Ixora*.

Dias	Produção de biogás (m ³) Capim-elefante	Produção de biogás (m ³) <i>Ixora</i>
19/06/2018	0,0000	0,0000
22/06/2018	0,0008	0,0001
25/06/2018	0,0008	0,0002
28/06/2018	0,0008	0,0020
01/07/2018	0,0013	0,0022
04/07/2018	0,0006	0,0017
07/07/2018	0,0003	0,0003
10/07/2018	0,0001	0,0005
13/07/2018	0,0000	0,0002
16/07/2018	0,0000	0,0000
Valor acumulado	0,0047	0,0072

Fonte: Próprio autor, 2018.

A partir das informações da tabela 3, é possível observar a evolução da produção de biogás no biodigestor durante 30 dias em intervalos de 3 dias. Por meio dos dados apresentados, observa-se a variação da produção de biogás em função do tempo em dias para ambos os resíduos avaliados (Gráfico 1).

Gráfico 1: Variação da produção de biogás (m³) em função do tempo em dias para o capim-elefante (A) e *Ixora* (B).



Fonte: Próprio autor, 2018.

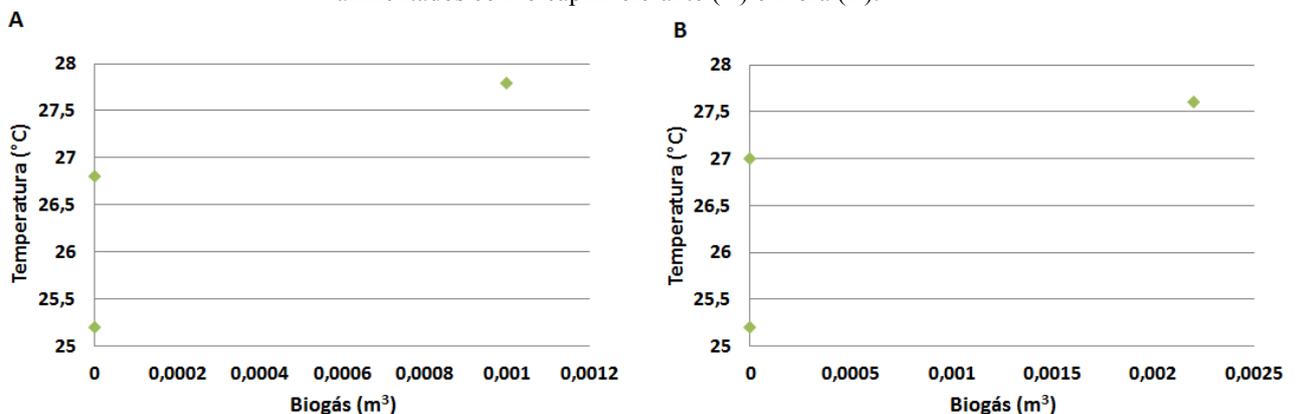
Constata-se que ocorreu um pico de produção de biogás no 13º dia (01/07/2018) para ambos os resíduos chegando aos valores de 0,0013 e 0,0022 m³ de biogás para o capim-elefante e *Ixora* respectivamente (Gráfico 1), indicando que nesse momento o processo de biodigestão se encontrava em sua quarta etapa denominada metanogênese em que ocorre a produção de metano pela conversão do ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono (CREMONEZ *et al.*, 2013). Sendo esses seus máximos valores de produção dentro do TRH estipulado, a partir daí a produção de ambos diminui tendendo a zero, pois o biodigestor implementado é de produção descontínua, indicando que a matéria orgânica disponível utilizada como carga orgânica já teria sido consumida.

Este estudo corrobora parcialmente com os resultados de Leite *et al.* (2010) que ao estudarem a produção de biogás em um biodigestor de produção descontínua com capacidade de 20 litros a partir da retenção hidráulica de esterco bovino por 12 dias, constataram que com decorrer dos dias a produção de biogás vai acumulando até atingir o seu valor máximo, a partir daí a produção diminui tendendo a zero.

5.3 Temperatura

A temperatura exerce importante papel no processo de biodigestão anaeróbica, pois com o aumento da temperatura houve um pico de produção de biogás para ambos os resíduos, possivelmente indicando a fase da metanogênese em que há produção de metano, enquanto que quando a temperaturas interna dos biodigestores se encontrava abaixo da temperatura de pico de produção (27,8 °C e 27,6°C) para o capim-elefante e *Ixora* respectivamente, ocorreu redução acentuada na produção de biogás de ambos (Gráfico 2).

Gráfico 2: Variação da produção de biogás em função da temperatura interna (°C) do efluente nos biodigestores alimentados com o capim-elefante (A) e *Ixora* (B).



Fonte: Próprio autor, 2018.

Em estudo parecido com este, Leite *et al.* (2010) ao avaliarem a produção de biogás em função da temperatura em biodigestor de produção descontínua constataram que com aumento da temperatura interna dos biodigestores houve maior produção de biogás, entretanto, os mesmos autores notaram que com a redução da temperatura houve simultaneamente a desaceleração na produção de biogás, corroborando com este estudo.

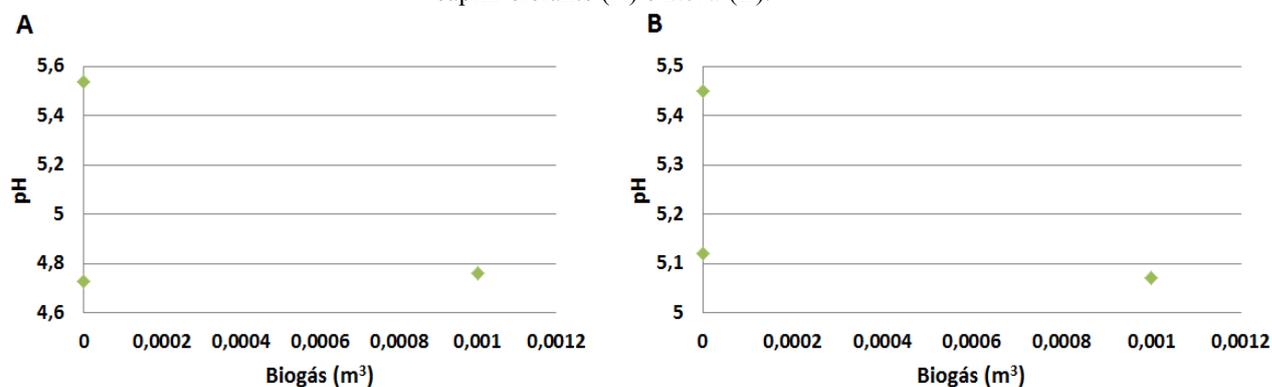
As variáveis temperatura e produção de biogás possuem correlação estatística positiva, pois, à medida que ocorre o aumento da temperatura existem significativas possibilidades de aumentar a produção de biogás para ambos os resíduos, sendo a correlação de 0,7250 e 0,6933 para o capim-elefante e *Ixora* respectivamente, mostrando que essas variáveis tem grande influência entre si como constatado também por outros estudos (LEITE *et al.*, 2010).

5.4 pH

Constatou-se para ambos os resíduos nas condições de pH de 4,76 e 5,07 para o capim-elefante e *Ixora*, respectivamente, que houve um pico de produção de biogás, em contrapartida, nas condições de pH de 4,73 e 5,54 e pH de 5,12 e 5,45 para o capim-elefante e *Ixora*, respectivamente não houve produção (Gráfico 3). Ressalta-se que a faixa ideal de pH para o processo de biodigestão anaeróbica compreende a faixa de 6,8 a 7,5 no qual valores de pH mais próximos a neutralidade favorecem a produção de biogás.

Por meio de uma análise de correlação estatística constatou-se que as variáveis pH e produção de biogás para os resíduos de capim-elefante e *Ixora* possuem correlação estatística negativa, pois, apresentam correlação de - 0,6185 e - 0,6011 respectivamente nas condições deste estudo.

Gráfico 3: Variação da produção de biogás em função do pH do efluente nos biodigestores alimentados com o capim-elefante (A) e *Ixora* (B).



Fonte: Próprio autor, 2018.

Este resultado foi contrário ao que a literatura diz a respeito da influência do pH na produção de biogás, pois diversos autores afirmam que as atividades enzimáticas das bactérias em meios ácidos ocorrem de forma dificultada, entretanto, quando em meio significativamente alcalino o processo de fermentação favorece a produção de anidrido sulfuroso e hidrogênio (MOURA, 2012).

Entretanto, para as condições deste estudo não se pode afirmar que em valores de pH mais próximos a neutralidade favoreceram ao processo de biodigestão anaeróbica, devido ao fato de não existir na literatura trabalhos conclusivos quanto ao tempo de retenção hidráulica (TRH) adequada para resíduos provenientes de biomassa lignocelulósica. Pois, sabe-se que o processo de biodigestão anaeróbica de biomassa lignocelulósica é afetado pela presença da lignina, dessa forma há influencia direta na produção de biogás (CREMONEZ *et al.*, 2013).

Portanto, acredita-se que em virtude da difícil degradabilidade da biomassa lignocelulósica talvez fosse necessário um maior TRH para que ocorram todas as etapas do processo de biodigestão anaeróbica, com intuito de explicar a variação de produção de biogás em função do pH do efluente.

5.5 Viabilidade econômica

A implantação de biodigestores de produção descontínua (batelada) com capacidade para 30 litros mostrou-se adequada as necessidades específicas deste estudo, além disso, esse tipo de biodigestor apresenta baixo custo de implantação (Quadro 1).

Quadro 1: Orçamento de materiais utilizados na construção de biodigestores de produção descontínua.

Materiais	Preço/Unidade	Quantidade	Total preço	
Bombona	R\$ 50,00	6	R\$ 300,00	R\$ 473,10
Registro rosqueado	R\$ 5,80	12	R\$ 69,60	
Espigão macho	R\$ 7,50	6	R\$ 45,00	
Nípel	R\$ 1,00	18	R\$ 18,00	
Tê de redução	R\$ 3,00	6	R\$ 18,00	
Veda rosca	R\$ 1,50	15	R\$ 22,50	

Fonte: Próprio autor, 2018.

Dessa forma, pode-se constatar que o custo para implantação de seis biodigestores do tipo batelada com capacidade de 30 litros cada foi de R\$ 473,10. Em contrapartida, o custo

para construção e operação de um biodigestor de produção contínua (modelo canadense), por exemplo, varia de R\$ 2.104,00 a R\$ 7.266,00, dependendo de sua capacidade, ou seja, quanto maior a sua capacidade em litros maior seria os custos de implantação e operação do biodigestor (CALZA *et al.*, 2015).

Portanto, somando-se a produção mensal acumulada de biogás de ambos os resíduos obteve-se o valor de 0,0119 m³ (0,00040 m³ dia⁻¹), o equivalente 0,160 botijões de 13 kg de GLP ao mês, correspondente a, aproximadamente, 2 botijões de GLP ao ano, ao considerar o valor comercial de um botijão (R\$ 70,00) em Chapadinha resultou em R\$ 140,00. Esta mesma produção de biogás (0,0119 m³) equivale a 0,0860 kW/h de eletricidade por mês ou 1 kW/h de eletricidade ao ano, considerado o valor tarifado de R\$ 0,56091 kW/h pela companhia elétrica do estado do Maranhão (CEMAR), tem-se um rendimento de R\$ 0,56 ao ano, pois 1 m³ de biogás é equivalente a um botijão de 13 Kg de GLP (gás liquefeito do petróleo ou gás de cozinha) e 7 kW/h de eletricidade (LEITE *et al.*, 2010).

A partir dos custos de construção e operação dos biodigestores e estimativa de receitas com a produção do biogás, obteve-se o VPL e o período de recuperação econômica do investimento (Payback), considerando a vida útil do projeto há 5 anos e custo de oportunidade a 10% para dois cenários distintos: cenário “A” considerando apenas a receita com botijão de GLP e cenário “B” considerando a receita com a conversão do biogás em energia elétrica (Tabela 4).

Tabela 4: Análise econômico-financeira dos cenários delimitados.

Cenários	Receita anual (R\$)	VPL	Payback simples	Payback descontado
A	R\$ 140,00	R\$ 57,61	4 anos	5 anos
B	R\$ 0,56	-R\$ 470,98	- 1 ano	- 1 ano

Fonte: Próprio autor, 2018.

A partir da tabela 4, é possível constatar que o cenário A se apresentou como o cenário viável quanto ao aspecto econômico-financeiro, pois, apresentou Payback simples de 4 anos e Payback descontado de 5 anos. Ao passo que ao estimar a vida útil do projeto há 5 anos e custo de oportunidade a 10%, constatou-se um valor de VPL positivo de R\$ 57,61 indicando que o fluxo de caixa de entradas é superior ao fluxo de caixa de saídas em R\$ 57,61, evidenciando-se a viabilidade econômica deste projeto para tal cenário.

Em contrapartida, o cenário B mostrou-se inviável do ponto de vista econômico-financeiro devido ter apresentado VPL negativo, bem como Payback (simples e descontado) negativo (Tabela 4). Dessa forma, constata-se que essa alternativa de produção de energia sustentável mostrou-se viável quanto ao aspecto econômico-financeiro somente para o cenário A.

6 CONCLUSÕES

A construção e operação de biodigestores de produção descontínua se mostraram satisfatória atendendo as necessidades específicas pré-estabelecidas, possibilitando a constatação de maior eficiência energética para os resíduos de poda de jardim (*Ixora coccínea*) em comparação ao capim-elefante.

Entretanto, a partir do viés econômico-financeiro levando-se em consideração a produção de biogás, o presente projeto consegue se pagar a um prazo determinado de 5 anos por meio de cálculo do Payback descontado, bem como, o projeto apresentou saldo positivo em relação ao dinheiro no tempo por meio do VPL, mostrando-se viável no aspecto econômico para o cenário A (considerando a receita com a conversão de biogás em botijão de GLP), sendo considerado inviável economicamente para o cenário B (ao considerar a receita coma conversão de biogás em energia elétrica).

7 RECOMENDAÇÕES

Em virtude dos principais pontos explorados neste estudo, evidenciou-se que o principal gargalo quanto à montagem e operação de biodigestores está em manter o sistema completamente anaeróbico, desta forma recomenda-se ter muito cuidado na impermeabilização no momento da montagem e pós-montagem dos protótipos. Ressalta-se que o sistema montado para este estudo ficou totalmente anaeróbico, devido aos cuidados tomados, sobretudo, quanto ao encaixe adequado dos componentes da parte superior dos protótipos.

Entretanto, devido à presença de lignina na estrutura da biomassa vegetal avaliada a qual afere resistência a degradabilidade das mesmas, faz-se necessário se pensar em aumentar o tempo de retenção hidráulica da carga orgânica dos biodigestores com intuito de analisar se de fato estão ocorrendo todas as etapas do processo de biodigestão anaeróbica, a fim de obter uma análise mais conclusiva acerca da influencia do pH do efluente na produção de biogás.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASI, T.; et al. **Biogas Energy**. 1st ed. New York, USA: Springer, 2012.

AVACI, A. B.; SOUZA, S. N. M.; CHAVES, L. I.; NOGUEIRA, C. E. C.; NIEDZIALKOSKI, R. K.; SECCO, D. Avaliação econômico-financeira da microgeração de energia elétrica proveniente de biogás da suinocultura. **Rev. bras. eng. agríc. ambient**, Campina Grande, v.17, n.4, p.456-462, 2013.

BAUNGRATZ, K. L.; OLIVEIRA, J. B.; SLONGO, N.; FRIGO, E. P.; ZANON, E. Produção de biogás a partir de biomassa residual. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, p. 1-13, 2013.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo, - 2. ed. Saraiva, 2007.

BARROS JÚNIOR, A. P.; REIS NETO, A. F.; ALVES, S. G.; RODRIGUES, G. G. Produção de biogás e biofertilizante a partir de dejetos de origem animal. In: **V Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos III Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos**, 2016.

BRASIL. Lei 12.305 (2010). Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 22 dez. 2018.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 10 jun. 2019.

CALZA, L. F.; LIMA, C. B.; NOGUEIRA, C. E. C.; SIQUERIA, J. A. C.; SANTOS, R. F. Avaliação dos Custos de Implantação de Biodigestores e da Energia Produzida pelo Biogás. **Revista Engenharia Agrícola**. Jaboticabal. v. 35, n. 6, p. 990-997, 2015.

CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. C. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica. **Eng. Agríc**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 831-844, 2010.

COLDEBELLA, A.; SOUZA, S. N. M.; FERRI, P.; KOLLING, E. M. Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Informe GEPEC**, v. 12, n. 2, p. 44-55, 2009.

CÓSER, A.C; MARTINS, C.E.; DERESZ, F. **Capim-elefante: formas de uso na alimentação animal**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite. 2000. 27p.

COSTA, A.G.; PINHEIRO, F.G.C.; PINHEIRO, G.C.; SANTOS, A. B.; SANTAELLA S.T.; LEITÃO, R.C.. Geração de metano a partir de resíduos lignocelulósicos oriundos da produção do biocombustível: revisão. **Revista DAE**, São Paulo, n. 194, p. 36-51, 2014.

CREMONEZ, P. A.; FEIDEN, A. ; ZENATTI, D. C. ; CAMARGO, M. P. ; ROSSI, E. ; NADALETI, W. C.; ANTONELLI, J. . Biodigestão anaeróbia no tratamento de resíduos lignocelulósicos. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Paraná, v. 2, p. 21-35, 2013.

DEMIRER, G. N.; CHEN, S. Two-phase anaerobic digestion of unscreened dairy manure. **Process Biochemistry**, Irlanda, v.40, n.4, p.3.542-3.549, 2005.

DHANALAKSHMI, S. V.; RAMANUJAM, R. A. Biogas generation in a vegetable waste anaerobic digester: An analytical approach. **Research Journal of Recent Sciences**, v.1, n.3, p.41-47, 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Agroenergia**. Disponível em: < <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fj06suh302wyiv802hvm3ja3fm10a.html> >. Acesso em: 24 mar. 2017.

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. **Eng. Agríc**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 110-118, 2007.

FORESTI, E. **Notas da aula de Processos e Operações em Tratamento de Resíduos SHS-705**. Pós Graduação em Hidráulica e Saneamento na Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos. 1998.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Vamos conhecer o Brasil**. Disponível em: < <http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/biomas.html> >. Acesso em: 06 abr. 2017.

KARAGIANNIDIS, A. **Waste to Energy**: opportunities and challenges for developing and transition economies. 1st ed., London: Springer. 2012.

LEITE, L.H. M.; NETO, E. D. D.; ALVARENGA, L. H.; COSTA, L. M.; NASCIMENTO, P. H.; SILVEIRA, R. Z. Implementação e avaliação de um biodigestor de produção descontínua. **Exacta**. Belo Horizonte. v. 3, p. 36-43, 2010.

LEITE, V. D.; SOUSA, J. T.; PRASAD, S.; LOPES, W. S.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; DANTAS, A. M. M. Tratamento de resíduos sólidos de centrais de abastecimento e feiras livres em reator anaeróbio de batelada. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.318-322, 2003.

LEITE, A. D. **A energia do Brasil**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 528 p. 1997.

MACEDO, M. A. S.; ALMEIDA, K.; LUNGA, A. Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos Agropecuários: o caso da implantação de um projeto de produção de produtos apícolas. In: Congresso da SOBER, 2007, Londrina. **Anais do XLV Congresso da SOBER**, 2007.

MACEDO, M. A. S. Seleção de Projetos de Investimento: uma proposta de modelagem apoiada em programação multi-objetivo. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE FINANÇAS, 5, 2005, São Paulo. **Anais do V EBFIN**. São Paulo: SBFIN, 2005. 1 CD.

MARTINS FILHO, J. B.; NEVES, R. A.; ARAUJO, J. S.; FERRÃO, G. E.; PIRES, I. C. G. Resíduos orgânicos agropecuários e biodigestores: Análise sobre a produção bibliográfica do período de 2000-2017. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v.9, n.5, 18 p. 2018.

MARTINS, F. M.; OLIVEIRA, P. A. V. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. **Eng. Agríc**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 477-486, 2011.

MENEZES, C. R.; HARDOIM, E. L. Identificação, seleção e caracterização das espécies vegetais destinadas ao Jardim Sensorial Tumucumaque, município de Serra do Navio, AP/Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 3, n. 1, p. 22 - 30, 2013.

MOURA, J.P. de. **Estudo de casos das rotas tecnológicas para produção de biogás e da influência da composição química de dejetos de matrizes suínas na qualidade do biogás gerada por biodigestor**. 2012. 122f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Pernambuco.

NEVES, R. A.; MARTINS FILHO, J. B.; FERRÃO, G. E.; PIRES, I. C. G. Diagnóstico do resíduo de poda: estudo de caso do campus de Chapadinha da universidade federal do Maranhão. In: **VII Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos V Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos**, 2018.

NORONHA, J. F. e DUARTE, L. Avaliação de projetos de investimentos na empresa agropecuária. In: AIDAR, A. C. K. **Administração Rural**. São Paulo: Paulicéia, 1995.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço Hídrico e Classificação Climática para uma Determinada Região de Chapadinha-Ma. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.10, n.4, p.758-766, 2016.

QUADROS, D. G.; OLIVER, A.P.M.; REGIS, U.; VALLADARES, R. Análise econômica do biodigestor para aproveitamento dos dejetos da caprinocultura na agricultura familiar nordestina. **Revista Energia na Agricultura**, v. 30, p. 01-10, 2015.

SAMANEZ, C.P. **Matemática Financeira**. 5 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

SANTOS, M. M. P.; DAHER, R. F.; PONCIANO, N. J.; GRAVINAG. A.; PEREIRA, A. V.; SANTOS, C. L.; Respostas do capim-elefante sob doses de adubação azotada de cobertura para fins energéticos. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.37, n.1, p. 100-108, 2014.

SANTOS, E.L.B.; NARDI JUNIOR, G. Produção de Biogás a partir de Dejetos de Origem Animal. **Tékhnē In Lógos**, Botucatu, v. 4, p. 80-90, 2013.

SGANZERLA, E. **Biodigestor uma solução**. Porto Alegre: Editora Agropecuária Ltda, 1983, 86 p.

SILVA, P. F. **Avaliação do processo de adensamento de resíduos de poda de árvore visando ao aproveitamento energético: O caso do campus da USP na capital.** 2016. 125f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SIVIERO, A.; DELUNARDO, T. A.; HAVERROTH, M.; OLIVEIRA, L. C.; ROMAN, A. L. C.; MENDONÇA, A. M. S. Plantas ornamentais em quintais urbanos de Rio Branco, Brasil. **Cienc. Hum.** Belém, v. 9, n. 3, p. 621-638, 2014.

SOUZA, O. FEDERIZZI, M.; COELHO, B.; WAGNER, T. M.; WISBECK, E. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos gerados na bananicultura e sua valorização para a produção de biogás. R. Bras. **Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.4, p.438–443, 2010.

SILVA, D. J. **Análise de Alimentos:** métodos químicos e biológicos. 3 ed., Viçosa: UFV, 2002.