

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

**LUCIENE DA SILVA ALVES**

**POTENCIAL DE BIOGÁS A PARTIR DE EFLUENTE DE FECULARIA  
NO ESTADO DO PARANÁ**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, MONOGRAFIA**

**MEDIANEIRA**

**2019**

**LUCIENE DA SILVA ALVES**

**POTENCIAL DE BIOGÁS A PARTIR DE EFLUENTE DE FECULARIA  
NO ESTADO DO PARANÁ**

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. Dr. Dangelia Maria Fernandes

**MEDIANEIRA**

**2019**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **POTENCIAL DE BIOGÁS A PARTIR DE EFLUENTE DE FECULARIA NO ESTADO DO PARANÁ**

Por

**LUCIENE DA SILVA ALVES**

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. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Dangela Maria Fernandes  
Prof.(a) Orientador(a)

---

Janaína Camile Pasqual Lofhagen  
Membro titular

---

Laercio Mantovani Frare  
Membro titular

---

Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa  
Membro titular

## RESUMO

ALVES, Luciene da Silva. **Potencial de biogás a partir de efluente de fecularia no estado do Paraná.** 2019. 20 f. Monografia (Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2019).

O Brasil se destaca na participação da oferta de energias obtidas por fontes renováveis, porém, há muito a se explorar em relação às suas potencialidades na produção de biomassa para fins energéticos. As fecularias, setor de processamento da mandioca, são caracterizadas como grandes geradoras de biomassas potencialmente poluidoras e ricas em matéria orgânica, sendo uma alternativa para a produção do biogás. O objetivo do trabalho foi avaliar o potencial de biogás a partir de efluentes de fecularia no estado do Paraná. A metodologia do trabalho foi pela coleta de dados secundários em plataforma de informações, periódicos e manuais técnicos das agroindústrias produtoras de fécula, onde foram obtidas variáveis como parâmetros físico-químicos, estimativa de produção de efluentes, biogás e energia elétrica. Os resultados demonstraram que o estado do Paraná se encontra como um dos maiores geradores de efluentes de fecularias, em torno de 11.982,720 m<sup>3</sup>/ano, com potencial para produção de biogás de 506.476,73 m<sup>3</sup>/ano e produção de metano de 1,075 m<sup>3</sup> para cada 343 Litros de efluentes. Neste caso, o estado contempla um total de 42 cooperativas ativas na região, com oportunidade para atender ao consumo de energia nas próprias indústrias geradoras. Portanto, a captação do biogás gerado no tratamento dos resíduos de fecularias tem se mostrado eficiente, tendo em vista sua simplicidade, fatores econômicos e diminuição de efeitos poluidores.

**Palavras-chave:** Fecularia; Efluente; Energia.

## ABSTRACT

ALVES, Luciene da Silva. **Potential of biogas from effluent of starch in the state of Paraná.** 2019. 20 f. Monografia (Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2019).

Brazil stands out in the participation of the supply of energies obtained by renewable sources, however, there is much to be explored in relation to its potential in the production of biomass for energy purposes. The cassava starch manufactures, processing sector of cassava, are characterized as great generators of biomasses that are potentially polluters and rich in organic matter, being an alternative for the production of biogas. The objective of this work was to evaluate the potential of biogas from the effluents of cassava starch manufacturers in the State of Paraná. The work methodology was the collection of secondary data in information platform, journals and technical manuals of starch-producing agroindustries, where variables such as physical-chemical parameters, effluent production estimation, biogas and electric energy were obtained. The results showed that the state of Paraná is one of the largest producers of effluent from cassava starch manufactures, around 11,982,720 m<sup>3</sup>/year, with potential for biogas production of 506,476.73 m<sup>3</sup>/year and methane production of 1,075 m<sup>3</sup> for each 343 liters of effluent. In this case, the state contemplates a total of 42 active cooperatives in the region, with the opportunity to fulfill to the consumption of energy in the own generating industries. Therefore, the capture of biogas generated in the treatment of starch residues has proved to be efficient, due to its simplicity, economic factors and reduction of polluting effects.

**Keywords:** Cassava starch manufacturer; Effluent; Energy.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>06</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>08</b>
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	08
2.2 COLETA DE DADOS .....	10
<b>3 DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>11</b>
3.1 EFLUENTES DE FECULARIAS E O PROCESSO DE DIGESTÃO ANAERÓBIA .....	11
3.2 POTENCIAL DO SETOR AGROINDUSTRIAL DE FECULARIA NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS .....	13
3.3 APROVEITAMENTO DO BIOGÁS NO SETOR AGROINDUSTRIAL DE FÉCULA .....	16
<b>4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>17</b>
<b>5 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>18</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil se apresenta como um dos países com maior destaque na participação da oferta de energias oriundas de fontes renováveis, considerando os recursos obtidos pelas fontes de energia solar, eólica, hidroelétrica e biomassa. Porém, há muito a se explorar em relação às potencialidades do país na produção de biomassa para fins energéticos (SEBRAE, 2007).

A biomassa é a matéria orgânica de origem animal ou vegetal que pode ser transformada em energia por meio do processo de decomposição, sendo uma energia que pode ser convertida em combustíveis gasosos, líquidos ou sólidos por meio de tecnologias de conversão (PALZ, 2002).

Atualmente a preocupação com as questões ambientais tem se intensificado, principalmente devido aos resíduos sólidos e líquidos poluidores (CAMPOS, 2006). Dentre estes, a fecularia, setor de processamento da mandioca, são caracterizadas como grandes geradoras de resíduos potencialmente poluidores, carregados de compostos orgânicos (PINTO, 2008).

Neste caso, o Estado do Paraná se destaca para a geração de energias renováveis pelas agroindústrias de fecularias, por meio da obtenção do biogás, instrumento na sustentabilidade ambiental, econômica e social (SENAI, 2016). Além disso, a Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB) destaca a região Sul do país, como grande produtora de fécula, com indústrias de médio e grande porte (SEAB, 2018).

Em relação às políticas públicas, o Paraná criou por meio do Decreto Nº 11.671 de 15/07/2014, o Programa Paranaense de Energias Renováveis, com o objetivo de promover e incentivar a produção e o consumo de energias renováveis, de modo a contribuir com o desenvolvimento sustentável local (SEDPL, 2018).

Além disso, o Estado do Paraná busca o fortalecimento das ações relacionadas às energias limpas e renováveis, com oportunidades de aproveitamento de matérias primas passíveis de serem utilizadas na produção de energia, proposta com o uso dos biodigestores em propriedades agrícolas e em unidades de beneficiamento agroindustrial (BIASE et al., 2018).

Assim, os resíduos gerados no processamento da mandioca, apesar dos efeitos poluidores dos resíduos gerados no processamento da mandioca (PINTO,

2008), a maioria dos substratos ricos em matéria orgânica podem ser utilizados na produção do biogás para aproveitamento energético (CABRAL et al., 2015).

O biogás é uma mistura de gases obtida pela digestão anaeróbia de resíduos e efluentes. Atualmente sua utilização tem aumentado motivada por diversas iniciativas públicas e privadas, em função de seu aproveitamento energético (BIASE et al., 2018).

Araújo (2013) ao avaliar uma unidade de indústria de fécula, cujo processamento anual foi de 45 mil toneladas de mandioca, com produção em torno de 0,9 m<sup>3</sup> de efluentes, constatou um potencial de produção de biogás de 2,6 milhões m<sup>3</sup>/ano. Desta forma, concluiu que os sistemas de tratamento de efluentes de fecularias, por meio da digestão anaeróbia possui potencial para a produção de biogás.

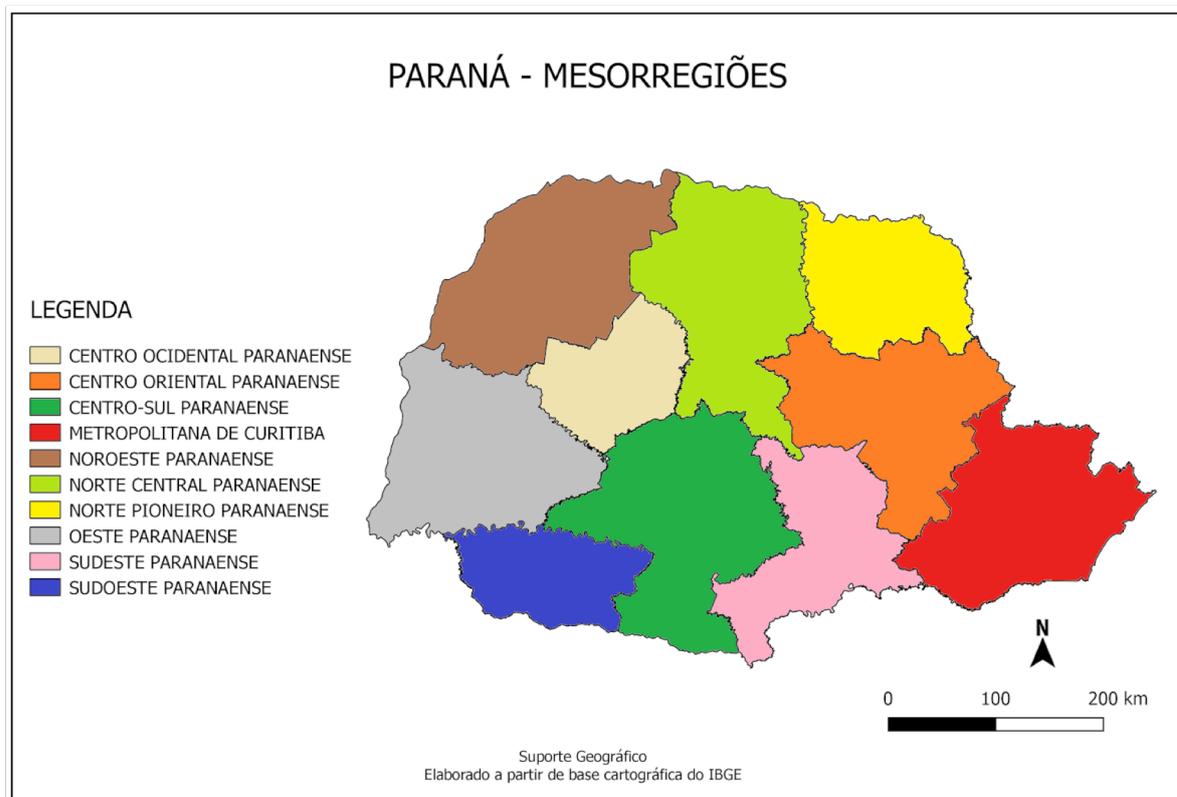
O Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) destaca que as oportunidades de negócios para os biocombustíveis, como o biogás se apresentam como uma alternativa promissora para a dinamização das economias locais por meio do seu uso energético e benefícios com redução do impacto ambiental (SEBRAE, 2007).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o potencial de produção de biogás a partir de efluente de fecularia no Estado do Paraná, visando contribuir com a eficiência dos processos industriais, a segurança energética nas unidades de processamento e ganhos ambientais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

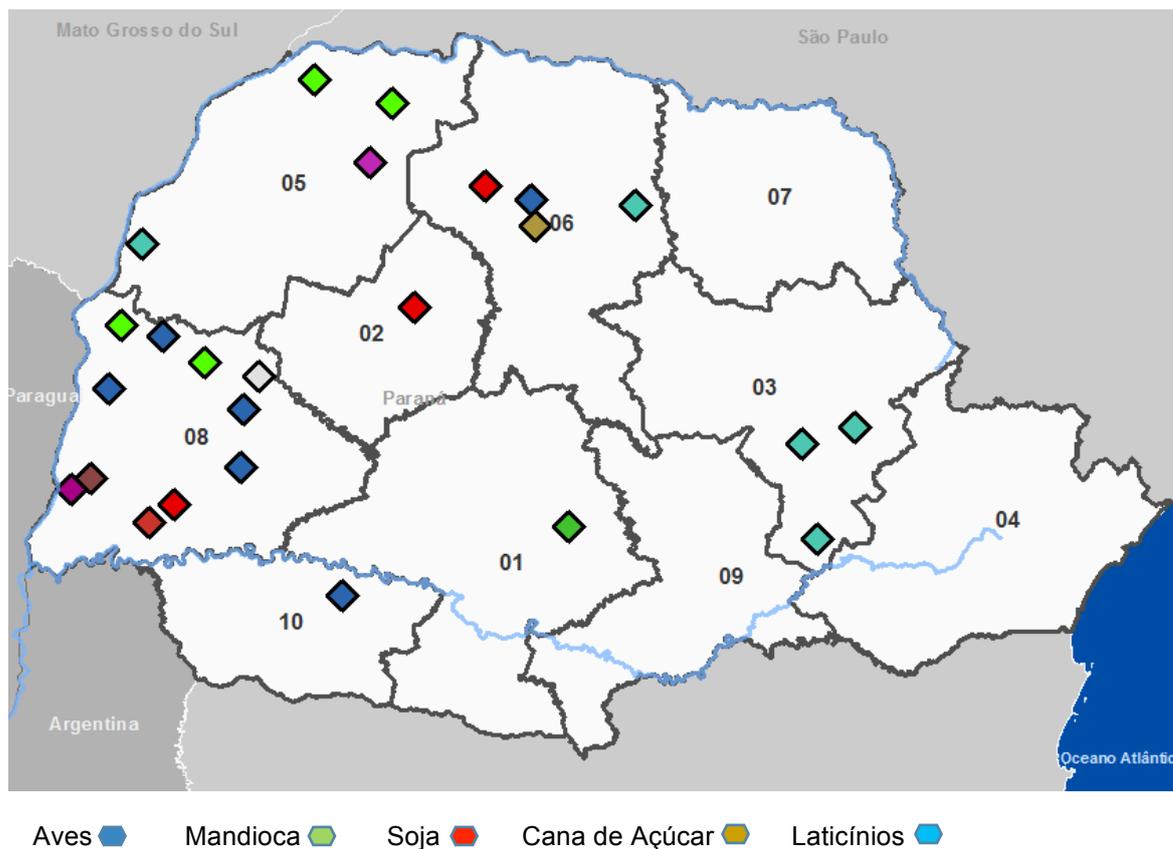
### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Estado do Paraná é um dos mais representativos no agronegócio brasileiro. Possui uma robusta e moderna estrutura de cooperativas agrícolas e agroindustriais com grande potencial na produção de biogás (SENAI, 2016). Na Figura 1 é apresentada o mapa do estado dividido em mesorregiões, sendo as regiões Noroeste e Oeste, as principais produtoras de fécula.



**Figura 1 - Mapa do Estado do Paraná Dividido em Mesorregiões.**  
**Fonte: Secretaria de Estado de Agricultura e do Abastecimento (SEAB) (2017).**

A atividade de fecularia no estado do Paraná apresenta 42 unidades produtivas (Figura 2), de um total de 71 unidades existentes no país. O estado representa 60,8% do volume brasileiro da produção de fécula, com média de produção anual de 249.640 mil toneladas, sendo que a média nacional correspondeu a 410.890 mil toneladas (SEAB, 2018).



**Figura 2 - Cooperativas com Potencial para Produção de Biogás no Estado do Paraná.**  
**Fonte: Adaptado de Biase et al. (2018).**

A concentração dessas unidades produtoras de fécula ocorre principalmente nos Núcleos Regionais de Paranavaí, Umuarama, Campo Mourão e Toledo (Tabela 1).

**Tabela 1 - Distribuição Espacial de Indústrias de Feculárias no Estado do Paraná.**

Mesorregião	Número de Plantas
Noroeste	25
Extremo Oeste	10
Centro Oeste	07
Fécula produzida	249.640 t/ano
Estimativa produção de efluentes	11.982,720m <sup>3</sup> /ano

**Fonte: Adaptado de Secretaria de Estado de Agricultura e do Abastecimento (SEAB), (2017 e 2018).**

## 2.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados secundários para o estudo se deu a partir de plataforma de informações como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Secretaria do Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB) e Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), mediante a periódicos e manuais técnicos das agroindústrias produtoras de fécula para analisar o potencial e aproveitamento do biogás gerado, a partir de efluentes de fecularias no Estado do Paraná.

Além disso, utilizou-se ainda boletins técnicos, dissertações e informativos para a coleta de variáveis como parâmetros físico-químicos, estimativa de produção de biogás, geração de energia elétrica e composição média do biogás.

### 3 DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 EFLUENTES DE FECULARIAS E O PROCESSO DE DIGESTÃO ANAERÓBIA

O setor da agroindústria de mandioca nos últimos anos é assistido com mais cuidado em virtude de seu potencial de geração de resíduos, visando adaptação às legislações ambientais e aproveitamento de resíduos, de modo a aliar sustentabilidade, desenvolvimento e novas fontes de renda (LEITE, FERREIRA e MELLO, 2016).

Durante o processamento nas fecularias são gerados diferentes resíduos sólidos e líquidos (biomassa) como cascas, cepa (caule ou maniva), bagaços, crueira (parte retida na peneira), água de lavagem das raízes e água de extração da fécula (efluentes). Os resíduos líquidos são os que apresentam maiores concentrações de DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO (Demanda Bioquímica de oxigênio) dentre outros parâmetros, o que reflete no caráter poluidor e necessidade de tratamento (BARDINI, 2008).

Para tanto, o processo de digestão anaeróbia é uma alternativa para a geração dessa biomassa, o qual se enquadra como um sistema de tratamento da matéria orgânica por meio da degradação, formando principalmente o gás metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). É um processo natural que ocorre sem a presença de oxigênio, onde as populações microbianas agem de forma conjunta para promover uma fermentação regulada e estável da matéria orgânica (DEMIRER e CHEN, 2005).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece condições e padrões mínimos de remoção de 60% de DBO para o lançamento de efluentes em corpos hídricos (CONAMA, 2011). Já O Instituto Ambiental do Paraná (IAP), exige que a DQO de lançamento de efluentes em mananciais seja no máximo de 125 mg.L<sup>-1</sup> (KUCZMAN, 2007).

De acordo com Lima (2001), a DQO encontrada nas águas residuárias de fecularias confirma a tese de vários pesquisadores de que essas indústrias são produtoras de resíduos perigosos ao meio ambiente e que podem ser agravadas pela falta de tratamento.

Na Tabela 2 é apresentada as principais características físico-químicas do efluente de fecularia de mandioca. Para Kuczman (2007), é fundamental a

caracterização dos efluentes de fecularias, uma vez que os parâmetros variam conforme a região, volume de água utilizada no processo industrial e as tecnologias adotadas.

**Tabela 2 - Características do Efluente de Fecularia de Mandioca.**

Parâmetros	Unidade	Efluente Maturado
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	mg.dm <sup>-3</sup>	140,6
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mg.dm <sup>-3</sup>	52,2
Nitrogênio Total	mg.dm <sup>-3</sup>	28,8
Carbono Orgânico	g.dm <sup>-3</sup>	0,074
Oxigênio Dissolvido	mg.dm <sup>-3</sup>	4,0
Fósforo	mg.dm <sup>-3</sup>	11,0
Cálcio	mg.dm <sup>-3</sup>	9,69
Potencial Hidrogeniônico (pH)	-	7,9

**Fonte: Adaptado de Silva (2004).**

Desta maneira, o processo de digestão anaeróbia utilizado pelas fecularias de mandioca tem como finalidade a redução de carga orgânica poluente, redução de seu potencial tóxico, e a produção e captação do metano na forma de biogás. Porém, vale ressaltar que a composição do biogás varia conforme as características do resíduo, o tipo de biodigestor empregado e suas condições de operação (LEITE, FERREIRA e MELLO, 2016).

Entre os tratamentos dos resíduos de fecularias, os processos biológicos são mais eficientes, tendo em vista sua simplicidade e fatores econômicos. Dentre estes, o tratamento por meio de lagoas de estabilização, com processos anaeróbios para a remoção da matéria orgânica e ainda a captação e aproveitamento do biogás gerado durante o processo de decomposição (GUIMARÃES et al., 2017).

Conforme Pinto (2008) ao avaliar a eficiência do tratamento da manipueira de extração de fécula de mandioca com o uso de biodigestores anaeróbios de fluxo ascendente, com separação das fases, sem controle de temperaturas ou adição de produtos químicos, verificou ser eficiente o sistema no tratamento para o lançamento em redes coletoras de esgotos e assim, atender os requisitos legais. Já para a

fertirrigação, os resultados não atenderam as recomendações requeridas pelo órgão ambiental.

Santos (2016) ao pesquisar sobre o tratamento de efluente de fecularia utilizando coagulação/floculação e separação por membranas, observou não ser um sistema eficiente na remoção de DQO, por obter resultados menores que 20% de DQO após o tratamento.

Tonello, Freitas e Bertonha (2011) ao utilizarem lagoas de estabilização no tratamento dos efluentes de fecularia, alcançaram resultados satisfatórios, com redução de 85% de DQO e 80% de DBO. Campos et al. (2006) utilizaram o mesmo tratamento e verificaram que o sistema promoveu uma redução de aproximadamente 96,3% de DQO e 96,4% de DBO.

Andreani et al. (2011), com o uso de reatores anaeróbios de fluxo horizontal com meio de suporte do tipo bambu, também alcançaram resultados satisfatórios no tratamento de efluentes de fecularias, com uma remoção de 87% de DQO. O estudo mostra ainda, que o uso de reatores pode substituir as lagoas de estabilização a fim de agregar valor no uso do metano produzido durante o processo de tratamento.

### 3.2 POTENCIAL DO SETOR AGROINDUSTRIAL DE FECULARIA NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Os resíduos agroindustriais são responsáveis por três quartos do potencial de matérias primas a serem exploradas para a produção de biogás no Brasil. Porém, esse potencial depende da quantidade de insumos que pode ser processada, bem como o poder calorífico dos mesmos (MILANEZ et al., 2018).

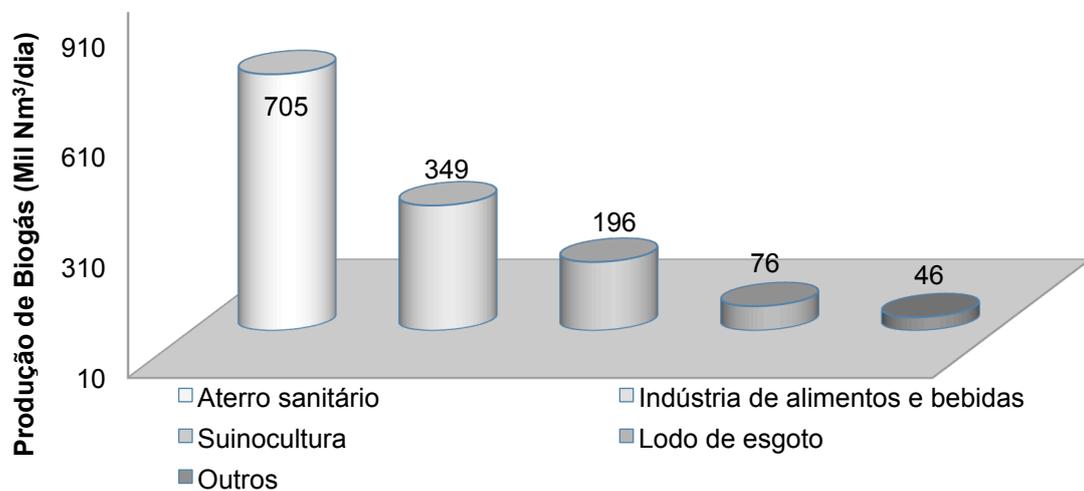
Milanez et al. (2018) ressaltam que o setor de indústria de alimentos e bebidas se apresenta com grande potencial para a produção de biogás. Nesta categoria da indústria de alimentos, os rejeitos da indústria de mandioca, como os efluentes produzidos durante o processo de produção de fécula, embora se apresentem com menor potencial de produção de biogás, quando comparado a outras agroindústrias (Tabela 3), são atualmente os mais utilizados no país para a produção biogás.

**Tabela 3 - Potencial do Setor Agroindustrial na Produção de Biogás no Estado do Paraná.**

Biomassa	Estimativa de Produção Anual de Biogás (m <sup>3</sup> /ano)	Potencial Energético (GWh/ano)
Fecularia (Manipueira)	506.476,73	0,72
Laticínios (Soro de Leite)	774.774,00	1,11
Cítricos (Água Amarela)	5.810.780,68	8,31
Cervejarias	5.790.937.920,77	8.281,04

Fonte: Adaptado de Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), (2016).

Porém, quando comparado a outros substratos (Figura 3), o setor da indústria e de alimentos se apresenta como o segundo maior na produção de biogás por substratos (25%) ficando atrás somente dos aterros sanitários, com maior produção média de biogás, em torno de 51%. Sendo os demais, 14% para suinocultura, 6% para lado de esgoto e outros, 3%, de acordo com a produção média de biogás por substrato (mil Nm<sup>3</sup>/dia) (EPE, 2017).



**Figura 3 - Produção de Biogás por Substrato (Nm<sup>3</sup>/dia).**  
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2017).

De acordo com estudos sobre o potencial de geração de biogás no estado do Paraná, as fecularias com o uso de biodigestores, além de proporcionar o correto tratamento do efluente apresentam potencial de geração de biogás, sendo considerada uma fonte energética na utilização imediata, com uma contribuição de

0,72 GWh (Tabela 4). Além de obter vapor ou calor direto, podendo ser utilizado na própria indústria dentro de seus processos produtivos. Como também ser viável na produção de biofertilizantes (SENAI, 2016).

**Tabela 4 - Produção de Biogás e Bioeletrecidade de Efluentes de Fecularias.**

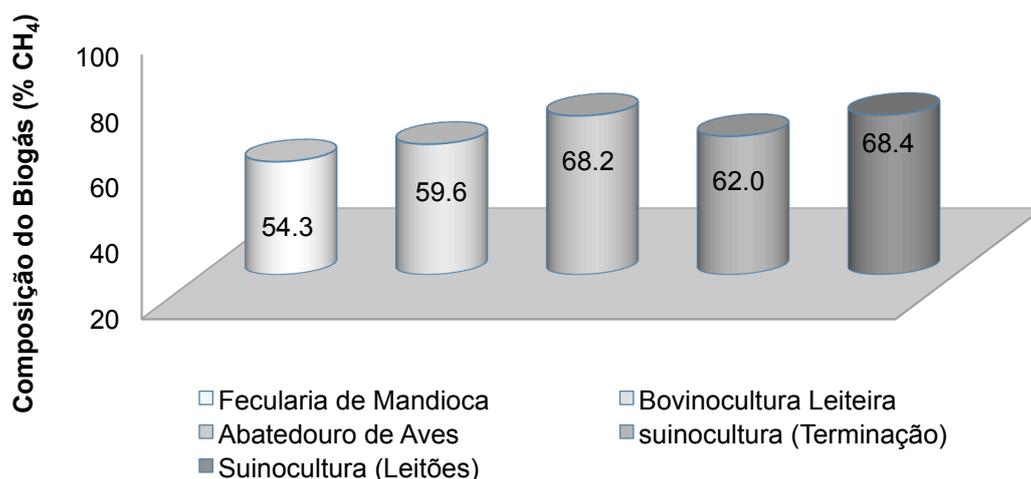
Parâmetros	Localidade			
	Paraná		Brasil	
	Unidade	Produção	Unidade	Produção
Fécula	t/ano	374.336,09	t/ano	519.670,77
Manipueira	t/ano	123.530,91	t/ano	171.491,35
Estimativa de Biogás	m <sup>3</sup> /ano	506.476,73	m <sup>3</sup> /ano	703.114,55
Pot. Energético	GWh/ano	0,72	GWh/ano	1,01

Fonte: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) (2016).

Para Cereda (1994), para cada tonelada de amido produzido nas indústrias de fecularias são gerados aproximadamente 6,2 m<sup>3</sup> de metano, ao considerar uma concentração de matéria orgânica na taxa de 6,36 g DQO/L.

Felipe, Rizato e Wandalsen (2009) relatam que as fecularias possuem um grande potencial na produção de metano, ao estudar o potencial econômico dos efluentes de fecularias podem ser gerados em torno de 1,075 m<sup>3</sup> de metano para cada 343 litros de manipueira.

No entanto, a composição do biogás deve ser considerada na aplicação e uso do mesmo, pois, reflete seu potencial energético, o qual está diretamente relacionado com o percentual de metano presente na composição do biogás, e pode variar de acordo com o tipo de biomassa (Figura 4) (LINS, MITO e FERNANDES, 2015).



**Figura 4 - Composição Média do Biogás para Diferentes Tipos de Biomassa.**  
**Fonte: Lins, Mito e Fernandes (2015).**

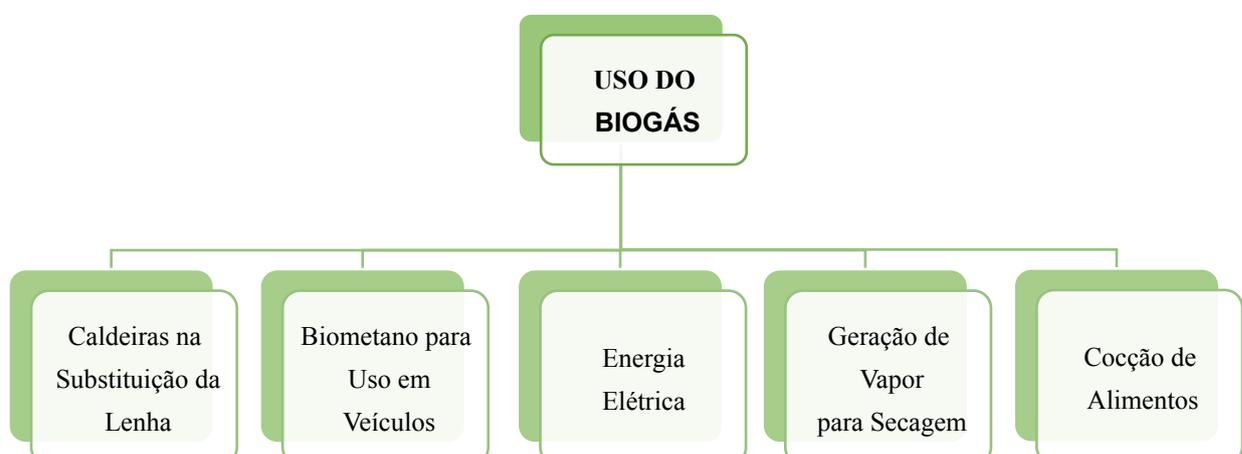
Pessuti et al. (2015) ao utilizarem reatores batelada no tratamento de efluentes de fecularias alcançou resultados satisfatórios de produção de biogás e metano, com resultados de 127 cm<sup>3</sup> de metano. Ainda, conseguiu uma produção de 94% maior nos resultados no tratamento ao associar com glicerol.

Kuczman (2007) ao avaliar o tratamento anaeróbio de efluente de fecularia em um reator horizontal de uma fase, indicou alta viabilidade com o uso do reator e obteve rendimentos médios de biogás de 0,654 e 0,627 L /gás L<sup>-1</sup>.r.d-1 (produção de biogás por volume de reator dia) com um Tempo de Retenção Hidráulica (TRH) de 8,27 e 6,59 dias, respectivamente.

Trabalhos semelhantes foram realizados por Palma (2012), que avaliou o desempenho da digestão anaeróbia em reator contendo pedras de calcário dolomítico, como meio de suporte. Os resultados obtidos foram 0,12 L/gás L<sup>-1</sup>.r.d-1, valores estes inferiores aos resultados obtidos por Kuczman (2007), sem o uso de meio de suporte.

### 3.3 APROVEITAMENTO DO BIOGÁS NO SETOR AGROINDUSTRIAL DE FÉCULA

Recentemente, a produção de biogás avançou em diversas frentes (Figura 5), seja na melhoria dos processos de tratamento de resíduos sólidos e esgotos, no desenvolvimento de processos para digestão anaeróbica, na produção de calor e energia, na purificação do produto para compatibilizá-lo com as utilizações existentes de gás natural e na extração de químicos (MILANEZ et al., 2018).



**Figura 5 - Aplicações do Biogás no Setor Agroindustrial.**

**Fonte: Biase et al. (2018).**

As unidades de produção de biogás em amidonarias/fecularias acompanhadas pelo Centro Internacional de Energias Renováveis Biogás (CIBIOGÁS), utilizam em torno de 15.266 m<sup>3</sup>/biogás/dia na forma de energia térmica, utilizada no processamento da própria indústria, com redução em até 90% no consumo de lenha (CIBIOGÁS, 2019).

Guimarães et al. (2017) ao avaliarem o desempenho ambiental e o aproveitamento do biogás em fecularias de mandioca, tiveram como resultado a redução em até 95% no consumo diário de lenha, com o aproveitamento do biogás como fonte de energia térmica utilizada nas caldeiras das próprias empresas.

Estudos realizados por Araújo (2013) mostram que o aproveitamento energético do biogás, obtido pelo tratamento dos efluentes de fecularias, por meio da digestão anaeróbia, pode se apresentar tecnicamente viável com sustentabilidade dos processos industriais. Este estudo mostra, com base nos levantamentos e cálculos realizados, um potencial de produção de 2,6 milhões de m<sup>3</sup>/ano, suficiente para atender a 33% das demandas de energia na unidade com biogás.

Cremones et al. (2013) complementam que os efluentes de fecularias possuem um grande potencial energético. Porém, alertam que são necessárias adaptações e otimização dos parâmetros no processo de tratamento dos efluentes com uso de biodigestores, sendo necessário o emprego do processo de codigestão, visando o melhor desempenho do processo de digestão anaeróbia.

#### **4 CONCLUSÕES**

O Paraná se encontra como um dos maiores geradores de efluentes de fecularias do país, com geração em torno de 11.982,720 m<sup>3</sup>/ano. Contempla um total de 42 cooperativas ativas, com potencial de produção de biogás no Estado em torno de 506.476,73 m<sup>3</sup>/ano, suficiente para atender as demandas das próprias unidades geradoras. E com oportunidade para atender ao consumo de energia de 0,72 GWh/ano.

Portanto, o Estado do Paraná, bem como, outras regiões do Brasil tem uma grande disponibilidade de resíduos agrícolas com potencial para a geração de biogás e seu aproveitamento energético.

## REFERÊNCIAS

ANDREANI, C. L.; WATTHIER, E.; MIGUEL, J. A.; GONÇALVES, J. L.; GOMES, S. D. Remoção Biológica de Carga Orgânica e Produção de Biogás em Reatores anaeróbios com Diferentes Meios de Suporte. **II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais - II SIGERA**. 2011.

ARAÚJO, I. R. C. **Avaliação do potencial de produção de biogás em uma feccularia no oeste do Paraná**. 2013. 54 f. Monografia (Especialização em energias Renováveis) - Universidade Federal da Integração Latino Americana. Paraná, Foz do Iguacu, 2013.

BARDINI, R. M. **A produção Mais Limpa nas feccularias: Uma alternativa frente as tecnologias de fim de tubo**. 2008. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior em engenharia Sanitária Ambiental - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

BIASI, C. A. F.; MARIANI, L. F.; PICINATTO, A. G.; ZANK, J. C. C. **Energias renováveis na área rural da região sul do brasil**. Foz do Iguacu, PR, 2018.

CABRAL, B. G. C. **Avaliação da Produção de Biogás para fins Energéticos em reatores Anaeróbios Tratando Esgoto sanitário**. 2015. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

CAMPOS, A. L.; DAGA, J.; RODRIGUES, E. E.; FRANZENER, G.; SUGUIY, M. M. T.; SYPERRECK, V. L. G. **Tratamento de águas residuárias de feccularia por meio de lagoas de estabilização**. Engenharia Agrícola, v. 26, n. 1, p. 235-242, jan./abr. 2006.

CEREDA, M. P. **Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil**. In: Resíduos da industrialização da Mandioca, São Paulo. São Paulo, p. 28-34, 1994.

CIBIOGÁS - CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS BIOGÁS. **Unidades de Produção: Amidonarias Navegantes**. Disponível em: <[https://cibiogas.org/amidonaria\\_navegantes](https://cibiogas.org/amidonaria_navegantes)>. Acesso em: 03 Mar. 2019.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Condições e Padrões de Lançamento de efluentes**. Resolução N. 430 de 13 de maio de 2011.

CREMONEZ, P. A.; FEIDEN, A.; SANTOS, R. F.; ROSSI, E.; NADALETI, W. C.; ANTONELLI, J. Biodigestão anaeróbia no tratamento de águas residuárias de feculárias. **Acta Iguazu**, v. 2, n. 2, p. 8999, Cascavel, 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.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Impacto da participação do biogás e do biometano na matriz energética**. Fórum do Biogás, SP, 2017.

FELIPE, F. I.; RIZATO, M.; WANDALSEN, J. V. Potencial Econômico dos Resíduos de Mandioca Proveniente de Feculárias no Brasil. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural - **SOBER, 470 Congresso**. Porto Alegre, 2009.

GUIMARÃES, C. E.; TEIXEIRA, C. E.; CIRANI, C. B. S.; SANTOS, M. R. **Avaliação do desempenho ambiental do aproveitamento do biogás em feculárias de Mandioca no Estado do Paraná**. Desenvolvimento em questão - Editora Inijui, n. 39, 2017.

KUCZMAN, O. **Tratamento Anaeróbio de Efluente de Fecularia em Reator horizontal de uma Fase**. 2007. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Paraná, Cascavel, 2007.

LEITE, V. G. C.; FERREIRA, M. S.; MELLO, P. C. M. A Biodigestão Anaeróbia como Alternativa Sustentável Aplicada no Tratamento de Águas de Feculárias de Mandioca. Publicado em **Portal tratamento de Água**, 2016.

LIMA, J. W. C. **Análise Ambiental: Processo Produtivo de Polvilho em Indústrias do Extremo Sul de Santa Catarina**. 2001. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

LINS, L. P.; MITO, J. Y. L.; FERNADES, D. M. Composição Média do Biogás de Diferentes Tipos de Biomassa. **IV Simpósio internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais**. Rio de Janeiro - RJ, 2015.

MILANEZ, A. Y.; GUIMARÃES, D. D.; MAIA, G. B. S.; SOUZA, J. A. P.; LEMOS, M. L. F. **Biogás de Resíduos Agroindustriais: Panoramas e Perspectivas**. BNDS, Setorial 47. p. 221-276. Março de 2018.

PALMA, D. **Tratamento de Água Residuária de Fecularia em Reator Anaeróbio com Leito Fixo de Pedras de Calcário Dolomítico**. 2012. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Paraná, Cascavel, 2012.

PALZ, W. **Energia Solar e fontes alternativas**. Curitiba/PR. Ed. Hemus. 2002.

PESSUTI, C. A. A.; LINS, M. A.; HERMES, E.; ZENATTI, D. C.; BERGER, J. S.; GONÇALVES, M. P. Produção de Metano a partir de Efluente de Fecularia e

Suinocultura Associada com Glicerol Bruto. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**. p. 565-575, Florianópolis, 2015.

PINTO, P. H. M. **Tratamento de manipueira de fecularia em biodigestor anaeróbio para disposição em corpo receptor, rede pública ou uso em fertirrigação**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, Botucatu, 2008.

SANTOS, J. D. **Tratamento de Efluente de Fecularia utilizando Coagulação/Floculação e Separação por Membranas**. 2016. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Paraná, Toledo, 2016.

SEAB - SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Prognóstico Mandioca**, 2017.

\_\_\_\_\_. **Mapa do Estado do Paraná Dividido em Mesorregiões**. 2017.

\_\_\_\_\_. **Prognóstico Mandioca**. 2018.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Uso de Resíduos e dejetos como fonte de energia renovável. **Revista Agroenergia** - Brasília - DF, 2007.

SEDPL - SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL. **Programa Paranaense de Energias Renováveis**. Publicada no DOE Paraná em 24 de janeiro de 2018.

SENAI - SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Oportunidades da Cadeia Produtiva de Biogás para o Estado do Paraná**. Curitiba/PR. 2016.

SILVA, F. F.; FREITAS, P. S. L. F.; ALTAIR, B.; ANTÔNIO S. M.; ROBERTO, R. Impacto da aplicação de Efluente Maturado de Fecularia de Mandioca em Solo e na Cultura do Sorgo. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 26, n. 4, p. 421-427, 2004.

TONELLO, A. P.; FREITAS, P. S. L. DE; BERTONHA, A. Eficiência do Tratamento de Efluente de Fecularia por meio de Lagoas. **Anais. VII Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar**. Maringá/PR, 2011.