

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS MEDIANEIRA
ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA CADEIA PRODUTIVA DO
BIOGÁS

ALBERTO FÄRBER JUNIOR

POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM
BIOGÁS DA SUINOCULTURA E COMPENSAÇÃO EM PRÉDIOS
PÚBLICOS – ESTUDO DE CASO DE PINHEIRO PRETO – SC

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2019

ALBERTO FÄRBER JUNIOR

**POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM
BIOGÁS DA SUINOCULTURA E COMPENSAÇÃO EM PRÉDIOS
PÚBLICOS – ESTUDO DE CASO DE PINHEIRO PRETO – SC**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. MSc. Felipe Souza Marques

MEDIANEIRA

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM BIOGÁS DA SUINOCULTURA E COMPENSAÇÃO EM PRÉDIOS PÚBLICOS – ESTUDO DE CASO DE PINHEIRO PRETO – SC

por

ALBERTO FÄRBER JUNIOR

Esta Monografia foi apresentada em 04 de maio de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás. O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Felipe Souza Marques
Prof.(a) Orientador(a)

Eduardo Eyng
Membro titular

Felippe Martins Damaceno
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

RESUMO

FÄRBER JUNIOR, Alberto. **Potencial de geração de energia elétrica com biogás da suinocultura e compensação em prédios públicos – Estudo de caso de Pinheiro Preto – SC.** 2019. 16. Monografia (Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás - Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Medianeira, 2019.

A intensificação dos sistemas produtivos de suínos para atender a expansão populacional resultou no incremento e na concentração da produção de dejetos. O aumento populacional vem demandando frações maiores de energia e cabe ao setor público supri-las. O contraponto situa-se no alto consumo de energia em prédios públicos e na cobrança da sociedade por uma gestão eficiente destes gastos e dos recursos públicos. A digestão anaeróbia apresenta-se como a tecnologia ajustada para reduzir o potencial poluidor dos dejetos e a energia do biogás como forma de mitigar os impactos ambientais da suinocultura, para a administração pública, significa uma estratégia de desenvolvimento local sustentável. A geração distribuída e a compensação de energia nos estabelecimentos rurais e prédios públicos resultou neste estudo em economia (reais – R\$) de 94,21% e 83,4% respectivamente, possibilitando aos estabelecimentos novos investimentos e para a administração pública uma gestão eficiente da energia e dos recursos públicos.

Palavras-chave: Suinocultura. Biogás. Energia. Compensação.

ABSTRACT

FÄRBER JUNIOR, Alberto. **Potential for the generation of electrical energy with biogas of suinoculture and compensation in public buildings - Case study of Pinheiro Preto - SC.** 2019. 16. Monografia (Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás - Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Medianeira, 2019.

The intensification of swine production systems, in order to meet population expansion, results in the increase and concentration of manure production. The population increase also has demanding larger fractions of energy and remains to the public sector supply them. The higher energy consumption in public buildings and the society claiming for sustainable and efficient management of these costs has emerging as a counterpoint. Anaerobic digestion presents itself as an suitable technology to reduce the manure pollutant potential and biogas energy generation as a way to mitigate the environmental effects of swine, and also, for public administration means a sustainable local development strategy. The distributed generation and compensation system of electric energy in both rural establishments and public buildings, provides an economy of (reais – R\$) 94,21% and 83,4% respectively. This economy has been possible to the establishments to make new investments and for public administration to achieve a more efficient management of energy and public resources.

Keywords: Swine. Biogas. Energy. Compensation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 – Número de animais, produção de dejetos animal e produção de biogás anual.....	18
Gráfico 2 – Consumo de energia nos prédios públicos.....	20
Gráfico 3 – Distribuição do consumo energético e custos.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Volume de dejetos por animal na fase de terminação.....	13
Tabela 2. Parâmetros para cálculo de produção de biogás.....	14
Tabela 3 – Distribuição da produção de dejetos e biogás nas comunidades rurais.....	17
Tabela 4. Geração de energia elétrica e energia disponível para compensação em prédios públicos.....	19
Tabela 5 – Compensação de energia em prédios públicos e excedentes.....	21
Tabela 6 - Custo Evitado e Economia Financeira.....	22

SUMARIO

1.INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E METODOS.....	11
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	11
2.2 SUINOCULTURA.....	12
2.3 PRÉDIOS PÚBLICOS.....	12
3. PRODUÇÃO DE BIOGÁS.....	13
4. ENERGIA ELÉTRICA.....	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5.1 PRODUÇÃO DE BIOGÁS.....	16
5.2 ENERGIA ELÉTRICA.....	19
6. CONCLUSÕES.....	23
7. REFERÊNCIAS	24

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura no Brasil alçou posição de destaque nas últimas décadas. Em 2015 o Brasil foi o quarto maior produtor e exportador de carne suína, cerca de 3% do total mundial (GUIMARÃES, et al. 2017.) e no mesmo ano a cadeia produtiva gerou R\$ 62,576 bilhões no PIB Nacional (SEBRAE, 2016). Entre 2005-2015 a produção de carne suína brasileira cresceu a um ritmo de 3,2% a.a. sendo a terceira mais consumida no país, com média per capita de 15,1 kg/ano. A região sul do país apresenta a maior concentração da produção de carne suína, responsável em 2015 por 67% dos abates com algum tipo de fiscalização, destaque para Santa Catarina com 27% do montante. O estado detém 36% das granjas existentes e 26% da produção de carne suína do Brasil. (GUIMARÃES, et al. 2017.). O oeste catarinense é a principal região produtora com cerca de 70% do rebanho estadual. (IBGE, 2016). Em Pinheiro Preto – SC, a suinocultura está em 89 estabelecimentos agropecuários, o que representa 43% do total de estabelecimentos. (IBGE, 2017).

No Brasil, os diferentes sistemas de produção de suínos são definidos por meio de fatores pertinentes como o tamanho das propriedades, oferta de insumos e perfil das agroindústrias. No transcorrer dos anos, dois sistemas de produção se consolidaram, o cooperado e o integrado. O sistema de integração surgiu no século XX em Santa Catarina e acabou por tornar-se predominante na região Sul. O modelo integrado é o que mais se difunde no país por oferecer maior segurança ao suinocultor, como forma de as agroindústrias controlarem os custos de produção e qualidade dos insumos, obter altos índices de produtividade, otimizar processos logísticos e garantir o abastecimento das indústrias e mercados consumidores. Atualmente em Santa Catarina, 45% dos suinocultores são integrados, 39% são cooperados e apenas 16% são independentes. (SEBRAE, 2016).

A escolha por um sistema moderno e intensivo de produção ao mesmo tempo que possibilitou ganhos de produtividade resultou em um incremento considerável na produção de dejetos, ocasionando problemas na geração, armazenamento, transporte, disposição e tratamento ambiental. Zonas de alta concentração de suínos enfrentam dificuldades para manter os atuais rebanhos, em decorrência do excesso de dejetos, da saturação das áreas para disposição agrônômica, da contaminação dos recursos naturais e dos altos investimentos para o tratamento dos efluentes. (OLIVEIRA, s.d.). A dejeção

suína possui elevada Demanda Biológica e Química de Oxigênio (DBO e DQO), as principais expressões do potencial poluidor dos dejetos. Consoante, elementos como nitrogênio, fosforo, metais pesados e patógenos fecais, também poluidores, englobam o desafio para um modo de manejo adequado para sobrevivência das zonas de produção intensiva no Brasil. (BRASIL, 2004).

Na digestão anaeróbia, uma gama de microrganismos trabalha de forma sequencial e dependente para realizar a decomposição de compostos orgânicos. Quando a digestão anaeróbia é empregada em condições controladas e com tecnologias ajustadas como biodigestores, ocorre a redução do potencial poluidor entre 70%-80% da carga orgânica em DBO ou DQO. (BLEY JR, et al. 2009). O biogás, resultante do processo de digestão anaeróbia, é composto majoritariamente por metano (50%-70%) e CO₂, pode ser utilizado para geração de combustível (calor, eletricidade, mobilidade), constituindo-se em uma alternativa para mitigar danos ambientais e aumentar a competitividade da cadeia produtiva da suinocultura. Mais do que isso, o biogás efetiva-se como o elo entre as demandas do setor produtivo, viabilizando o tratamento ambiental dos resíduos, e as demandas da sociedade, por melhores condições de qualidade de vida. (KUNZ; OLIVEIRA. 2006)

A geração de energia elétrica tem sido a destinação mais usual para o biogás. Isso pelas tecnologias disponíveis e consolidadas, baixo custo de produção de energia, gama de fornecedores e legislações pertinentes. Dentre as tecnologias disponíveis, as mais adequadas à realidade dos estabelecimentos rurais são os Motores de Combustão Interna. Adaptados para o uso do biogás e acoplados a um gerador, podem trabalhar de maneira independente à rede de energia elétrica da concessionária local ou conectada à rede, desde que atenda todas as normas e exigências. (KUNZ; OLIVEIRA. 2006)

Em 2004, a Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou o artigo 14º do Decreto lei nº 5.163/2004 com o conceito de geração distribuída (GD). A GD consiste na geração de energia, incluindo fontes renováveis, no local de consumo ou próximo dele. De maneira complementar, a resolução ANEEL nº687/2015, estabeleceu que os excedentes de energia gerados podem ser compensados em meses subsequentes. Além disso, uma inovação trazida pela 687/2015 foi a geração compartilhada, possibilitando que consórcios ou cooperativas com micro ou mini GD utilizem a energia gerada para abatimento das faturas de energia elétrica dos consorciados ou cooperados. Desta forma, as inovações em GD possibilitam diferentes modelos de negócios, parcerias público-privadas e moderna gestão energética descentralizada. No âmbito

municipal, as novas modalidades de geração distribuída favorecem a participação da sociedade e oferecem alternativas para o desenvolvimento rural sustentável.

O debate sobre a gestão energética dos municípios e o uso estratégico dos recursos públicos está cada vez mais em pauta atualmente. Prédios públicos são grandes consumidores de energia e à medida que a população se cresce há aumento da demanda. A gestão eficiente da energia pode contribuir para reduzir os gastos públicos e permitir a destinação de tais economias para outras iniciativas necessárias. Assim, é imprescindível integrar estratégias e políticas públicas visando o benefício de todos e do meio ambiente, e além disso, possibilitar o crescimento do setor suinícola para atender ao aumento da demanda mundial por alimentos e oportunizar às administrações públicas ferramentas para consolidar uma boa gestão energética e de aplicação dos recursos públicos.

Logo, o biogás, apresenta-se como uma importante estratégia de conexão entre as demandas do setor produtivo primário, da sociedade por melhores condições de qualidade de vida e do meio ambiente por soluções aos passivos gerados pela cadeia produtiva suinícola. Além disso, gera um “ecossistema” favorável para que administração pública possa alcançar o tão sonhado desenvolvimento local sustentável. Desta forma, este estudo objetivou estimar o potencial de geração de energia elétrica com biogás na suinocultura do município de Pinheiro Preto, além de identificar o consumo de energia elétrica e respectivos custos nos prédios públicos municipais, e por fim, analisar o impacto da geração distribuída de energia elétrica da suinocultura e sua compensação em prédios públicos municipais.

2. MATERIAL E METODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O município de Pinheiro Preto localiza-se na região meio oeste do Estado de Santa Catarina, latitude 27°03'02" sul e longitude 51°13'51" oeste, está a 696 metros acima do nível do mar, com uma população de 3.513 habitantes e área territorial de 61,461 km² (IBGE, 2018). O clima é temperado, Cfb tal qual a Classificação de Köppen. A vegetação é de Floresta Estacional Decidual e Floresta Ombrófila Mista (BENITO, 2010). O índice pluviométrico médio anual na área da bacia fica em torno de 1.800mm. (BRASIL, s.d.). No município há 206 estabelecimentos rurais, onde impera a

mão de obra familiar, na qual predomina a força de trabalho masculina, com idade entre 30 e 60 anos, escolaridade básica, os quais exploram estabelecimentos com área mediana de 22,35 hectares. A produção agropecuária do município tem destaque para a fruticultura, onde são cultivados de maneira perene 320 hectares de uva, com produção anual de 6.400 toneladas e 180 hectares de pêssego, com produção anual de 3.240 toneladas. Além disso, há produção de grãos com cerca de 890 hectares de milho e 200 hectares de soja, com 6.408 e 660 toneladas produzidas por ano respectivamente. (IBGE, 2017).

2.2 SUINOCULTURA

Foram selecionados estabelecimentos pertencentes aos limites territoriais do município, informados pela prefeitura municipal, de agricultores familiares ou empresas rurais, que exploram a suinocultura comercialmente, no sistema de integração ou de modo independente. Para o estudo, foram considerados apenas suinoculturas comerciais, com número de animais igual ou superior a duzentos e oitenta (280) cabeças, cujo ciclo de produção é o de engorda/terminação. O processo de identificação das granjas de suínos foi complementado por análise de imagens aéreas, sendo realizada a conferência da localização e informações *in loco*. A lista final de estabelecimentos foi validada com a secretaria de agricultura municipal de Pinheiro Preto.

Para a coleta dos dados, foram realizadas visitas aos estabelecimentos rurais. Para geo-localização foi utilizado GPS Garmin Etrex 30 com tela de 2.2” e questionário específico. As informações coletadas por questionário referem-se à: localização, ciclo produtivo, número de animais, pesos de entrada e saída, período de ocupação e vazio sanitário e consumos de água e energia. Posterior à coleta, as informações foram tabuladas em planilha Excel. Os estabelecimentos foram classificados por comunidade rural, adotando a nomenclatura utilizada pela prefeitura municipal.

2.3 PRÉDIOS PÚBLICOS

As informações referentes ao consumo energético dos prédios públicos, foram fornecidas pela prefeitura municipal de Pinheiro Preto, na forma de extrato de fatura de

consumo de energia elétrica. Totalizaram dezenove (19) contadores, com histórico do consumo do período de dezembro/17 a novembro/18. Baseando-se nestas informações foram analisados os perfis de consumo e os custos com energia. As informações foram tabuladas em planilha Excel, adotando como nomenclatura o nº da unidade consumidora e a denominação adotada pela prefeitura.

3. PRODUÇÃO DE BIOGÁS

A produção de biogás é obtida a partir dos dados de produção de dejetos do local analisado. A produção diária de dejetos ($PDD_{suínos} - m^3.dia^{-1}$) é calculada utilizando a Equação (1), considerando a quantidade de suínos alojada ($N_{animais}$ - cabeças) e a produção específica de dejetos ($P_{peca} - m^3.cabeça^{-1}.dia^{-1}$) por categoria conforme a metodologia descrita por Marques e Silva (2014).

Equação 1. Produção Diária de Dejetos

$$PDD_{suínos} = N_{animais} \times P_{peca} \quad (1)$$

Tabela 1. Volume de dejetos por animal na fase de terminação.

Fase	Volume Dejeto ($m^3/cabeça/dia$)
Terminação ¹	0,0046

Fonte: TAVARES et al.,2013.

A produção mensal de dejetos ($PMD_{suínos} - m^3.mês^{-1}$) é calculada utilizando a Equação (2), levando em conta a produção diária de dejetos ($PDD_{suínos} - m^3.dia^{-1}$) e considerando um período mensal de 30 dias.

Equação 2. Produção Mensal de Dejetos

$$PMD_{suínos} = PDD_{suínos} \times 30_{dias} \quad (2)$$

A produção anual de dejetos ($PAD_{suínos} - m^3.ano^{-1}$) é calculada utilizando a Equação (3) e Equação (4), observando a $PDD_{suínos}$ ($PDD_{suínos} - m^3.dia^{-1}$) e o período de ocupação, ou seja, o número de dias em que os animais efetivamente permanecem alojados nos estabelecimentos rurais ($P_{ocupação} - dias^{-1}$).

Equação 3. Produção Anual de Dejetos

$$PAD_{suínos} = PDD_{suínos} \times P_{ocupação} \quad (3)$$

Equação 4. Período de Ocupação dos Animais

$$P_{ocupação} = \left(\frac{365}{Dias alojados + Vazio sanitário} \right) \times Dias alojados \quad (4)$$

Para o cálculo da produção de biogás, fez-se uso da equação (5) descrita por Marques e Silva (2014), uma adaptação das equações do Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4 – Agriculture, Forestry and Other Land Use – IPCC.

Equação 5. Produção de Biogás

$$Produção_{biogás} = \left(\frac{MCF \times SV_{dejetos} \times B_0}{\%CH_4} \right) \times PDDsuínos \quad (5)$$

Para estimar a produção de biogás (Equação 5) foram considerados o fator de conversão anual de metano para a linha de base do sistema (MCF –%), os sólidos voláteis produzidos pela categoria animal (SVDejetos – kg SV/m³dejeto), a capacidade máxima teórica de produção de metano por dejeto produzido (B0 – m³ CH₄/kgSV), a concentração de metano no biogás (%CH₄ – %) e a produção diária de dejetos (PDDsuínos – m³/dia).

O valor definido para o fator de conversão anual de metano (MCF - %) foi descrito por Marques e Silva (2014). Para a produção de metano (B0 – m³ CH₄/kgSV) e concentração de metano no biogás (%CH₄ - %) foram utilizados os valores constatados em Nota Técnica pelo CIBiogás-ER (CIBIOGAS, 2018), resultado de análises laboratoriais de amostras da região oeste do Paraná que se assemelham aos sistemas de criação da região meio oeste e oeste de Santa Catarina. O valor usado para os sólidos voláteis é determinado pela ASAE (2005), onde é feita a correção pela categoria e peso do animal. Ressalta-se que os valores de sólidos voláteis indicam o potencial de produção de biogás, não podendo ser aplicado para o dimensionamento de biodigestores.

Tabela 2. Parâmetros para cálculo de produção de biogás

Categoria Animal	SV (kg SV/m ³ dejeto) ¹	B0 (m ³ CH ₄ /kg SV) ²	MCF (%) ³	CH ₄ (%) ²
Terminação	80,35	0,33	60	60

¹ - ASAE 2005.

² - CIBiogás – Energias Renováveis em NOTA TÉCNICA: N° 001/2018.

³ - Marques e Sousa, 2014

A produção de biogás mensal (PBM – m³.mês⁻¹) é calculada utilizando a Equação (6), considerando a produção de biogás diária (PBD – m³.dia⁻¹) e assumindo um período

mensal de 30 dias. A produção de biogás anual ($PBA - m^3 \cdot ano^{-1}$) é calculada utilizando a Equação (7) e Equação (8), que utiliza a produção biogás diária ($PBD - m^3 \cdot dia^{-1}$) e o período de ocupação, ou seja, o número de dias em que os animais efetivamente permanecem alojados nos estabelecimentos rurais ($Pocupação - dias^{-1}$).

Equação 6. Produção de Biogás Mensal

$$PBM = PBD \times 30_{dias} \quad (6)$$

Equação 7. Produção de Biogás Anual

$$PBA = PBD \times P_{ocupação} \quad (7)$$

Equação 8. Período de Ocupação

$$P_{ocupação} = \left(\frac{365}{Dias\ alojados + Vazio\ sanitário} \right) \times Dias\ alojados \quad (8)$$

4. ENERGIA ELÉTRICA

A partir da produção de biogás diária ($PBD - m^3 \cdot biogás \cdot dia^{-1}$), é possível estimar a produção de energia elétrica (Energia Elétrica – kWh/dia). Para este estudo está se considerando os grupos moto-geradores de combustão interna (Ciclos Diesel e Otto) que geram energia elétrica pela conexão de um gerador ao motor, operando por um período de 20 horas/dia. A produção de biogás foi convertida em geração de energia elétrica (Equação 9) baseando-se na equivalência de que 1 m³ de biogás representa energeticamente 1,43 kW/h (COLDEBELLA et al., 2008).

Equação 9. Produção de Energia Elétrica

$$Energia_{Eletrica} = Prod_{Biogás} \times 1,43_{kW/h} \quad (9)$$

A produção mensal e anual de energia elétrica gerada, segue a mesma lógica utilizada para calcular a produção mensal e anual de dejetos e biogás, assumindo um período mensal fixado em 30 dias e o período anual como sendo o número de dias em que há ocupação animal nos estabelecimentos rurais, descontados os períodos de vazio sanitário.

Para estimar a quantidade de energia que seria injetado na rede e que posteriormente estaria disponível para compensação nos prédios públicos do município adotou-se a seguinte metodologia: a geração de energia elétrica proveniente do biogás, de cada estabelecimento, foi descontada do consumo global do estabelecimento, sendo que o valor foi dividido em consumo instantâneo (80 - %), entendendo-se que a energia

que está sendo gerada na propriedade está sendo consumida instantaneamente, e consumo da rede (20-%), referente a energia importada da concessionária local nos períodos em que não há geração de energia no estabelecimento. O somatório da geração de energia elétrica descontada do consumo instantâneo resulta no valor de energia injetado na rede da concessionária local. Do total injetado na rede, parte é compensado no estabelecimento, este valor é igual ao consumo da rede (20-%). A diferença entre o total injetado na rede e o compensado no estabelecimento é a quantidade de energia disponível para compensação nos prédios públicos do município.

Para avaliar a economia de energia dos estabelecimentos rurais e para os prédios públicos, considerou-se o valor de R\$ 0,45/kWh e R\$ 0,77/kWh respectivamente, sendo estes os valores que atualmente encontram-se nas faturas de energia elétrica da concessionária CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina), os quais são referentes ao período de avaliação durante a fase de coleta de informações. Foi pressuposto da mesma forma, segundo Resolução ANEEL 414/2010 um valor mínimo referente ao custo de disponibilidade para os consumidores do Grupo B, adotando conforme o art.98 o valor em moeda corrente equivalente a 50 kWh para os estabelecimentos rurais e 100 kWh para os prédios públicos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PRODUÇÃO DE BIOGÁS.

Com as informações coletadas por meio de ficha de campo utilizado no levantamento nos estabelecimentos, foi possível identificar a quantidade de animais em cada um, e assim, calcular a produção de dejetos e produção de biogás. Estas informações são necessárias para posteriormente estimar a produção de energia elétrica.

O número total de animais identificados nos estabelecimentos rurais selecionados para o estudo totalizou 26.647 cabeças, produzindo anualmente 40.712,28 m³ de dejetos e com capacidade para gerar 1.079.506,50 m³ de biogás/ano.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3 e no Gráfico 1 a seguir, observa-se que a comunidade com maior produção de dejetos anual e conseqüentemente com maior produção anual de biogás é a Comunidade Linha Tonetta, alcançando 33,82% em cada um dos parâmetros analisados. Este resultado se fundamenta ao fato que nos estabelecimentos desta comunidade a suinocultura figura como a principal ou

segunda atividade geradora de renda, circunstância que ocasionou a ampliação da infraestrutura produtiva dos estabelecimentos, possibilitando o alojamento de um número maior de animais. Convém ressaltar que nesta comunidade, 8 estabelecimentos rurais, são responsáveis por 33,82% do volume de dejetos produzido no município com a atividade de suinocultura no ciclo de engorda/terminação, e que no momento presente, todo este volume é armazenado em esterqueiras sem tratamento específico, para posterior uso agrícola nas áreas de lavoura. O fato crítico reside na limitação de áreas úteis destes estabelecimentos para disposição dos dejetos com o passar dos anos, podendo resultar em saturação do solo por nutrientes, metais pesados e patógenos e nos piores casos, contaminação de recursos d'água, subterrâneos ou não.

Por outro lado, a comunidade com menor produção de dejetos e biogás é a comunidade Linha Santo Isidoro, com 2,7% do montante para ambos os valores. Nesta comunidade, as principais atividades geradoras de renda nos estabelecimentos são a fruticultura e produção de grãos, ocupando grande parte da mão de obra familiar, limitando as áreas e recursos humanos para exploração da atividade suinícola.

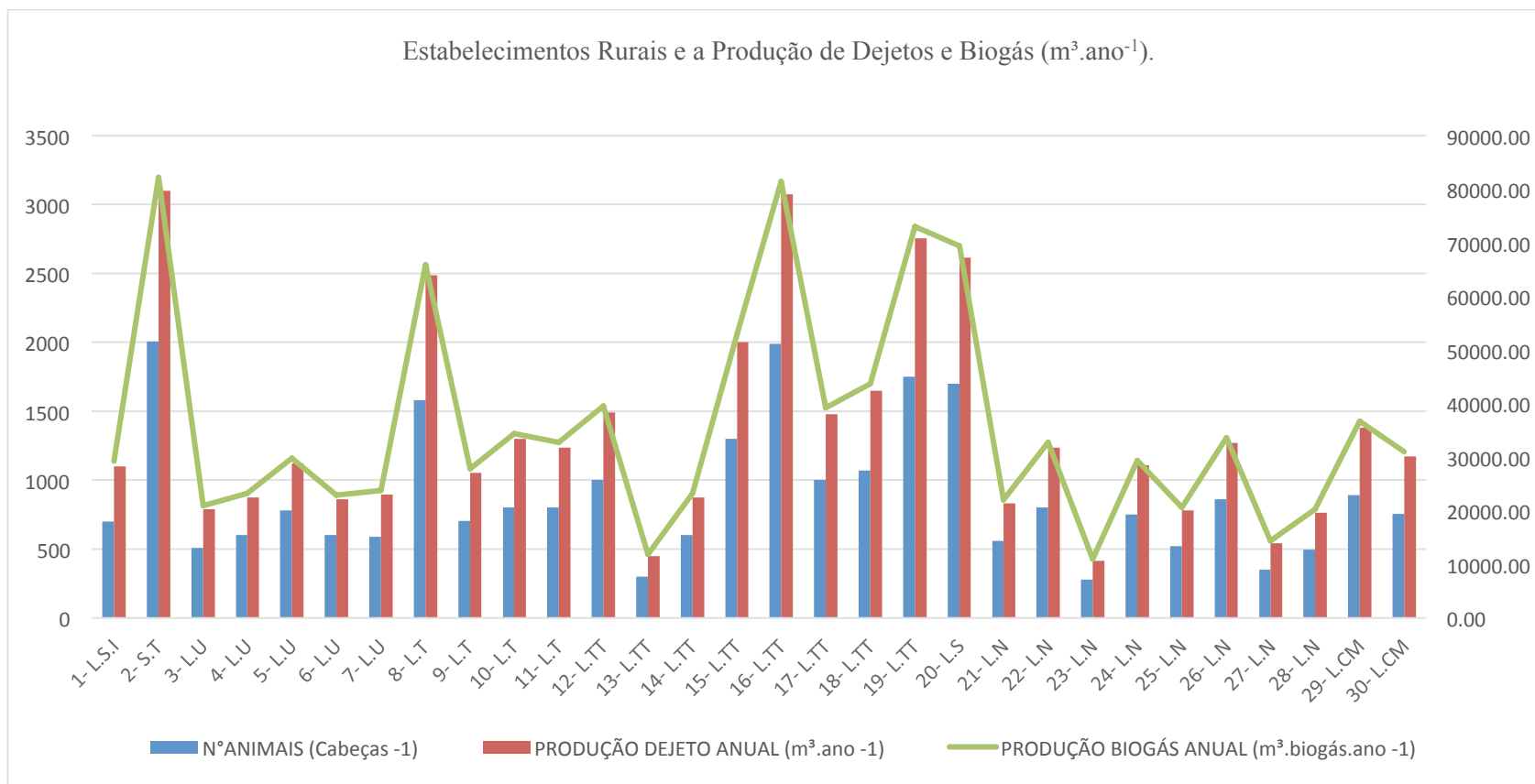
O estabelecimento rural que apresenta a maior produção de dejetos e a maior geração de biogás é a 2- S.T, na saída para o município de Tangará, com 3.100,17 m³ de dejetos/ano e 82.202,63 m³ de biogás/ano. De maneira oposta, o estabelecimento rural com a menor produção de dejetos e biogás por ano localiza-se na comunidade de Linha Navegantes, 23- L.N, com 413,71 m³ de dejetos/ano e 10.969,61 m³ biogás/ano.

Tabela 3 – Distribuição da produção de dejetos e biogás nas comunidades rurais.

Comunidade	Nº Animais (Cabeças ⁻¹)	Produção Dejeito Anual (m ³ .ano ⁻¹)	Produção Biogás Anual (m ³ .biogás.ano ⁻¹)
Linha S. Isidoro	700,00	1.101,84	29.215,94
Saída Tangará	2.007,00	3.100,17	82.202,63
Linha União	3.080,00	4.548,70	120.611,18
Linha Túnel	3.885,00	6.074,81	161.076,55
Linha Tonetta	9.010,00	13.771,85	365.167,40
Linha São Roque	1.700,00	2.616,44	69.376,26
Linha Navegantes	4.617,00	6.944,32	184.132,07
Linha C.Muller	1.648,00	2.554,15	67.724,47
TOTAL	26.647,00	40.712,28	1.079.506,50

Fonte: Alberto Farber Jr, 2019.

Gráfico 1 – Número de animais, produção de dejetos animal e produção de biogás anual.



L.S.I – Linha Santo Isidoro, S.T – Saída Tangará, L.U – Linha União, L.T – Linha Túnel, L.TT – Linha Tonetta, L.S – Linha São Roque, - L.N – Linha Navegantes, L.CM – Linha Colônia Muller

Fonte: Alberto Farber Jr., 2019.

5.2 ENERGIA ELÉTRICA.

Através das informações de consumo de energia elétrica dos estabelecimentos rurais e com os resultados da produção de biogás, foi possível estimar a produção de energia elétrica e quantificar o montante de energia. Para realizar este cálculo, foi descontado o consumo interno dos estabelecimentos, resultando na energia disponível para a compensação nos prédios públicos municipais. Os resultados podem ser observados na tabela abaixo.

Tabela 4. Geração de energia elétrica e energia disponível para compensação em prédios públicos.

Geração Mensal com Biogás da Suinocultura (kWh.mês ⁻¹)	Geração Anual com Biogás da Suinocultura (kWh.ano ⁻¹)	Consumo Mensal nas Granjas de Suínos (kWh.mês ⁻¹)	Consumo Anual nas Granjas de Suínos (kWh.ano ⁻¹)	Disponível para Compensação em Prédios Públicos (kWh.mês ⁻¹)	Disponível para Compensação em Prédios Públicos (kWh.ano ⁻¹)
139.432,26	1.543.694,29	35.141,33	421.695,96	104.290,93	1.121.998,33

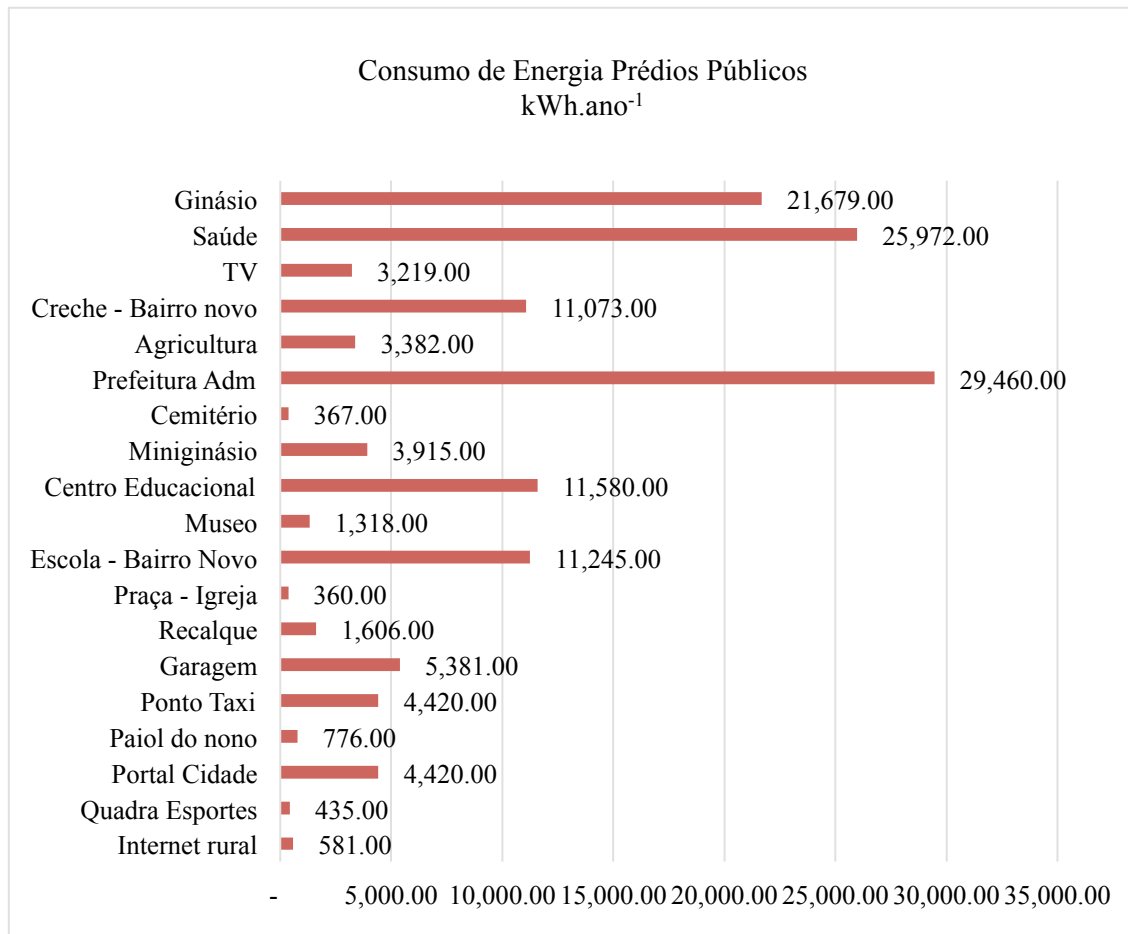
Fonte: Alberto Farber Jr, 2019

Constata-se com os valores apresentados na Tabela 4, o alto potencial de geração de energia elétrica quando aplicado o processo de digestão anaeróbia e a posterior conversão do biogás em energia. Observa-se que, ao final de um ano, já descontado o consumo global dos estabelecimentos rurais, o montante disponível para a compensação nos prédios públicos do município é substancial, chegando a 1,121 GWh.ano⁻¹.

O Gráfico 2 abaixo, demonstra o consumo anual de energia elétrica nas dezenove unidades consumidoras do município. Já o Gráfico 3 aponta a distribuição do consumo de energia no período analisado de doze meses, bem como os custos com eletricidade destas unidades.

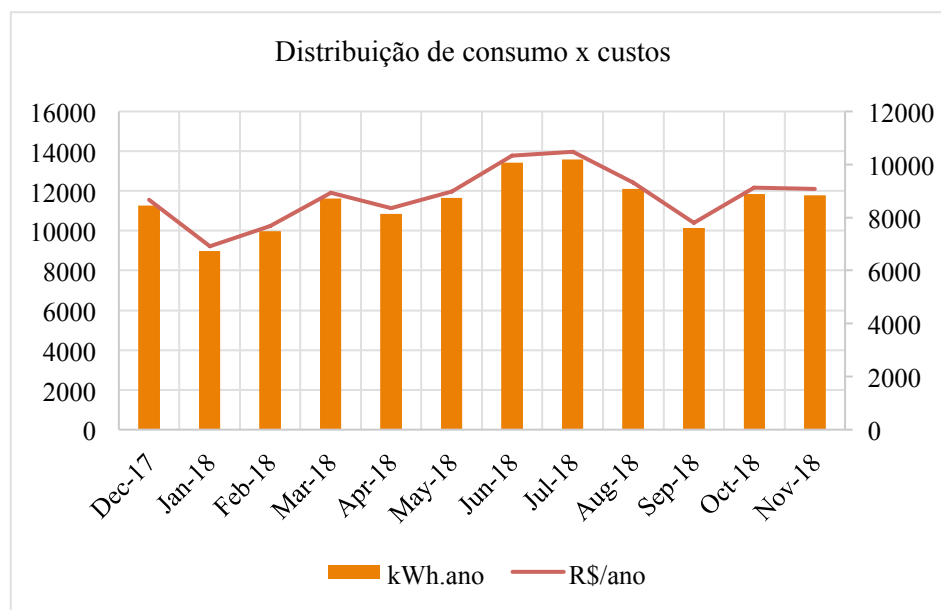
Verifica-se que as unidades consumidoras com maior demanda energética anual são o centro administrativo da prefeitura, a unidade de saúde e o ginásio de esportes, em ordem decrescente de consumo. Ao que tange a distribuição do consumo energético ao longo do período analisado, o mês de maior demanda é julho/2018 e o subsequente junho/2018, por consequência, estes são os meses em que há maior custo de manutenção dos prédios públicos do município.

Gráfico 2 – Consumo de energia nos prédios públicos.



Fonte: Alberto Farber Jr, 2019

Gráfico 3 – Distribuição do consumo energético e custos.



Fonte: Alberto Farber Jr, 2019

Verifica-se que em todos os doze meses do período analisado e, portanto, na avaliação de um ano, a quantidade de energia disponível para compensação em prédios públicos é sobremaneira superior a energia consumida nas dezenove unidades municipais avaliadas. Observa-se ainda que, atendendo toda a demanda das repartições públicas do município, há um enorme excedente de energia disponível. Na Tabela 5 estão relatados os resultados para compensação de energia em prédios públicos.

Tabela 5 – Compensação de energia em prédios públicos e excedentes.

Mês	Disponível para Compensação em Prédios Públicos (kWh.mês ⁻¹)	Consumo de energia em Prédios Públicos (kWh.mês ⁻¹)	Excedente de energia (disponível - consumo) (kWh.mês ⁻¹)	Disponível para Compensação Prédios Públicos (kWh.ano ⁻¹)	Consumo de energia em Prédios Públicos (kWh.ano ⁻¹)	Excedente de energia (disponível – consumo) (kWh.ano ⁻¹)
Dez/17	104.290,93	11.272,00	93.018,93	1.121.998,33	137.228,00	984.770,33
Jan/18	104.290,93	8.981,00	95.309,93			
Fev/18	104.290,93	9.973,00	94.317,93			
Mar/18	104.290,93	11.615,00	92.675,93			
Abr/18	104.290,93	10.850,00	93.440,93			
Mai/18	104.290,93	11.652,00	92.638,93			
Jun/18	104.290,93	13.416,00	90.874,93			
Jul/18	104.290,93	13.597,00	90.693,93			
Ago/18	104.290,93	12.097,00	92.193,93			
Set/18	104.290,93	10.137,00	94.153,93			
Out/18	104.290,93	11.847,00	92.443,93			
Nov/18	104.290,93	11.791,00	92.499,93			

Fonte: Alberto Farber Jr, 2019

Conforme metodologia descrita, buscou-se analisar financeiramente o impacto da geração distribuída de energia elétrica da suinocultura e sua compensação em prédios

públicos do município. As informações coletadas durante a fase de pesquisa revelam que somando os custos de todos os estabelecimentos rurais com eletricidade, o valor mensal encontrado é da ordem de R\$ 15.815,00 e anualmente R\$ 192.825,90. Como a geração de energia elétrica advinda da produção de biogás nos estabelecimentos rurais é maior do que o consumo interno, considerou-se que toda a demanda é atendida, apenas havendo necessidade, segundo Resolução ANEEL 414/2010, do pagamento do valor mínimo da tarifa de acordo com o número de fases, que é equivalente a 50kWh (consumidor bifásico). Desta forma, o custo evitado com o pagamento das faturas de energia dos estabelecimentos rurais mensalmente equivale a R\$ 15.138,60 e anualmente R\$ 181.663,18, representando uma economia média de 95,72% no mês e 94,21% ao final de um ano. A diferença mês/ano reside ao fato que apenas dois estabelecimentos rurais no somatório de doze meses consomem mais energia do que são capazes de gerar, portanto necessitariam importar energia da concessionária local fazendo o seu devido pagamento. Para analisar a economia de energia nos prédios públicos oportunizado pela compensação, considerou o pagamento de uma tarifa mínima equivalente a 100 kWh. A economia gerada para a prefeitura municipal é de 83,4%, totalizando ao final de um ano R\$ 88.109,56.

A economia total somando o custo evitado dos estabelecimentos rurais e a proveniente da compensação dos prédios públicos alcança o valor anual de R\$ 269.772,74.

Tabela 6 - Custo Evitado e Economia Financeira.

Mês	Custo Evitado – Estabelecimentos Rurais (R\$.mês ⁻¹)	Custo Evitado– Estabelecimentos Rurais (R\$.ano ⁻¹)	Economia em Prédios Públicos (R\$.mês ⁻¹)	Economia em Prédios Públicos (R\$.ano ⁻¹)	Economia Total (R\$.mês ⁻¹)	Economia Total (R\$.ano ⁻¹)
dez/17	15.138,60	181.663,18	7.216,44	88.109,56	22.355,04	269.772,74
jan/18			5.452,37		20.590,97	
fev/18			6.216,21		21.354,81	
mar/18			7.480,55		22.619,15	
abr/18			6.891,50		22.030,10	
mai/18			7.509,04		22.647,64	
jun/18			8.867,32		24.005,92	
jul/18			9.006,69		24.145,29	
ago/18			7.851,69		22.990,29	

set/18			6.342,49		21.481,09	
out/18			7.659,19		22.797,79	
nov/18			7.616,07		22.754,67	

Fonte: Alberto Farber Jr, 2019

6. CONCLUSÕES

A suinocultura comercial constitui-se em uma das principais atividades geradoras de renda para a agricultura familiar no município de Pinheiro Preto.

O processo de digestão anaeróbia pode contribuir para uma gestão eficiente da biomassa residual da criação de suínos, reduzindo o risco da contaminação dos solos e corpos hídricos, em particular nas comunidades com grande concentração animal e áreas reduzidas para disposição agrícola dos dejetos.

De acordo com os dados apresentados, verifica-se um expressivo potencial para geração de energia elétrica através da produção de biogás proveniente da suinocultura em Pinheiro Preto. O município possui potencial para atender toda a demanda dos estabelecimentos rurais avaliados neste estudo e dos prédios públicos administrados pela prefeitura municipal. Com o excedente, há possibilidades para a participação e compensação de energia no setor industrial do município.

O biogás e a geração distribuída de energia podem propiciar uma economia anual de 94,21% e 83,4% para os estabelecimentos rurais e para administração pública respectivamente. Identificou-se que, a produção de biogás de 2.390 cabeças de suínos (8,96% do total) é suficiente para atender a demanda energética dos prédios públicos, propiciando igual economia de 83,4%. No entanto, não haveria igual impacto econômico para os estabelecimentos rurais. A economia gerada nos estabelecimentos possibilita aos agricultores reduzir seus custos de produção. Para a administração municipal, uma gestão mais eficiente dos custos com energia elétrica e dos recursos públicos, permitiria a destinação do montante economizado para investimentos em outras áreas também necessárias.

Identifica-se, portanto, que para a administração pública, o biogás pode servir como uma importante estratégia de desenvolvimento local sustentável, fazendo a conexão entre as necessidades do setor produtivo primário e as demandas da sociedade por melhores condições de vida, ao mesmo tempo, se beneficiando com ferramentas e

políticas públicas para consolidar uma distinta e moderna gestão energética e de recursos.

7. REFERÊNCIAS

- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Geração Distribuída**. 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>> Acesso em Janeiro/2019.
- _____. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa N° 414**. Set. 2010.
- ASAE. **ASAE D384.2 MAR2005 – Manure Production and Characteristics**. Saint Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 2005.
- BENITO. Geografia de Santa Catarina. **Geografia e Atualidades**. 2010. Disponível em: <<http://benitobonfatti.blogspot.com/2010/04/geografia-de-santa-catarina-parte-i.html>> Acesso em Janeiro/2019.
- BLEY JR, Cícero. *Et al.* **Agroenergia da Biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2° ed. rev. Foz do Iguaçu/Brasília, 2009.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Manual de Gestão Ambiental na Suinocultura**. Curitiba-PR, 2004.
- BRASIL. Governo de Santa Catarina. **Comitê Rio do Peixe**. S.d. Disponível em: <<http://www.cbhriodopeixe.com.br/definicao-de-bacia-hidrografica>> Acesso em Janeiro/2019.
- CIBIOGÁS **Nota Técnica: N° 001/2018 – Produção de biogás a partir da biodigestão de dejetos suínos em fase de terminação no Oeste do Paraná**. Foz do Iguaçu, 2018.
- COLDEBELLA, Anderson; *Et al.* Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura. In: Informe Gepec – Vol. 12. n° 2. Jul. 2008.
- GUIMARÃES, Diego. *Et al.* Suinocultura: Estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. **BNDES Setorial 45**. 2017.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatísticas por cidade e estado**. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html?t=destaques&c=4213005>> Acesso em Janeiro/2019.

_____. **Censo Agropecuário IBGE.** 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/pinheiro-preto/pesquisa/24/76693>> Acesso em Janeiro/2019.

_____. **Indicadores IBGE: Estatística da produção Agropecuária.** 2016. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/default.shtm#animal>> Acesso em Janeiro/2019.

KUNZ, Airton. OLIVEIRA, Paulo Armando V. de. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. **Revista de Política Agrícola.** Ano XV – N°3. Jul./Ago./Set. 2006.

MARQUES, F. S.; SILVA, F.P. Método simplificado de identificação de potencial de produção de biogás na suinocultura – terminação. In: **II Simpósio de Bioenergia e Biocombustíveis do Mercosul.** 25-26 Set. 2014.

OLIVEIRA, Paulo Armando V. de. **Produção e manejo de dejetos suínos.** S.d. Concórdia-SC. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/8-PauloArmando_Producao.pdf> Acesso em Janeiro/2019.

SEBRAE. **Mapeamento da Suinocultura Brasileira.** Serviço Brasileiro de Apoio as Micros e Pequenas Empresas: Associação Brasileira dos criadores de Suínos.. Brasília-DF, 2016.

TAVARES, J. M. R., *et al.* **A produção de dejetos na suinocultura em Santa Catarina: estudo de campo para a fase de crescimento/terminação.** In: Embrapa Suínos e Aves-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS, 3., 2013, São Pedro, SP. Anais... São Pedro, SP: SBERA, 2013