

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EDUARDO MARQUES TRINDADE

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA
ELÉTRICA COM BIOGÁS, POR MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ

Curitiba

2021

EDUARDO MARQUES TRINDADE

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA
ELÉTRICA COM BIOGÁS, POR MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ

Trabalho de conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Professor: Dr. Alexandre Alves Porsse

Curitiba
2021

TERMO DE APROVAÇÃO

EDUARDO MARQUES TRINDADE

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM BIOGÁS, PELOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Economia.

Prof. Dr. Alexandre Alves Porsse

Orientador(a) – Departamento de Economia, UFPR

Profa. Dra. Dayane Rocha de Pauli

Departamento de Economia, UFPR

Profa. Dr. Vinícius de Almeida Vale

Departamento de Economia, UFPR

Curitiba, 20 de dezembro de 2021.

Dedico este trabalho a todos os docentes que entendem a responsabilidade das isenções científicas, tecnológicas e políticas que são absolutamente necessárias no âmbito da Economia, em todas as suas análises, propostas, avaliações, projetos e orientações pedagógicas.

AGRADECIMENTOS

Ao professor e orientador Alexandre Porsse, que me aceitou como orientando, no meio do caminho e com paciência me conduziu durante todo trabalho.

A todos os professores do Departamento de Ciência Econômicas, que em tempos de pandemia se dispuseram a sair da caixa do presencial, e não abandonaram seus ideais de nos ensinar.

A minha esposa e meus filhos, pela paciência de aguentar um velho universitário em casa, realizando um velho sonho.

Ao Dr. Breno Pinheiro, do CIBIOGAS, pelas dicas e apoio na área de Engenharia Elétrica.

Aos meus amigos com que o curso de Ciências Econômicas me presenteou, principalmente ao Vitor Salomão Recacho, meu afilhado, pela ajuda em todo o curso. Ele e todos foram muito responsáveis por tudo isso!

E a Aristóteles, Platão, Sócrates, Smith, Ricardo, Say, Mill, Marx, Schumpeter, Galbraith, Keynes, Friedman, e tantos outros e abriam minha cabeça para as Ciências Sociais, mostrando responsabilidades de um verdadeiro cidadão.

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a possibilidade de se aplicar a Geração Distribuída (GD) de energia para gerar recursos econômicos aos municípios do Estado do Paraná, utilizando-se dejetos da produção de proteína animal, reduzindo passivos ambientais. Foram levantados dados de capacidade animal de geração de resíduos (bovinos, suínos e aves) de cada município, e calculados os potenciais de geração de energia elétrica pelo processo de biodigestão, com geração de biogás para motogeradores de energia elétrica. Com a possibilidade da energia, gerada por produtores rurais, ser entregue à concessionária de energia do estado, via prefeituras municipais, com abatimento de suas contas mensais, é possível gerar renda aos municípios, que podem aplicar seus valores economizados em outras políticas públicas. A proposta teve como base um módulo instalado previamente no município de Entre Rios do Oeste em projeto ANEEL da COPEL. Os municípios foram classificados em termos da quantidade de módulos que podem suportar com seus dejetos, considerando a compensação de todo o valor da conta de energia. Os resultados mostram que quase a totalidade dos municípios do estado podem, de alguma forma, gerar energia, a partir do biogás. Os gastos evitados com este tipo de despesa foram comparados com alguns dispêndios públicos, para efeito de suporte às políticas públicas pelos municípios. O trabalho mostrou a viabilidade do uso de dejetos, pela maioria dos municípios, com a possibilidade de criação de um marco legal do biogás pelo estado, para implantação de usinas em médio e longo prazo. O custo evitado dos municípios também pode ser aplicado em novas políticas de desenvolvimento social.

Palavras-chave: Geração Distribuída; Biomassa; Biogás; Compensação de Energia; Políticas Públicas.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the possibility of applying the Distributed Generation (DG) of energy to generate economic resources for municipalities in the State of Paraná, using waste from animal protein production, reducing environmental liabilities. Data on animal waste generation capacity (cattle, swine, and poultry) were collected for each municipality, and potential electricity generation through the bio digestion process was calculated, with the generation of biogas for electric power generators. With the possibility of energy, generated by rural producers, to be delivered to the state energy concessionaire, via municipal governments, with a reduction in their monthly bills, it is possible to generate income for the municipalities, which can apply their saved values to other public policies. The proposal was based on a module previously installed in the municipality of Entre Rios do Oeste in COPEL's ANEEL project. The municipalities were classified in terms of the number of modules they can support with their waste, considering the compensation of the entire value of the energy bill. The results show that almost all municipalities in the state can, in some way, generate energy from biogas. The expenses avoided with this type of expense were compared with some public expenses, for the purpose of supporting public policies by the municipalities. The work showed the feasibility of using waste, by most municipalities, with the possibility of creating a legal framework for biogas by the state, for the implementation of plants in the medium and long term. The avoided cost of municipalities can also be applied to new social development policies.

Keywords: Distributed Generation; Biomass; Biogas; Energy Compensation; Public policy.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Ondas de fontes de energia global.	6
FIGURA 2 - Exemplo de curva de produção em GD.	7
FIGURA 3 - Município de Entre Rios do Oeste.	8
FIGURA 4 - Município de Entre Rios do Oeste.	11
FIGURA 5 - Exemplo de propriedade rural (instalação de biodigestor).	13
FIGURA 6 - Gasoduto completo do arranjo em Entre Rios do Oeste.	13
FIGURA 7 - Micro central em Entre Rios do Oeste.	14
FIGURA 8 - Modelo de operação do arranjo em ERO.	14
FIGURA 9 - Hidrelétricas do Estado do Paraná.	15
FIGURA 10 - Fluxograma dos procedimentos adotados.	19
FIGURA 11 - Esquema de operação da Unidade de Referência (URERO).	22
FIGURA 12 - Base da geração de biogás em plantas de animais.	27
FIGURA 13 - Geração anaeróbica de metano/biogás.	28
FIGURA 14 - Divisões geográficas e políticas do Estado do Paraná.	35
FIGURA 15 - Distribuição do PIB (2020) no Estado do Paraná.	36
FIGURA 16 - Distribuição da população (2020) no Estado do Paraná.	36
FIGURA 17 - Distribuição do consumo de energia (kWh em 2020) no Estado do Paraná.	37
FIGURA 18 - Distribuição do índice de FIC no Estado do Paraná.	38
FIGURA 19 - Distribuição do índice de DIC no Estado do Paraná.	38
FIGURA 20 - Distribuição do índice de DIC per Capita no Estado do Paraná.	39
FIGURA 21 - Distribuição de bovinos (2019) no Estado do Paraná.	40
FIGURA 22 - Distribuição de suínos (2019) no Estado do Paraná.	40
FIGURA 23 - Distribuição de aves (2019) no Estado do Paraná.	41
FIGURA 24 - Distribuição do potencial de GD com rebanhos de bovinos, suínos e aves no Estado do Paraná (anual).	42
FIGURA 25a - Distribuição do potencial de GD com rebanhos de bovinos, suínos e aves no Estado do Paraná, considerando a instalação e o aproveitamento total de apenas uma URERO (anual).	43

FIGURA 25b - Distribuição do potencial de GD com rebanhos de bovinos, 44
suínos e aves no Estado do Paraná, considerando a
instalação e o aproveitamento total de apenas uma URERO
(anual)(continuação).

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Variação do Payback simples em função do arranjo de UREROs.	47
GRÁFICO 2 - Variação do investimento em função do arranjo de UREROs.	48

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Potencial energético com a produção animal (Paraná e Brasil).	8
QUADRO 2 - Potência instalada no Brasil em 2015.	25

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Previsão do consumo de energia até 2023 no Brasil.	5
TABELA 2 - Cálculos econômicos da aplicação do modelo URERO nos municípios do Paraná (parte 1).	46
TABELA 3 - Cálculos econômicos da aplicação do modelo URERO nos municípios do Paraná (parte 2).	46
TABELA 4 - Cálculos econômicos da aplicação do modelo URERO. Participação em dispêndios gerais.	50
TABELA 5 - Valores para montagem da rede de GD com biogás em Entre Rios do Oeste.	51

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BDGD	Base de Dados Geográfica da Distribuidora
CH ₄	Gás Metano
CO ₂	Gás Carbônico
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DIC	Duração de Interrupção Individual
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ERO	Entre Rios do Oeste
FIC	Frequência de Interrupção Individual
GD	Geração Distribuída
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo / Gás de Cozinha
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
MME	Ministério de Minas e Energia
ONS	Operador Nacional do Sistema
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
RN	Resolução Normativa
SICONFI	Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro
SIG-R	Sistema de Informação Geográfica Regulatório
URERO	Unidade de Referência ERO

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	JUSTIFICATIVA	15
1.2	OBJETIVOS	17
1.2.1	Objetivo Geral	18
1.2.2	Objetivos Específicos	18
1.3	METODOLOGIA	19
1.3.1	Coleta de dados de consumo de energia elétrica pelos municípios do Estado do Paraná	20
1.3.2	Coleta de dados sobre a produção animal de bovinos, suínos e aves no Estado do Paraná, em 2019 e 2020	20
1.3.3	Dados demográficos dos municípios.	21
1.3.4	Mensuração da produção de dejetos dos municípios.	21
1.3.5	Determinação das capacidades de produção de biogás pelos municípios.	21
1.3.6	Determinação da capacidade de produção de energia pelos municípios.	21
1.3.7	Quantificação da capacidade de produção modulada em UREROS.	22
1.3.8	Determinação dos valores econômicos dos dispêndios evitados por município.	23
1.3.9	Comparação de valores com dispêndios públicos dos municípios.	24
2	REVISÃO DA LITERATURA	25
3	MATERIAIS E MÉTODOS	31
4	RESULTADOS DA MENSURAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO	32
	ENERGÉTICA COM BIOGÁS PARA OS MUNICÍPIOS PARANAENSES	32
4.1	PREMISSAS CONSIDERADAS	32
4.1.1	Obrigações da COPEL	32
4.1.2	Grandes Municípios	33
4.1.3	Considerações Políticas	34

4.1.4 Limitações Culturais e Municipais	34
4.1.5 Limitações Técnicas de Biomassa	35
4.1.6 Retorno Ambiental	35
4.2 CARACTERÍSTICAS DO ESTADO DO PARANÁ.....	36
4.3 POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE BIOMASSA.....	40
4.4 POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA	42
4.5 ECONOMIA EM DISPÊNDIOS PÚBLICOS.....	49
4.6 INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS E RETORNOS.....	51
4.7 INVESTIMENTO DO PRODUTOR.....	52
4.8 INVESTIMENTO DOS MUNICÍPIOS	53
4.9 INVESTIMENTO DA COPEL	53
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS.....	57
APÊNDICE 1 – Quantidade de UREROs que podem ser suportadas pela produção de dejetos de cada município.....	64
ANEXO 1 – Roteiro para aquisição de dados	74

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de energia segura e de qualidade é insumo básico para operação do comércio e da indústria em qualquer economia do mundo, principalmente para um desenvolvimento sustentável (DINCER, 2000). O crescimento econômico do Brasil é constante, o que caracteriza o país como em desenvolvimento. Assim, a demanda energética é sempre crescente, necessitando investimento em infraestrutura adequada, adaptável, segura, que possa garantir as necessidades da economia do país ou de alguma região específica, sendo fator fundamental à soberania nacional. Desta forma, um planejamento sustentável adequado à demanda econômica, favorecendo a busca por uma matriz energética renovável, sempre envolve a participação de decisões estratégicas e de políticas governamentais (SILVA, 2002).

O Brasil viabilizou sua indústria de energia elétrica via seu potencial hidroelétrico, considerando a oportunidade geográfica do país. Assim, o modelo de crescimento energético envolveu grandes e onerosos projetos de infraestrutura, e necessitou da implantação paralela de um sistema de transmissão interligado nacional, outro investimento de grande porte, para garantir a chegada de energia ao consumidor final, em todo o território nacional. Assim, o setor elétrico brasileiro, em 2020, conta com 85% de participação de fontes renováveis, sendo a fonte hidráulica responsável por 63%, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020).

Esta estratégia foi adequada no passado, mas um processo de transição das fontes de geração de energia se torna cada vez mais necessário e requerido na última década, levando-se em consideração toda a evolução tecnológica do setor elétrico, o crescimento da eficiência energética de outras fontes de energia, principalmente as renováveis, e as necessidades de responsabilidade ambiental (BRASIL, 2016).

Para atender à crescente demanda, o país precisa ampliar sua oferta interna de energia em 26% e de eletricidade em 39%, segundo o Plano Decenal de Energia 2030. Mesmo com o crescimento previsto necessário para atender à demanda, a expectativa é aumentar a geração de energia limpa e cumprir os compromissos assumidos no Acordo de Paris (EPE, 2020).

Desta forma, torna-se necessário um ambiente econômico e político adequado, que proporcione investimentos em projetos de infraestrutura de médio e de longo

prazo, visando o crescimento da demanda de energia, o desenvolvimento econômico das regiões de implantação, do uso de novas tecnologias e da geração de emprego e de mão-de-obra local (EPE, 2020).

Assim, a geração distribuída de energia (GD), ou seja, independente da concessionária e geograficamente espalhada pelo estado, passa a ser uma opção de solução integrante de uma arquitetura descentralizada de energia, oferecendo uma solução local para enfrentar os desafios do investimento em infraestrutura de energia, por meio da expansão do papel e do envolvimento da sociedade e do setor privado (BRASIL, ANEEL, A - G). E nesse contexto, o Brasil possui a vantagens de já possuir uma matriz elétrica renovável, e de mais de 98% da população já ter acesso à energia, devido ao Programa Luz para Todos (EPE, 2020).

A importância para a sociedade no desenvolvimento do mercado de energia em GD envolveria razões econômicas, ambientais e sociais, como o acesso à eletricidade de menor custo, o controle do insumo para o fornecimento de eletricidade em longo prazo e toda modelagem ambientalmente adequada ao modelo econômico implantado.

Vários estudos apresentam casos do desenvolvimento e implementação bem-sucedidos de projetos de GD, com diversos modelos de negócios (BARRICHELO, 2012; KONZEN, 2000). Porém, as principais deficiências reconhecidas estão na criação de incentivos governamentais e de modelos comerciais, para maximizar os benefícios econômicos para o cliente, para a concessionária e para a sociedade como um todo (PALIT, 2011).

Haverá sempre a necessidade de estudos prévios antes da instalação de modelos de GD, mas uma vez operacionais, vários aspectos positivos devem ser considerados, entre eles:

- a) o consumidor final terá um papel ativo no sistema e, desta forma, se torna mais independente da distribuidora, com o ocorre com usuários da placas fotovoltaicas de energia solar, muito difundidas no mercado;
- b) do ponto de vista econômico, para os consumidores residenciais de baixa tensão, que contribuírem na geração de energia, passariam a ter seu gasto com este insumo reduzido apenas a uma pequena parcela mínima da conta, permitindo retorno dos investimentos previamente aplicados;

- c) haveria para a concessionária uma redução dos custos de geração, transmissão e distribuição, pois com o crescimento da GD, adiam-se os investimentos de infraestrutura previstos com a rede atualmente instalada;
- d) redução de perdas elétricas, melhorando os índices nacionais das concessionárias nas incidências de falhas e na duração das mesmas (DIC e FIC);
- e) redução de impactos ambientais, pois por natureza a GD está baseada em energias renováveis e, no caso em questão, elimina resíduos altamente poluentes;
- g) desenvolvimento de um mercado de serviços, de fornecedores, de capital humano, contribuindo para o crescimento da economia local.

Os Estados da Federação podem estipular normativas individuais e independentes, alinhadas às suas condições geográficas, econômicas e de disponibilidade de insumos para geração em GD (COIMBRA-ARAÚJO, 2014). Estes insumos incluem, principalmente, mas não somente, a disponibilidade de energia solar, no caso da geração fotovoltaica, a disponibilidade de ventos, no caso da geração eólica e a disponibilidade de biomassa, no caso da geração de biogás.

O presente estudo aborda o caso particular da geração de biogás pelos municípios do Estado do Paraná, devido à natureza e ao histórico econômico de produção agropecuária do Estado. As práticas atuais de manejo e destinação final dos resíduos agropecuários do Estado do Paraná podem representar um grave passivo ambiental pela poluição pontual e difusa gerada, bem como um desperdício de potencial energético e econômico. O aproveitamento energético do gás metano, oriundo da degradação deste tipo de resíduo, para a produção de biogás, daria uma destinação adequada dos mesmos, atendendo os requisitos da GD e a utilização de fontes renováveis de energia (FERREIRA, 2015; GEORGE, 2011).

Assim, este trabalho visa avaliar a capacidade energética de produção de energia pelos resíduos agropecuários gerados pela produção da suinocultura, da bovinocultura e da criação de aves, no Estado do Paraná, mediante as considerações técnicas já desenvolvidas em um projeto realizado pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL), no Município de Entre Rios do Oeste, no escopo da ANEEL e finalizado em 2020. O projeto de P&D determinou as melhores padronizações de produção e capacidade energética, que serão utilizadas como base para projetar o potencial de produção de energia no conjunto de municípios do Estado.

A capacidade potencial de produção de energia via biogás é quantificada economicamente visando avaliar a economia do total de municípios, como também é mensurado o retorno energético para a COPEL. Além disso, comparam-se os resultados econômicos a alguns índices de dispêndios municipais, buscando avaliar e justificar futuros programas estaduais de incentivo à Geração Distribuída no Estado, mesmo com algum investimento que a concessionária deverá fazer na infraestrutura de conexão com a rede de distribuição.

Na década de 70, diversas tecnologias para a produção de alimentos foram desenvolvidas, utilizando conhecimento de genética vegetal e animal, configurando o manejo animal direcionado para o confinamento em grande escala. Desta forma, os processos de biodigestão receberam foco acadêmico e tecnológico, para acompanhar a introdução da suinocultura, por exemplo, que, entre as cadeias produtivas de conversão de proteína vegetal em animal, é a atividade que gera maior volume de dejetos com altas cargas orgânicas.

Certamente, com o aumento da produção de proteína animal, e o consequente aumento da produção de dejetos e resíduos, gerou-se um acúmulo de passivos ambientais, sendo continuamente dispersados em solos e efluentes, de maneira inadequada e muitas vezes tóxicas aos próprios produtores (ASSIS, 2007).

Este foi o primeiro grande problema com o crescimento da produção. Na época, a geração de resíduos não recebeu a devida atenção ambiental, comparando-se com a responsabilidade atualmente imposta às empresas e aos órgãos governamentais. Os resíduos eram simplesmente considerados como consequência de um desenvolvimento econômico necessário (BORDIN, 2005; HERNANDES, 2010).

O segundo problema a ser considerado foi que com a produção de alimentos, devido a demanda do crescimento quase exponencial da população, observado naquela década, ocorre o aparecimento de outra demanda importante: mais energia para o agronegócio. E este foi um fator determinante para a decisão de investimentos vultuosos em novas centrais hidrelétricas no país, como Itaipu Binacional, Tucuruí, entre várias outras. Esta necessidade de produção de energia é sempre crescente nos países em desenvolvimento e a previsão de consumo energético não parece que vai se estabilizar, como indicado na Tabela 1 (EPE, 2020).

Outro ponto estratégico a ser considerado é a possibilidade de apagões de energia, quando o limite de oferta é superado pela demanda.

Tabela 1: Previsão do consumo de energia até 2023 no Brasil (EPE, 2020)

Discriminação	2014	2018	2023	2014-2018	2018-2023	2013-2023
				Variação (% a.a.)		
PIB (R\$ bilhões de 2010)	4.133	4.905	6.112	4,1	4,5	4,3
População Residente ⁽¹⁾ (10 ³ habitantes)	203.610	209.923	216.596	0,8	0,6	0,7
PIB per capita (R\$ [2010]/hab/ano)	20.297	23.365	28.220	3,3	3,8	3,6
Consumo de Eletricidade (TWh)	535,2	641,8	780,4	4,5	4,0	4,3
Consumo Final Energético (10 ³)	254.497	301.835	351.350	4,4	3,1	3,7
Consumo Final de Energia ⁽²⁾ per capita (tep/hab/ano)	1,25	1,44	1,62	3,5	2,4	3,0
Intensidade Energética da Economia (tep/10 ³ R\$ [2010])	0,062	0,062	0,057	-	-	-
Elasticidade-renda do consumo de eletricidade ⁽³⁾	-	-	-	1,11	0,89	0,99
Elasticidade-renda do consumo de energia ⁽³⁾	-	-	-	1,06	0,69	0,86

Notas: (1) Estimativas relativas a 31 de dezembro.

(2) Os valores de consumo final incluem o consumo do setor energético.

(3) O valor de elasticidade-renda refere-se à sua média no período indicado.

Fonte: EPE

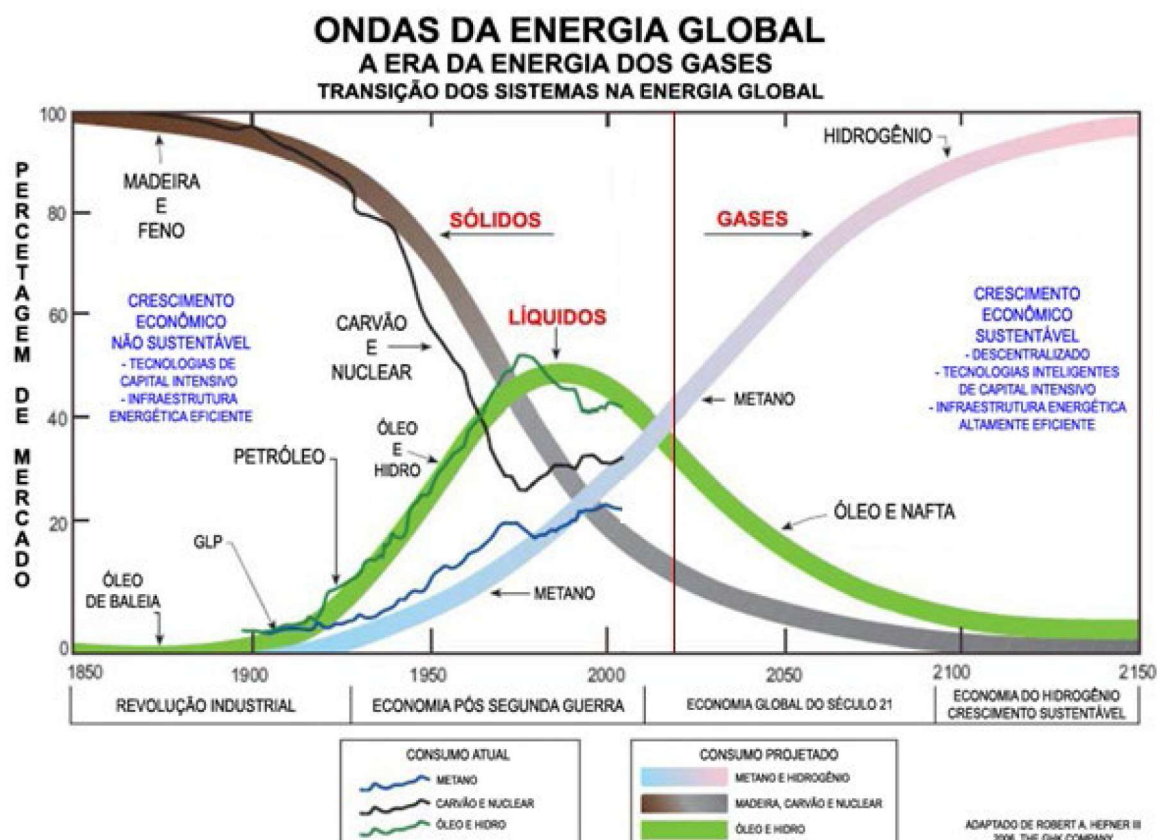
Porém, o crescimento populacional, industrial, e do agronegócio são ininterruptos, mesmo com oscilações nas últimas décadas, e não há como construir usinas hidroelétricas em qualquer lugar e em qualquer tempo (SOUZA, 2016). Assim, a necessidade de alternativas para suprir a demanda energética e conter o crescente problema ambiental passa a ser um problema contínuo nas regiões agropecuárias do país.

Observando-se as ondas de energia que ocorreram no planeta desde a metade do século XIX, nota-se uma grande variação dos sistemas energéticos a partir da segunda metade do século XX (Figura 1). O decréscimo da utilização de substratos sólidos para geração de energia, mostrados na linha cinza da Figura, diminui desde o início do século XIX, uma vez que madeira e carvão são fontes limitadas e exauríveis, e a utilização de combustíveis líquidos, na linha verde, atingiu seu ápice na década de 80, sendo o petróleo a maior fonte deste tipo de material.

A utilização de combustíveis gasosos, na linha azulada, que se iniciou paralelamente com a de líquidos no início do século XX, oriunda da produção de gás natural, manteve o crescimento contínuo, com a inserção de metano, gás de síntese

e principalmente de biogás, mostrando tendência de crescimento nas próximas décadas.

Figura 1: Ondas de fontes de energia global



Fonte: The GHK Company (2006). Traduzido pelo autor.

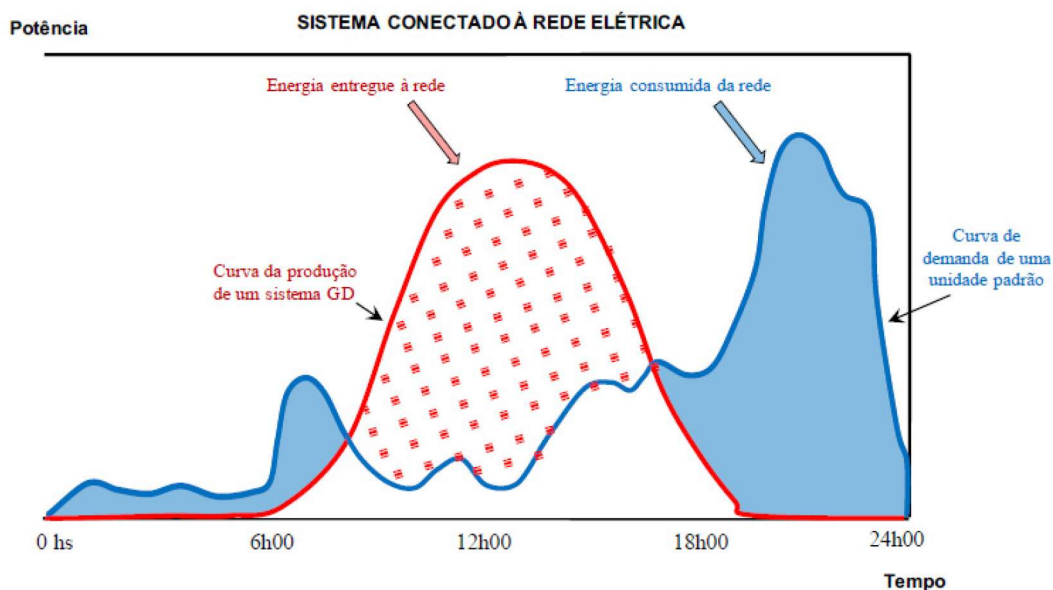
É neste contexto que a produção de biogás a partir de resíduos orgânicos se torna uma alternativa a ser avaliada, como uma possível solução dupla, tanto para o problema ambiental, como para o problema energético (KUNZ, 2005). Na década de 80, várias tentativas de implantação deste tipo de tecnologia ocorreram em várias regiões do país, porém sem sucesso. Os pré-tratamentos de resíduos eram inadequados e vários materiais disponíveis atualmente não existiam na época, o que causou um desânimo pelos órgãos governamentais em apoiar aquele tipo de tecnologia (RYCHEBOSCH, 2011; WALSH, 1989).

Atualmente, o cenário é completamente diferente pois a crise energética na Europa durante a década de 90 contribuiu para o avanço dos estudos e geração de conhecimento pela academia e pelo desenvolvimento de tecnologias mais adequadas para produção confiável, contínua e segura de energia a partir de biogás (IAP, 2001).

Para fechar um ciclo tecnológico virtuoso, conforme mencionado anteriormente, a ANEEL mantém resoluções que permitem que a energia gerada de forma distribuída seja entregue às concessionárias, e as entidades geradoras de energia, sejam pessoas físicas ou jurídicas, compensem esta energia de seus consumos mensais nas contas da própria concessionária (BRASIL, ANEEL, 2016). Esta oportunidade é única para os produtores de proteína animal, que, além de dar tratamento adequado a seus resíduos, ainda podem ter ganhos financeiros com o tratamento adequado dos mesmos (KUNZ, 2005).

E não menos importante, e de mesma magnitude, a concessionária passa a receber energia em qualquer momento do seu ciclo operacional, podendo direcionar cargas de acordo com a demanda. A Figura 2 exemplifica como uma unidade de GD pode fornecer potência à rede, fora do momento de pico das unidades padrão, permitindo o uso da energia injetada pela indústria, por exemplo, diminuindo sobrecargas e mantendo a rede estabilizada (VIENNA, 2012).

Figura 2: Exemplo de curva de produção em GD



Fonte: Associação Brasileira de Geração Distribuída.

O Estado do Paraná é um dos maiores produtores nacionais de proteína animal, com grandes potenciais teóricos de geração de energia, principalmente nos setores de bovinos, suínos e aves, conforme apresentado no Quadro 1 (NARDI, 2009), adaptado da FIEP (2016).

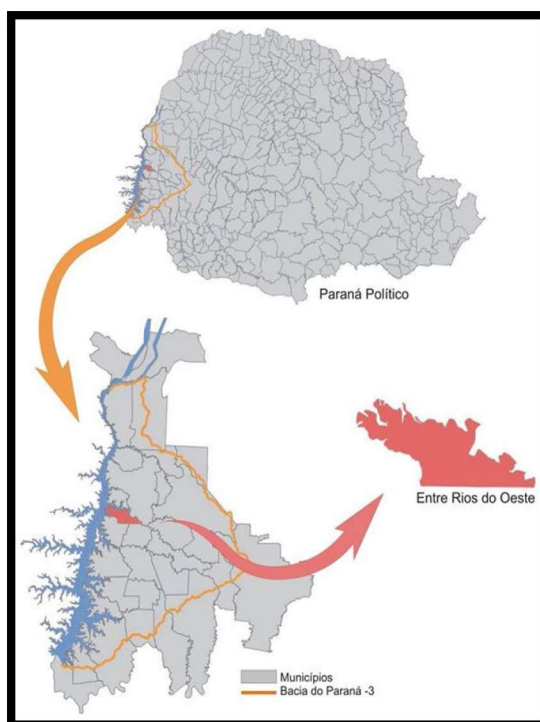
Quadro 1: Potencial energético com a produção animal (Paraná e Brasil)

Setor Industrial		Produção Anual Carne Processada (t)	Produção Anual Resíduos (M3)	Potencial de Biogás (m3)	Potencial Energético (GWh/ano)	Relação PR/BR em Produção de Energia
Paraná	Bovinos	497.084	6.462.098	55.444.805	79,29	4,20
	Suíños	590.426	7.675.539	66.393.414	94,94	19,50
	Frangos de Corte	3.863.517	50.225.725	396.783.233	567,40	30,30
Brasil	Bovinos	11.862.879	154.217.427	1.323.185.523	1.892,16	
	Suíños	3.027.802	39.361.438	340.476.441	486,88	
	Frangos de Corte	12.759.627	165.875.162	1.310.413.785	1.873,89	

Fonte: FIEP (2016).

A viabilidade de utilização de dejetos da produção de suínos já foi avaliada pela COPEL, em projeto de P&D ANEEL finalizado em janeiro de 2020, no município de Entre Rios do Oeste (Figura 3) (COPEL, 2020). Na ocasião foram montados sistemas de produção de biogás em 17 propriedades, sendo o gás canalizado para uma central termelétrica em área da prefeitura municipal, gerando energia, que é adicionada a rede na própria COPEL.

Figura 3: Município de Entre Rios do Oeste



Fonte: o autor.

A prefeitura abate esta energia de suas contas e paga aos produtores pelo biogás fornecido, fechando o ciclo econômico. O limite de produção, naquele momento, é o de energia necessária para zerar a conta da prefeitura municipal, mas poderia ser ampliado em outros modelos, uma vez que o município contempla mais de 250 produtores de carne suína.

Este projeto, denominado Entre Rios do Oeste (ERO), foi proposto, na época, para validar a proposta de ciclo econômico, verificar as qualificações técnicas necessárias, montar os arranjos de gás e de energia, e elaborar os procedimentos regulatórios e políticos necessários. O modelo foi validado e está em operação até o momento, e é a base referencial deste trabalho, como módulo de operação interligada, a ter sua expansão avaliada para outros municípios do Estado do Paraná.

O projeto Entre Rios do Oeste foi uma resposta à chamada pública de número 14 de 2012 da ANEEL, que visava estimular arranjos energéticos com geração distribuída, de até 500 kW (microgeração), e energia gerada a partir de biogás, oriundo de resíduos e efluentes líquidos na matriz energética. O CIBIOGAS respondeu à chamada com a proposta deste projeto, que foi executado de 2015 a 2019, com sucesso, em parceria com a prefeitura municipal de Entre Rios do Oeste e a própria concessionária.

A introdução de pequenas e médias geradoras na rede elétrica das distribuidoras de energia pode proporcionar às empresas uma complementação de oferta de energia em áreas com alta concentração de propriedades rurais, como é o caso do Município de Entre Rios do Oeste, e de vários outros municípios do Estado do Paraná. Em particular na região oeste do estado, a agricultura familiar tem uma representatividade socioeconômica substancial, contando com mais de 80% de todos os estabelecimentos agrícolas do estado. Em 2018, a atividade respondeu por quase 70% do pessoal ocupado e 43% do valor bruto da produção agropecuária paranaense (FIEP, 2016).

Com o fortalecimento econômico pela industrialização da produção agropecuária, ocorreu o desenvolvimento da produção de proteína animal e, conseqüentemente, a entrada de agroindústrias de transformação, de produtos industrializados e do cooperativismo, com forte presença no desenvolvimento regional, o que agregou valor econômico aos produtos agropecuários com benefícios para as cooperativas e seus cooperados. No entanto, os custos operacionais de uma

unidade de produção de pequeno e médio porte são elevados, sobretudo aqueles com alto uso de energia e de combustíveis (MIELE, 2013).

Como forma de minimizar o peso desses custos no orçamento do produtor rural, e ainda trazer opção eficiente ao tratamento de seus resíduos e efluentes orgânicos com consequente produção de biogás, a rota tecnológica da digestão anaeróbica destes resíduos, além de promover saneamento, é a única a produzir energia, o que ainda se adapta às condições físicas e geográficas das propriedades produtoras e às capacidades financeiras das produtores.

Neste contexto, o projeto propôs um consórcio como uma solução para os problemas apresentados, de forma inédita como um ciclo energético-financeiro, e em escala real, com o propósito de apresentar o biogás como solução economicamente viável aos problemas de abastecimento de energia e saneamento de grupos de pequenos e médios produtores rurais.

A estratégia técnica seguida foi de propiciar a viabilidade da geração de energia elétrica centralizada em uma Minicentral Termelétrica (MCT) a biogás, produzido coletivamente por produtores de animais localizados no território do município de Entre Rios do Oeste, região oeste do Estado do Paraná. A Minicentral, operando em paralelo e em sincronia com a rede de distribuição da Copel, além de atender toda a demanda energética dos prédios públicos municipais, uma vez que a prefeitura foi a interseção entre os produtores e a concessionária, como explicado a seguir, contribuiu tanto com a redução de faltas de energia quanto com a qualidade do sinal elétrico, sobretudo nos horários de sobrecarga e de ponta.

É importante destacar também que, ao optar por concentrar as operações de geração em uma Minicentral Termelétrica a biogás, o modelo proposto estimulou uma única conexão à rede de distribuição, o que não ocorreria caso todos os produtores da área de abrangência do projeto se dispusessem a gerar energia com o biogás que produzem. Com a valorização do biogás como fonte local não convencional para sustentar esta compensação, o projeto mostrou um protagonismo no desenvolvimento de soluções para o fornecimento de energia, hoje permeado pela utilização de combustíveis fósseis, principalmente em microgeradores.

Como mencionado, a unidade de trabalho selecionada foi o município de Entre Rios do Oeste (ERO). O município tem uma população de cerca de 4.700 habitantes, o que pode ser considerado muito pequeno, mas com PIB (2020) de cerca de R\$ 227

milhões, devido ao setor do agronegócio (IBGE, 2020). Durante dois anos de prospecções e análises do potencial de produção de biogás, indicou a existência, em seu território municipal, mais de 130 mil suínos, cerca de 2,5 mil vacas leiteiras e de 355 mil aves, cujas dejeções não são adequadamente tratadas, conforme observado em visitas realizadas ao município de 2012 a 2015 (Figura 4).

Assim, o arranjo técnico proposto no projeto previu um ciclo econômico envolvendo o poder público municipal e alguns produtores rurais, visando adquirir o conhecimento necessário para uma implantação completa no município e também sua replicação em outras unidades administrativas, estimulando-se as economias locais com base na cadeia produtiva da geração de energia elétrica com biogás, fomentando assim uma nova dimensão de serviços especializados e suprimentos, com alta demanda por mão de obra especializada e por fornecedores, com impactos diretos na economia local e regional.

Figura 4: Município de Entre Rios do Oeste



Fonte: o autor.

Ao final da execução, o projeto de P&D implantou um arranjo técnico inovador que viabilizou a concretização de um modelo de negócio de impacto social e retorno econômico significativos para o município de Entre Rios do Oeste. Para o setor elétrico, também houve contribuição de forma inédita, com uma fonte energética que promove o saneamento rural e ajuda impulsionar o agronegócio em qualquer escala.

O biogás foi o elemento chave para essa revolução energética vinda do campo, pois é resultado do tratamento da biomassa residual produzida pela atividade rural, que atuava como inibidora do crescimento e do ganho de competitividade das propriedades de pequeno e médio portes, mas que representam mais de 80% dos estabelecimentos no Paraná e é responsável pela ocupação de 70% das pessoas que trabalham nesse setor, segundo último Censo Agropecuário do IBGE (2020).

O projeto também oportunizou o debate em torno do biogás e da importância de respeitar a legislação ambiental quando o assunto é a destinação de dejetos de animais, em particular os gerados na suinocultura (OLIVEIRA, 2017). Ao longo de 42 meses de execução, a cidade de Entre Rios do Oeste, com pouco mais de 4.000 habitantes envolveu-se em torno do projeto, além do poder público e as cidades no entorno do município, que acompanharam diariamente a evolução de cada etapa física implantada.

Os resultados do projeto de P&D demonstraram que foi possível a transformação do passivo ambiental da pecuária em um ativo econômico, promovendo sanidade animal e consequente fortalecimento e competitividade da produção da proteína animal e da geração de renda. A alternativa tecnológica tem potencial de escalabilidade no Brasil e, em particular, no estado do Paraná. A solução desenvolvida contrapõe-se a geração centralizada, dificultosa para a maioria dos produtores rurais e com menor atratividade do ponto de vista econômico (OLIVEIRA, 1993).

Entretanto, a consolidação destes arranjos tecnológicos exige investimentos e a ampliação das opções de fornecedores, ampliando a cadeia para suporte às demandas peculiares de projetos que exploram o biogás como fonte energética. Essa mudança de patamar, no entanto, somente é alcançada demonstrando-se a viabilidade econômica dos projetos com biogás para estimular a atração de investidores e do interesse público no assunto. Por esses motivos, este projeto de P&D modificou o *status quo* da geração distribuída no país, a partir da elaboração de um modelo de negócio único, que beneficia tanto o setor público quanto o privado nos aspectos econômicos, sociais e ambientais.

A Figura 5 apresenta o exemplo de um produtor, com as escavações dos biodigestores a serem cobertos. Os produtores envolvidos seguiram o modelo, levando o biogás gerado até o gasoduto na saída de suas propriedades (CELESC, 2013).

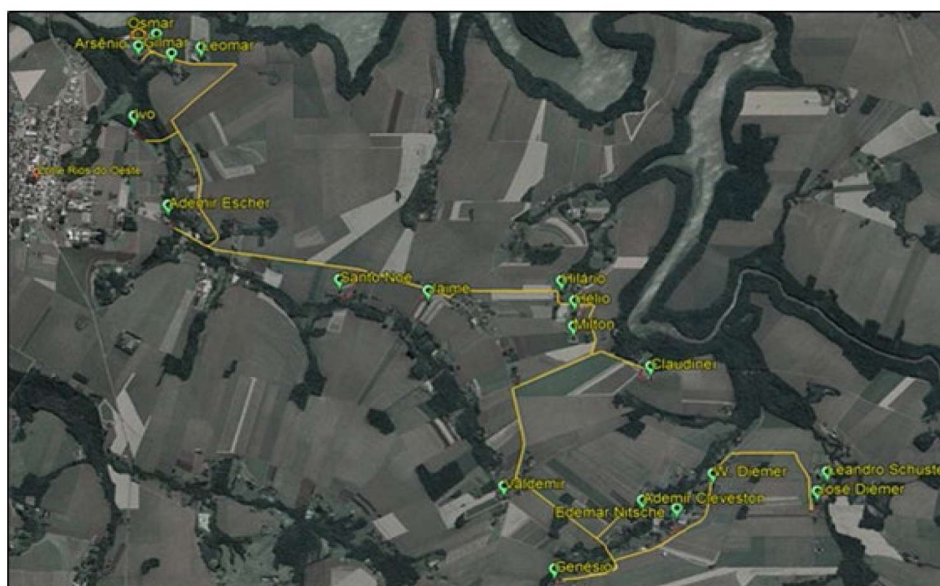
Figura 5: Exemplo de propriedade rural (instalação de biodigestor)



Fonte: o autor.

A Figura 6 mostra o gasoduto total construído no arranjo, com cerca de 20 km de extensão.

Figura 6: Gasoduto completo do arranjo em Entre Rios do Oeste



Fonte: o autor.

A Micro central termelétrica é apresentada na Figura 7, a seguir. Com 5 gasômetros de estoque de gás, fica garantida a continuidade da produção.

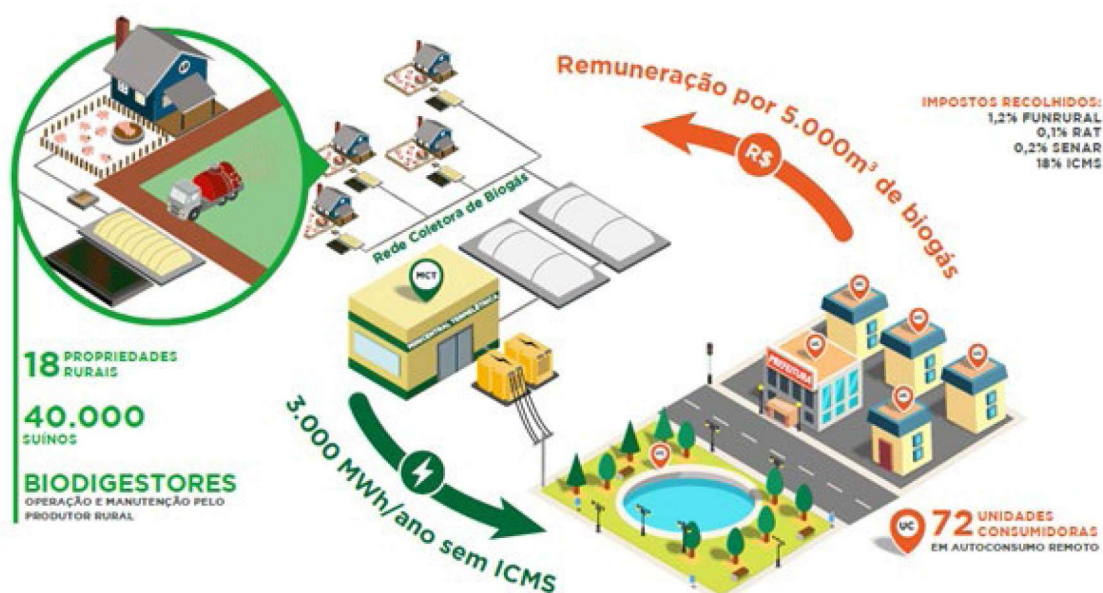
Figura 7: Micro central em Entre Rios do Oeste



Fonte: o autor.

Finalmente, o modelo de operação da unidade instalada, a ser considerado neste estudo, é apresentado na Figura 8, a seguir.

Figura 8: Modelo de operação do arranjo em ERO



Fonte: o autor.

Esta estrutura de operação está funcionando continuamente, já com todas as variáveis de manutenção sob controle, e domínio completo dos técnicos da prefeitura municipal de Entre Rios do Oeste.

1.1 JUSTIFICATIVA

O Estado do Paraná é um caracterizado pela geração hidroelétrica de energia, com 4 das principais hidrelétricas do país. Como pode ser observado na Figura 9, três usinas têm localização fixas ao longo do Rio Iguaçu, o que faz com que a geração de energia não seja realizada de forma distribuída no Estado, necessitando de uma rede de transmissão pelo Estado, para garantir o fornecimento aos consumidores.

Esta forma de geração tem 2 problemas principais: não há mais localidades geográficas que comportem novas usinas e a distância dos consumidores faz com que a qualidade da energia nos finais de linha possa ser comprometida, por razões técnicas.

Figura 9: Hidrelétricas do Estado do Paraná



Fonte: adaptado do site da COPEL.

Tecnicamente este último problema pode ser, de forma simplista, explicado da seguinte forma:

- Ao se colocar carga na rede, a tensão se dissipa;
- Conforme o consumo vai crescendo ao longo do dia, a carga cai nos fins de linha, como ocorre em qualquer residência com vários eletrodomésticos ligados;
- Com carga baixa, os consumidores de fim de linha passam por desligamentos com mais frequência, com problemas de fornecimento e de tempo sem energia, pois a manutenção pela COPEL ainda tem que se deslocar para os centros de falha.

Resumindo, a frequência de interrupção individual por unidade consumidora (FIC) aumenta e a duração de interrupção individual por unidade consumidora (DIC), também. O aumento de carga na origem também aumentaria a carga nas extremidades, mas haveria sobrecargas nas localidades próximas dessa origem, causando problemas de desligamento automático, gerando aumento nos índices da mesma forma. Fontes de geração distribuídas resolvem este tipo de problema, se estiverem localizadas mais próximas das extremidades da rede elétrica.

Paralelamente, o Estado do Paraná tem característica de produção agropecuária, o que gera resíduos ambientalmente tóxicos. No aspecto ambiental, os resíduos de dejetos animais são dispostos no campo, sendo levados pela chuva a regiões mais baixas, atingindo lençóis freáticos e rios. No aspecto econômico, os produtores têm limites de geração de resíduos, impostos pelas leis ambientais do Estado, o que limita o crescimento da produção nos locais de criação de animais (PARANÁ, IAP, 2009).

Com estes problemas colocados, a Geração Distribuída parece ser uma solução óbvia para atender as necessidades do Estado do Paraná. E com as Resoluções Normativas da ANEEL, já citadas, a participação e o apoio das prefeituras municipais se tornam essenciais para se instituir um modelo de GD que permita economia para os municípios, mais energia disponível para a concessionária, sem a necessidade de grandes investimentos, além de retorno financeiro aos produtores.

Desta forma, um estudo das capacidades de produção de biomassa e de energia, por cada município, de forma estruturada em um case de sucesso da própria concessionária estadual de energia, pode ajudar na elaboração de políticas públicas de GD por biomassa, gerando uma fonte de conhecimento, de novas tecnologias e de riqueza.

Assim, um ambiente institucional, com seus marcos regulatórios estaduais e com um marco regulatório nacional (ainda em fase de tramitação no senado pelo PL 5829/2019) é importante para dar segurança ao mercado investidor. No Brasil, a GD iniciou seu desenvolvimento com a Resolução Normativa (RN) nº 482/2012, seguida pela RN nº 687/2015 (ANEEL, 2018), ambas instituídas pela Agência Nacional de Energia Elétrica em seus programas de P&D (ANEEL, 2017). Estas RNs estipularam a necessidade de investimentos em P&D visando a inovação no setor elétrico, e dar condições de inserção de pequenos geradores de energia às redes de distribuição.

1.2 OBJETIVOS

Considerando o exposto anteriormente, a proposta deste trabalho é avaliar a capacidade de geração de energia pelos municípios do Estado do Paraná, com resíduos da produção de proteína animal, de forma tecnicamente modulada como no projeto implementado em Entre Rios do Oeste (ERO). Inclui-se uma avaliação do retorno econômico para as prefeituras, uma vez que gerando energia e entregando a COPEL, há redução dos valores mensais de energia gasta pelo município.

A proposta envolve a utilização do mesmo modelo técnico de engenharia do arranjo montado no município, em sua capacidade de produção de energia elétrica, definido aqui como uma Unidade de Referência ERO (URERO). Essa premissa garante a eficiência máxima das instalações de produção, no limite técnico das resoluções da ANEEL. Os municípios poderão ser classificados pela capacidade de seus resíduos em usar completamente um número inteiro de UREROs:

- a) Municípios sem resíduos suficientes para pelo menos 1 URERO.
- b) Municípios com resíduos suficientes para pelo menos 1 URERO.

Os municípios do item “b” serão classificados de acordo com suas capacidades de minimizar ao máximo suas contas de energia com a COPEL. O gasto público evitado, com a economia na conta de energia elétrica será comparado com os dispêndios municipais em administração de algumas áreas, como fator de suporte às políticas governamentais de investimento na geração de biogás no Estado do Paraná.

É importante ressaltar que esta análise estará com valores subdimensionados, levando-se em conta as condições técnicas conservadoras utilizadas nas estimativas, além do não dimensionamento de lucros ambientais, neste trabalho.

Assim, o foco deste trabalho é avaliar a capacidade potencial de produção de energia elétrica, com a utilização de biogás em motogeradores, oriundo da degradação bioquímica dos resíduos da produção de proteína animal, pelos municípios do Estado do Paraná.

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar de viabilidade de geração individual de energia elétrica por biomassa da pecuária de bovinos, suínos e aves nos municípios do Estado do Paraná.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são os seguintes:

- Coletar e avaliar dados de consumo e falhas de energia elétrica pelos municípios do Estado do Paraná, em 2020, por todas as unidades consumidoras sob responsabilidade das prefeituras municipais.
- Coletar e avaliar dados sobre a produção animal de bovinos, suínos e aves no Estado do Paraná, em 2019 e 2020.
- Coletar e relacionar dados geográficos dos municípios com o consumo de energia.
- Determinar a produção de dejetos produtivos por tipo e por município para avaliar as capacidades de produção de biogás e de energia pelos municípios.
- Quantificar a capacidade municipal de produção modulada em UREROs.
- Determinar valores econômicos dos dispêndios evitados por município e comparar valores com dispêndios com Educação Pública pelos municípios.
- Propor sugestões de financiamento e apoio a geração distribuída.

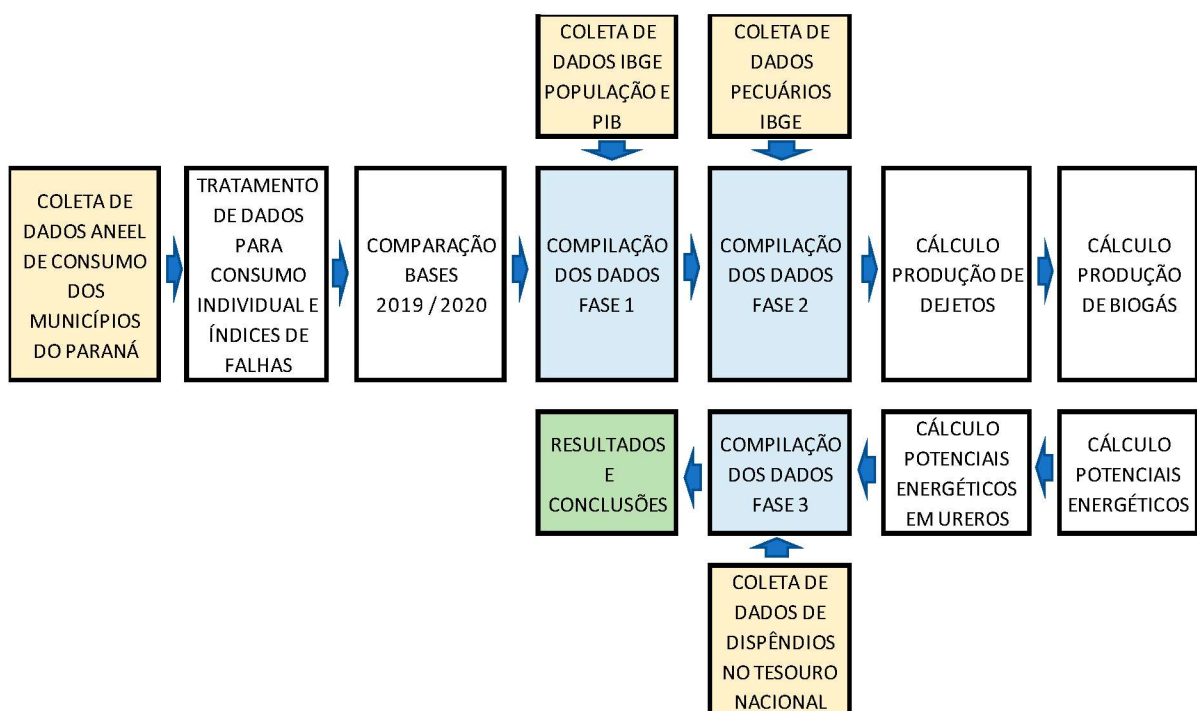
1.3 METODOLOGIA

As análises aplicadas com os dados obtidos neste trabalho foram intercomparativas e intracomparativas, apresentando em cada caso, os diagramas regionais após determinação das especificidades de cada município, com relação à geração de biomassa, de energia, de valores econômicos não dispendidos etc. O foco foi verificar a possibilidade de se aplicar políticas públicas para geração de renda aos municípios, via utilização de resíduos ambientais.

Outro ponto importante foi o requisito de que para se investir na geração de energia, o insumo energético tem que ser garantido e de qualidade, ou seja, a geração de biomassa agropecuária pelos municípios deve ser algo garantido a longo prazo, no Estado do Paraná.

Assim, a metodologia envolveu a aquisição e o tratamento prévio dos dados obtidos nas diversas fontes, antes da aplicação de qualquer premissa de cálculo. A Figura 10 apresenta o fluxograma seguido para tratamentos dos dados

Figura 10: Fluxograma dos procedimentos adotados



Fonte: o autor.

Todos os dados originais foram tratados em planilha Excel, para conferência de conformidade, alinhamento alfabético, conteúdo das células, para todos os 399 municípios do Estado. Foi utilizado o software livre GeoDa Versão 1.18.0 de dezembro de 2020 para a diagramação dos dados nos mapas do Estado do Paraná.

1.3.1 Coleta de dados de consumo de energia elétrica pelos municípios do Estado do Paraná

Para a obtenção dos dados sobre o consumo de energia elétrica das entidades do Poder Público Municipal foram utilizados os dados contidos no Sistema de Informação Geográfica Regulatório (SIG-R) da ANEEL, definido pela Resolução Normativa nº 730/2016 e revisado pela Resolução Normativa nº 937/2021 que define seu atual conteúdo. O SIG-R é composto pelo Base de Dados Geográfica da Distribuidora (BDGD) cuja estrutura é definida no Prodist – Módulo 10 (ANEEL, 2021).

O acesso ao BDGD deve ser solicitado a ANEEL através da Plataforma Integrada de Ouvidoria e Acesso à Informação do Governo Federal (ANEXO 1).

1.3.2 Coleta de dados sobre a produção animal de bovinos, suínos e aves no Estado do Paraná, em 2019 e 2020.

Os dados sobre o efetivo de rebanhos em 2019 e 2020 para os municípios do Paraná foram obtidos a partir das bases de dados do Sistema SIDRA do IBGE, com informações da tabela de identificação 3939.

Foram obtidos inicialmente os dados de 2019 e de 2020, para a possibilidade de um estudo comparativo devido a pandemia. Considerando que a evolução do rebanho não foi considerável neste intervalo, tendo o rebanho bovino se reduzido em apenas 4,3%, o de Aves se reduzido apenas 1,0%, e o de suínos (maior no Paraná) crescido 1,6%, optou por fazer as análises apenas no ano de 2020 (ANEXO 1).

1.3.3 Dados demográficos dos municípios.

Os dados de população e PIB dos municípios foram obtidos diretamente do site do IBGE (ANEXO 1).

1.3.4 Mensuração da produção de dejetos dos municípios.

A capacidade de produção de dejetos foi calculada pelos valores máximos das faixas, sendo 15 kg diários por bovino, 2,8 kg diários por unidade de suíno, e 0,18 kg diários por ave. Estes índices foram escolhidos por serem os considerados pela EMBRAPA Aves e Suínos (Kunz, 2006). São valores médios, pois certamente oscilações sazonais, raciais, e por diferentes formas de criação, podem ocorrer.

1.3.5 Determinação das capacidades de produção de biogás pelos municípios.

As capacidades de produção de biogás, em metros cúbicos, também foram calculadas com base nos índices utilizados pela EMBRAPA Aves e Suínos (Kunz, 2006). As taxas utilizadas, em m³ de biogás / animal / dia, foram de 0,36 para os bovinos, 0,24 para os suínos e 0,014 para as aves.

1.3.6 Determinação da capacidade de produção de energia pelos municípios.

Segundo Nishimura (2008), apud ENEGEP (2012), a relação de equivalência de energia entre a energia elétrica e o biogás é de 6,5 kWh/m³. Porém, a conversão do biogás em eletricidade utilizando grupos geradores (motor de combustão interna) possui um rendimento de 25%, o que reduz a equivalência para 1,62 kWh/m³. Esta taxa foi adotada neste estudo, sendo bem conservadora, uma vez que a tecnologia de motores à combustão evolui continuamente.

1.3.7 Quantificação da capacidade de produção modulada em UREROS.

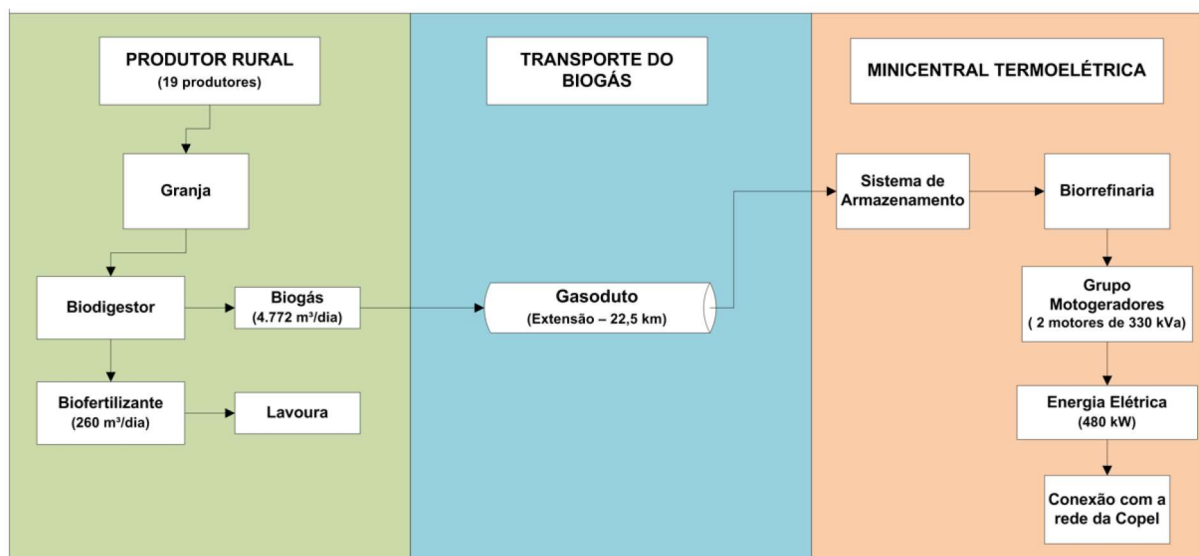
Conforme mencionado, no município de Entre Rios do Oeste foi construída uma célula de operação para geração de energia, a partir de dejetos de suínos. Este projeto foi realizado pela Copel e será apresentado a seguir neste trabalho. A célula foi montada em condições técnicas mínimas, visando a redução de custos, com geração em limite máximo determinado pela Aneel. Assim, essa usina foi considerada o módulo mínimo a ser instalado, ou seja, uma unidade de referência (URERO). Para um município com excesso de dejetos, foi avaliada a instalação de mais de uma unidade, sempre para garantir a produção máxima das instalações, visando retorno máximo dos investimentos.

Assim, a operação ideal de cada unidade foi considerada nas seguintes condições:

- 2 motogeradores de 240 kW cada (o limite estipulado pela ANEEL é de 500 kW por usina).
- Funcionamento em 6 horas por dia.
- Funcionamento em 20 dias por mês.
- Funcionamento em 11 meses por ano.

Estas condições permitem manutenção preditiva e corretiva quando necessário, sem alterar as metas de produção anual de energia. Desta forma, é esperada uma geração de cerca de 633.600 kWh ao longo do ano, por cada unidade ERO. Este valor foi o limitante para definir quantas UREROs cada município pode suportar com seus dejetos. A Figura 11, a seguir, apresenta o diagrama de funcionamento da unidade de referência instalada em Entre Rios do Oeste.

Figura 11: Esquema de operação da Unidade de Referência (URERO)



Fonte: COPEL (2020).

É importante ressaltar que os cálculos foram feitos para geração com dejetos únicos, ou seja, não foi considerada a possibilidade de mistura de diferentes dejetos, devido a geração de condições físicas diferentes na estrutura da micro usina, além de fatores químicos e biológicos específicos, que dificultariam o processo de biodigestão (SALOMON, 2007; HENN, 2005).

1.3.8 Determinação dos valores econômicos dos dispêndios evitados por município.

As prefeituras municipais são consideradas consumidores nível B3 pela concessionária de energia, pagando atualmente R\$ 0,79878 por kWh consumido. Desse valor, 14,5% são impostos fixos, ou seja, o máximo de isenção ou de compensação que as unidades consumidoras podem abater é de 85,5% do valor pago pela energia. Assim, para efeito de cálculo de economia com a GD na conta de energia, somente estes 85% podem ser considerados.

Outro fator na conta é o gasto da prefeitura, atualmente, com a compra de biogás dos produtores, que atualmente está R\$ 0,30 / m³. Este valor deve ser adicionado ao custo final da GD.

1.3.9 Comparação de valores com dispêndios públicos dos municípios.

Para efeito de comparação dos valores economizados ou até mesmo gerados pelos municípios do Estado do Paraná, foi feita uma comparação com dispêndios administrativos municipais. Estes dados foram obtidos no Tesouro Nacional, pelo SICONFI do Setor Público Brasileiro (ANEXO 1).

2 REVISÃO DA LITERATURA

Devido à sua dimensão territorial, o Brasil possui uma agricultura, uma pecuária e uma agroindústria bastante diversificadas e de grande valor econômico, especialmente compostas pela produção de grãos e de proteína animal. Os resíduos destas culturas podem ser largamente aproveitados na produção de energias, oriundas de fontes renováveis, utilizando-se de diversas tecnologias já disponíveis no mercado brasileiro (COMASTRI FILHO, 1981). Os resíduos orgânicos podem ser submetidos a processos biológicos para redução do potencial poluidor, diminuindo-se a carga orgânica e efeito tóxico ao meio ambiente (CHERNICHARO, 2007).

O processo anaeróbico gera biogás, ou seja, uma mistura de gases (metano, dióxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, entre outros) com alto potencial energético, e esta geração ocorre em um biodigestor. A tecnologia é simples e escalável, ou seja, tem um significativo poder de abrangência geográfica. Desta forma, o biogás se coloca como um recurso de importância ambiental, econômica e social (YUAN, 2008).

Porém, a participação do biogás na matriz elétrica brasileira é ainda pequena, apesar do grande potencial envolvido. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME, 2015), apud FIEP (2016), no Quadro 2, este tipo de energia corresponde a apenas 0,06% da potência instalada.

Quadro 2: Potência instalada no Brasil em 2015

Fonte	Nº Usinas	Potência instalada (MW)	Estrutura %	Potência média por usina
Hidrelétrica	1.186	89.193	66,6	75
UHE	202	84.095	62,8	416
PCH	487	4.790	3,6	10
CGH	497	308	0,2	1
Gás	155	14.208	10,6	92
Gás Natural	121	12.550	9,4	104
Gás Industrial	34	1.658	1,2	49
Biomassa	504	12.341	9,2	24
Bagaço de Cana	387	9.881	7,4	26
Biogás	25	70	0,1	3
Outras	92	2.390	1,8	26
Petróleo	1.263	7.888	5,9	6
Nuclear	2	1.990	1,5	995
Carvão Mineral	13	3.389	2,5	261
Eólica	228	4.888	3,6	21
Solar	311	15	0,011	0,05
TOTAL	3.662	133.913	100,0	37

Fonte: FIEP / SENAI (2016).

Uma vez que a geração de energia no Brasil tem uma história ligada a usinas hidrelétricas, a inserção de uma nova matriz sempre vai gerar resistência pelo setor, incertezas compreensíveis e atraso em relação ao que se faz na Europa e nos Estados Unidos. Certamente, um olhar para outras tecnologias audaciosas requer um apoio de Estado, principalmente em uma área estratégica como essa.

O termo biomassa descreve os resíduos geralmente recentes de organismos vivos, animais ou plantas, utilizados diretamente como combustíveis (bagaço de cana, por exemplo) ou para a sua produção (dejetos animais, por exemplo.). Esta massa biológica constitui uma importante reserva de energia, pois é constituída essencialmente por carboidratos, compostos suscetíveis à reações que geram hidrocarbonetos combustíveis (GRADY, 1999).

A energia oriunda da biomassa pode ter utilização térmica, elétrica ou mecânica. De uma forma geral, as fontes principais de energia são: a **madeira** (e seus resíduos), os **resíduos agrícolas**, os **resíduos municipais sólidos e líquidos** (COELHO, 2006), os **resíduos dos animais**, os **resíduos da produção alimentar**, as **plantas aquáticas** e as **algas** (GOSPODINOV, 2014).

As vantagens da energia produzida por Biomassa são:

- É uma energia renovável;
- É pouco poluente, não emitindo quantidade elevada de resíduo sólidos poluentes, pois ao ser tratada na biodigestão, diminui-se o nível de poluição do próprio resíduo;
- É altamente eficiente no processo de geração de energia confiável e a resposta às variações de procura é elevada;
- A biomassa sólida é de baixo custo;
- Verifica-se uma menor corrosão dos equipamentos (caldeiras, fornos, etc).

As desvantagens da energia produzida por Biomassa são:

- Desflorestação de florestas no caso da madeira, além da destruição de *habitats*;
- Se usada diretamente como combustível, possui um menor poder calorífico quando comparado com outros combustíveis;

- Dificuldades no transporte e no armazenamento de biomassa sólida.
- Necessidade de centrais termoelétricas;
- Investimento em novas centrais e unidades energéticas com base em tecnologias avançadas.
- Plataformas multifuncionais para certos fins tais como a eletrificação específica;

Porém, os aspectos sociais envolvidos são cada vez mais considerados nas decisões de investimento, tanto pelo setor público como no privado. Entre estes aspectos estão:

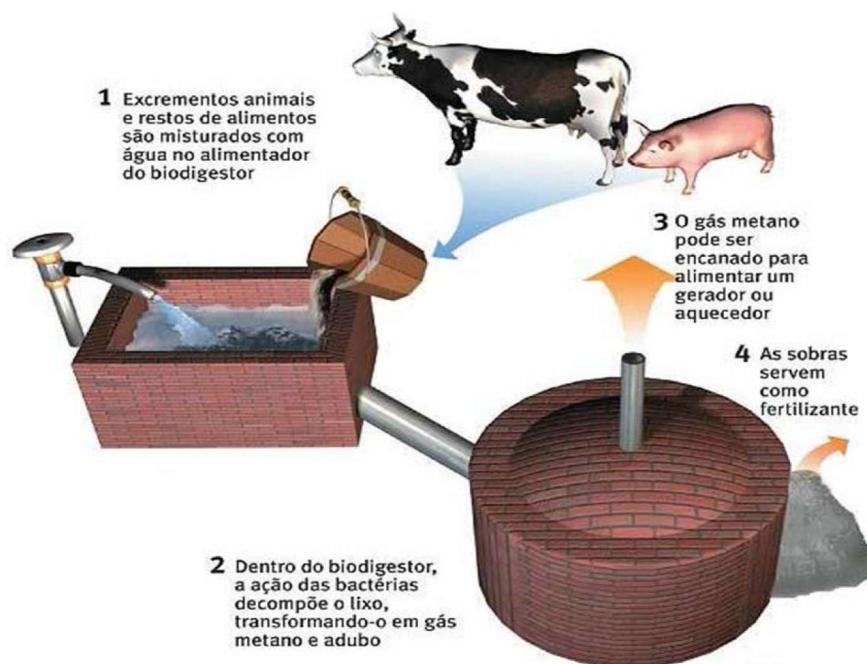
- Aproveitamento direto do insumo gerado pela e para a sociedade;
- Aumento da oferta de energia;
- Geração local de empregos;
- Redução de odores e toxinas do ar;
- Diminuição da emissão de poluentes;
- Geração descentralizada;
- Viabilidade do saneamento básico;
- Redução na emissão de gases efeito estufa;
- Redução das emissões de metano nos aterros e nos tratamentos de esgoto (impacto do metano é 20 vezes maior que o CO₂).

Já os aspectos econômicos envolvidos vão depender das condições legais da região, com suas regras, normativas e leis. Contudo, de uma forma geral no país, estes evoluem para um estímulo ao investimento, tanto pelo setor público como no privado. Entre estes aspectos estão:

- Possibilidade de venda de eletricidade à rede com receita extra, sob a forma de crédito de energia;
- Viabilidade econômica do tratamento do lixo ou resíduos, quando for o caso;
- Redução na quantidade de eletricidade comprada;
- Cogeração quando for o caso;
- Produção interna de eletricidade e calor para os processos de produção;
- Maior eficiência do processo interno com melhor viabilidade econômica.

No século XVIII, o biogás começou a ser produzido em larga escala em biodigestores espalhados pela China e Índia, com a intenção de atender as necessidades energéticas na zona rural. A utilização desse gás em larga escala permitia, naquela época, que a humanidade reduzisse o consumo de madeira. O esquema simples de geração de biogás é apresentado na Figura 12.

Figura 12: Base da geração de biogás em plantas de animais

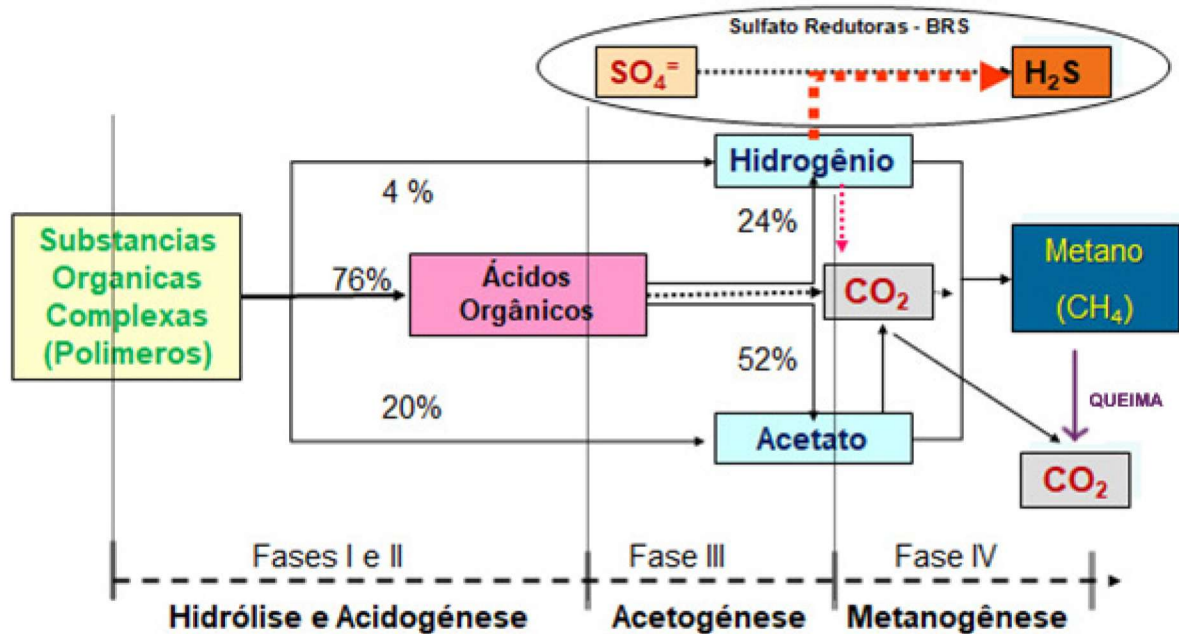


Fonte: CIBIOGÁS (2020).

Já há algumas décadas, o aproveitamento do biogás foi uma estratégia adotada pelos países desenvolvidos como consequência da melhora do tratamento dado aos resíduos orgânicos, visando uma melhoria no saneamento ambiental. As estações de tratamento que geram biogás passaram a ser tratadas como Plantas de Biogás, onde o principal produto é o biogás gerado, sendo o resíduo do tratamento ou saneamento visto como um subproduto (JORDÃO, 2009).

Estas Plantas de Biogás já são empregadas nos países desenvolvidos há mais de 30 anos, em diversas configurações e escalas, constituindo uma forma eficiente de tratamento de resíduos orgânicos de origem doméstica, rural ou industrial. No Brasil, durante o período da crise energética na década de 70, a busca por energias alternativas despertou o interesse em aplicar a tecnologia da biodigestão anaeróbica, de forma apenas ilustrativa, apresentada na Figura 13.

Figura 13: Geração anaeróbica de metano/biogás



Fonte: CIBIOGÁS (2020).

Apenas para esclarecimento químico, biogás é o nome dado a um combustível gasoso obtido pela digestão **natural** anaeróbia de compostos orgânicos (resíduos) e que é basicamente constituído por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), podendo ser utilizado para a geração de energia com aplicações, principalmente no meio rural.

O gás também pode ser produzido em biodigestores anaeróbicos, equipamento no qual ocorrem reações químicas de origem biológica. O principal componente do biogás é o metano (CH_4), cerca de 65%, um hidrocarboneto de cadeia curta e linear que é o responsável pela geração de energia. A maior ou menor presença de metano no gás, portanto, é o que indica sua qualidade ou pureza e o que determina o poder calorífico (DROSG, 2019).

Como consequência do alto teor de metano, o biogás é um ótimo gás para a geração de energia térmica e para ser utilizado em motores à explosão. O outro gás presente em grande quantidade no biogás é o dióxido de carbono (CO_2) com cerca de 35%. Algumas características do biogás são:

- O biogás é considerado uma fonte limpa de energia, pois a emissão de gases poluentes é bem menor em comparação com a queima de combustíveis fósseis.
- É um importante substituto para os combustíveis derivados de petróleo.

- Por meio de geradores, pode ser usado para a geração de energia elétrica, principalmente em meios rurais.
- A produção de lixo orgânico pode ser revertida na geração de energia limpa e, portanto, dá uma finalidade útil aos aterros sanitários.
- Possibilita a geração de fertilizantes.
- É uma alternativa ao uso do GLP (gás de cozinha).

Qualquer matéria orgânica pode ser adicionada aos tanques fechados hermeticamente, denominados biodigestores anaeróbicos, para a produção de bioenergia, como por exemplo:

- Produção animal: suinocultura, pecuária e avicultura (dejetos e rejeitos);
- Resíduos agrícolas: cascas, folhagens e palhas, restos de cultura;
- Resíduos industriais: bagaços, descartes, efluentes e gorduras, restos de restaurantes de unidades fabris, efluentes industriais com elevada carga orgânica, entre outros.

Os biodigestores podem ter diversos tamanhos e volumes, sendo dimensionado de acordo com a quantidade de matéria orgânica que será adicionada, como mostrado anteriormente na Figura 13. É importante ressaltar que cada matéria-prima ou fonte de resíduo terá um potencial de geração de biogás. Resíduos altamente fibrosos (bagaço de cana, casca de arroz), considerados de baixa digestibilidade, apresentam potencial de geração, mais com custos mais elevados de pré-tratamento. Já materiais ricos em amido (restos de grãos ou grãos deteriorados), proteína (restos e sangue de abatedouro), celulose (gramíneas) e carboidratos apresentam um potencial mais elevado de produção do biogás.

Assim, não é recomendável a mistura de biomassas de diferentes origens, uma vez que as variáveis se multiplicam e o domínio do processo passa a ter riscos operacionais. Neste trabalho, considerou-se a aplicação monoresidual da biomassa oriunda dos dejetos individuais gerados pela pecuária de bovinos, suínos e aves, pois estudos específicos seriam necessários para avaliar biomassas multiorigens (MANDAL, 1999).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme indicado na metodologia, os materiais principais utilizados nesta pesquisa foram dados obtidos sob a forma de várias planilhas, com os informações a serem avaliadas, filtradas e tratadas, de forma a se montar um banco de dados específico para os objetivos propostos.

Estes dados estão disponíveis de forma gratuita pelos órgãos do governo federal e, para serem comparados, devem ser alocados nas planilhas com máxima precisão, para evitar troca de dados específicos entre colunas e linhas das tabelas de trabalho.

Os cálculos utilizados se basearam na comparação direta dos valores, originais ou já trabalhados. Após a aplicação das constantes de transformação de uma unidade para outra, como por exemplo, de quantidade de dejetos para energia potencial produzida, os dados foram alimentados no software GeoDa, e distribuídos em percentis, para posterior distribuição espacial no mapa do estado do Paraná.

Em seguida, foi realizada uma distribuição em classes por unidades de referência (URERO), em planilha Excel®, para avaliação econômica de valores a serem aplicados em investimentos, valores de tempo de retorno e comparação matemática, pelo software Microcal Origin®.

4 RESULTADOS DA MENSURAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO ENERGÉTICA COM BIOGÁS PARA OS MUNICÍPIOS PARANAENSES

Como já apresentado nas seções 1.3.5 a 1.3.7, o procedimento de contabilidade das capacidades de geração de resíduos, de biogás e de energia, por cada município do Estado do Paraná, foi calculado com bases científicas, mas podem oscilar de acordo com a evolução tecnológica dos procedimentos técnicos e de manipulação dos resíduos (WALKER, 2009).

Um resultado esperado neste trabalho é verificar o quanto a GD pode significar em termos de novos direcionamentos de gastos públicos no orçamento das Prefeituras Municipais. Assim algumas premissas foram e devem ser consideradas neste estudo.

Certamente os valores fixos utilizados nos cálculos devem ser atualizados constantemente, para garantir mais precisão nas análises espaciais, geográficas e financeiras.

4.1 PREMISSAS CONSIDERADAS

Alguns pontos a serem observados são as premissas para a análise dos dados. As premissas técnicas foram apresentadas na metodologia, mas alguns pontos devem ser ressaltados, para evitar comparações inequívocas.

4.1.1 Obrigações da COPEL

Como qualquer concessionária, os indicadores de qualidade de fornecimento e de qualidade de energia são índices monitorados pela ANEEL, para garantir a concessão e a análise das tarifas aplicadas, ou seja, os indicadores para aferir a qualidade dos serviços prestados estão regulamentados em legislação específica e contratos de concessão. São indicadores de frequência e duração da interrupção no fornecimento apresentados na conta de energia. Além disto, a concessionária deve observar níveis máximos e mínimos de tensão de acordo as normas definidas pela ANEEL.

Dois importantes indicadores que aparecem na conta de luz são o de duração de interrupção individual (DIC) e a frequência de interrupção individual (FIC), considerados neste estudo, conforme já apresentado. Caso estes índices estejam fora dos padrões mínimos definidos pela ANEEL, o consumidor pode ser indenizado, e deve ser o caso na hipótese de sofrer prejuízos, desde que comprovada de forma clara e inequívoca a responsabilidade não ser da unidade consumidora e a hipótese de sofrer prejuízos como consequência da má qualidade dos serviços prestados pela concessionária.

Assim, entende-se que deve ser de interesse da concessionária que a GD reforce a qualidade da energia, para evitar problemas com a ANEEL, quando da renovação de concessões, justificando investimento estatal para melhorar o fornecimento de energia. Certamente o outro ponto de reforço ao apoio do desenvolvimento da GD no Estado é o recebimento de energia sem grandes investimentos de ampliação de produção, permitindo melhor posicionamento institucional nas negociações com o Operador Nacional do Sistema – ONS. Este tipo de variação das tarifas conforme a capacidade de fornecimento de energia não foi avaliada neste estudo.

4.1.2 Grandes Municípios

As análises realizadas consideraram todos os municípios paranaenses com dados disponibilizados nas bases recebidas. Para alguns poucos municípios não havia dados completos, o que não afetou os resultados do trabalho, mas um ponto importante é que para os municípios maiores, como Curitiba, Londrina, Maringá, entre outros, os valores são bem diferenciados, por razões do desenvolvimento regional de cada município.

Os dados são apresentados para estes municípios, mas a geração de energia por GD pelos mesmos envolve uma consideração de escala, pois a geração de resíduos pela pecuária estaria nas vizinhanças e em limites municipais. Para municípios de grande porte, a GD com resíduos orgânicos urbanos seria mais adequada do que com resíduos agropecuários. Outro estudo poderia ser realizado para esses municípios, envolvendo resíduos do CEASA, como os alimentícios, devido ao poder de geração de biogás, além do caráter orgânico dos mesmos.

4.1.3 Considerações Políticas

Durante a implantação do Projeto Entre Rios do Oeste (ERO), um dos maiores obstáculos foi a demora na aprovação na Câmara Municipal, dos regulamentos, regimentos, procedimentos, lei municipal etc., pertinentes à compra de biogás, e à aplicação de recursos, pela Prefeitura, durante a operação do sistema instalado. As discussões foram mais políticas do que técnicas, com viés das eleições seguintes, sem possibilidade de interferência técnica por parte do executor do Projeto, no caso o CIBIOGÁS.

Assim, não são contempladas neste estudo as considerações partidárias de cada município que seriam de importância estrutural para implantação de qualquer modelo de GD, principalmente se o município não tiver condições técnicas de gerar biogás, mas estiver na vizinhança de um município com excesso de produção, podendo gerar um cluster de energia, mediante negociação política entre prefeitos e vereadores.

4.1.4 Limitações Culturais e Municipais

Uma vez que a geografia e a topologia de cada município são fatores importantes para instalação de unidades geradoras de energia, cabe ressaltar que alguns municípios podem ter leis específicas para proteção cultural e ambiental.

É o caso de municípios com fontes termais ou refúgios ecológicos, que por lei são impedidos de intervenção com obras civis ou estruturantes, visando manter a qualidade do meio ambiente, sem a interferências do ser humano. Neste trabalho, não foram especificados tais municípios, devido à falta de disponibilidade de informações públicas específicas, ou seja, os questionamentos levariam muito tempo para serem respondidos.

Alguns municípios mantêm reservas indígenas, com regulamentação cultural específica, bem como normativas de aplicação de verbas dedicadas a grupos específicos. Também não foram levadas em consideração estas especificidades, por motivos semelhantes aos ambientais.

4.1.5 Limitações Técnicas de Biomassa

As biomassas consideradas no trabalho foram os dejetos da pecuária bovina, suína e de aves para abate. O processo de manejo destes dejetos é bem diferenciado entre as 3 culturas, exigindo procedimentos específicos para cada um. Outro ponto é que foi muito raramente observada a existência de produtores com 2 ou os 3 grupos de produção ao mesmo tempo, e em larga escala.

Além disso, as propriedades com os mesmos tipos de pecuária tendem a estar próximas entre si, por razões de logística de recebimento e de distribuição de insumos. Este fato diminui o custo com a instalação dos gasodutos que levam o biogás gerado nas propriedades até a minicentral termelétrica.

Resumindo, o tratamento de resíduos por cada produtor é determinado pela sua produção, não sendo considerada a mistura de resíduos. Desta forma, considerou-se os três tipos de produção como independentes entre si.

4.1.6 Retorno Ambiental

A produção de proteína animal gera bastante resíduo na forma de excrementos dos animais em criação. Como é um processo contínuo, os produtores não têm como estocar ou até mesmo tratar e secar este tipo de resíduo, deixando ao ambiente aberto para mais tarde realocar no campo.

Considerando a patologia do resíduo e o óbvio transporte natural, via chuvas, para regiões mais baixas, que incluem rios e lençóis freáticos, a toxidade gerada é dispersada no meio ambiente. Como há uma alta carga orgânica, ao chegar em lagos e lagoas, o resíduo estimula a eutrofização com posterior formação de algas, alterando as biotas e a vida animal nas regiões afetadas, gerando gases de efeito estufa (CROVADOR, 2010).

Este tipo de dano ambiental é difícil de quantificar economicamente, pois dependerá de vários fatores geográficos, ambientais e de economia local. Assim, neste trabalho não foi considerada a valoração ambiental, embora entendendo-se sua importância. Porém, cabe ressaltar que o IAP mantém restrições de quantidade de animais em produção, devido à carga orgânica liberada no solo. Desta forma, a aplicação de tratamento anaeróbico aos resíduos, garante uma diminuição da toxidez

e conseqüentemente a permissão ambiental para o aumento da produção. No caso do Projeto Entre Rios do Oeste, foi o que aconteceu com os produtores envolvidos no primeiro consórcio, chegando alguns a ampliar entre 10% e 20% seus plantéis, somente no primeiro ano de produção de energia.

4.2 CARACTERÍSTICAS DO ESTADO DO PARANÁ

A coleta de dados públicos, conforme mencionado, envolveu bancos de dados do IBGE, da ANEEL e da Secretaria do Tesouro Nacional. Cabe ressaltar que nem todos os municípios estão em todas as bases de dados, além de alguns estarem fora de ordenação e com nomes diferenciados entre os arquivos. Estes fatores foram cuidadosamente observados, para evitar alteração dos dados quando se utiliza o software GeoDa.

Algumas características do Estado do Paraná são apresentadas a seguir, para efeitos de visualização regional dos dados obtidos, e comparação entre variáveis. O Estado está dividido em 10 mesorregiões, 39 microrregiões e 399 municípios (Figura 14).

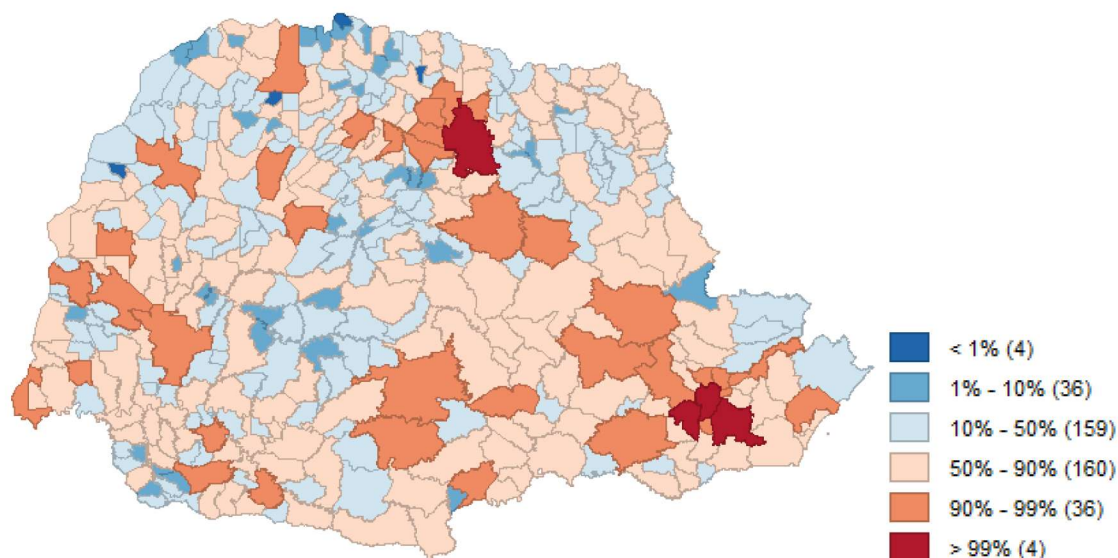
Figura 14: Divisões geográficas e políticas do Estado do Paraná



Fonte: o autor / GeoDa.

Com relação ao PIB (2020) dos municípios, observam-se 2 concentrações principais de desenvolvimento, na região metropolitana de Curitiba e na região metropolitana de Londrina. Ao observarmos o mapa da Figura 15, de uma forma geral, os municípios com menor PIB estão distribuídos nas regiões oeste e central.

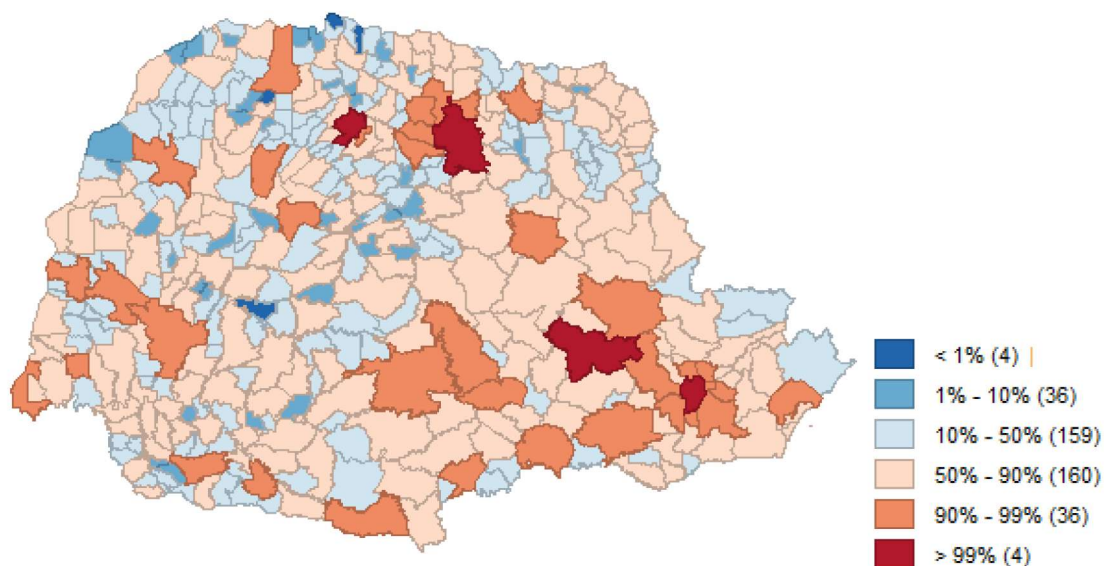
Figura 15: Distribuição do PIB (2020) no Estado do Paraná



Fonte: o autor / dados IBGE (2020).

Uma distribuição bem similar ao PIB se observa com os dados demográficos do estado (Figura 16).

Figura 16: Distribuição da população (2020) no Estado do Paraná



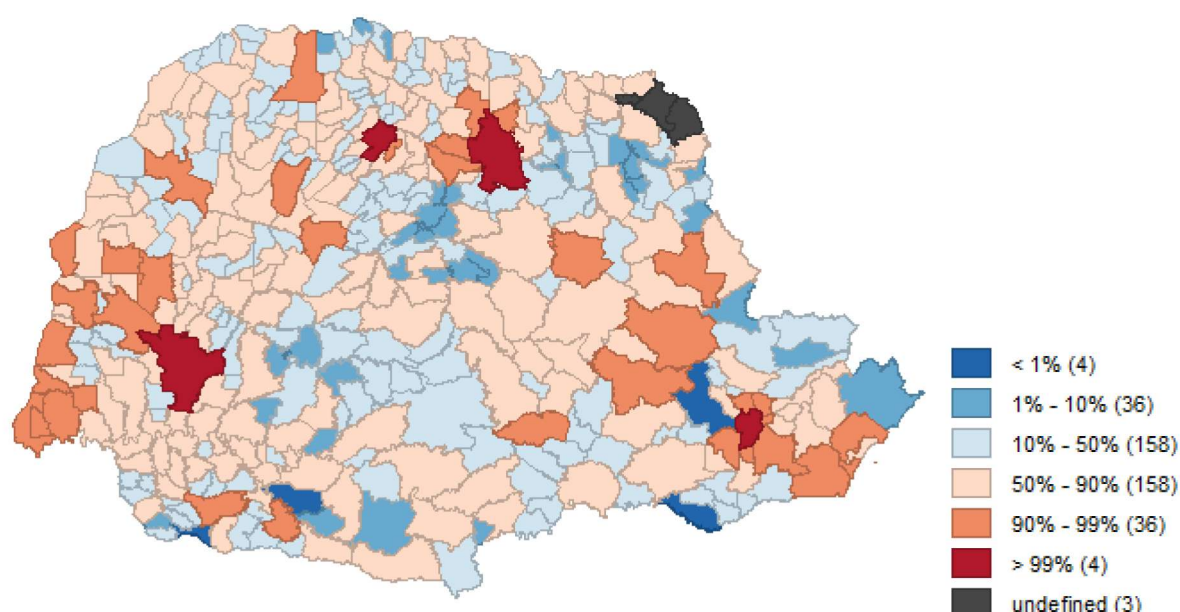
Fonte: o autor / dados IBGE (2020).

Os mapas anteriores apenas corroboram com a hipótese de que o PIB é proporcional à população municipal, considerando alguma relação de capacidade de produção com o número de habitantes. A comparação foi feita, considerando que o

oeste do Paraná é menos populoso e, portanto, detém regiões mais ligadas à agropecuária do Estado, e, como já mencionado, são regiões mais distantes das fontes geradoras de energia elétrica do Estado.

Quando se observa o consumo de energia elétrica em kWh (Figura 17), pode-se notar uma demanda mais evidente na região oeste, principalmente em Cascavel, e região lindeira ao lago da Itaipu Binacional, como também nas regiões de Maringá, Londrina e Curitiba.

Figura 17: Distribuição do consumo de energia (kWh em 2020) no Estado do Paraná

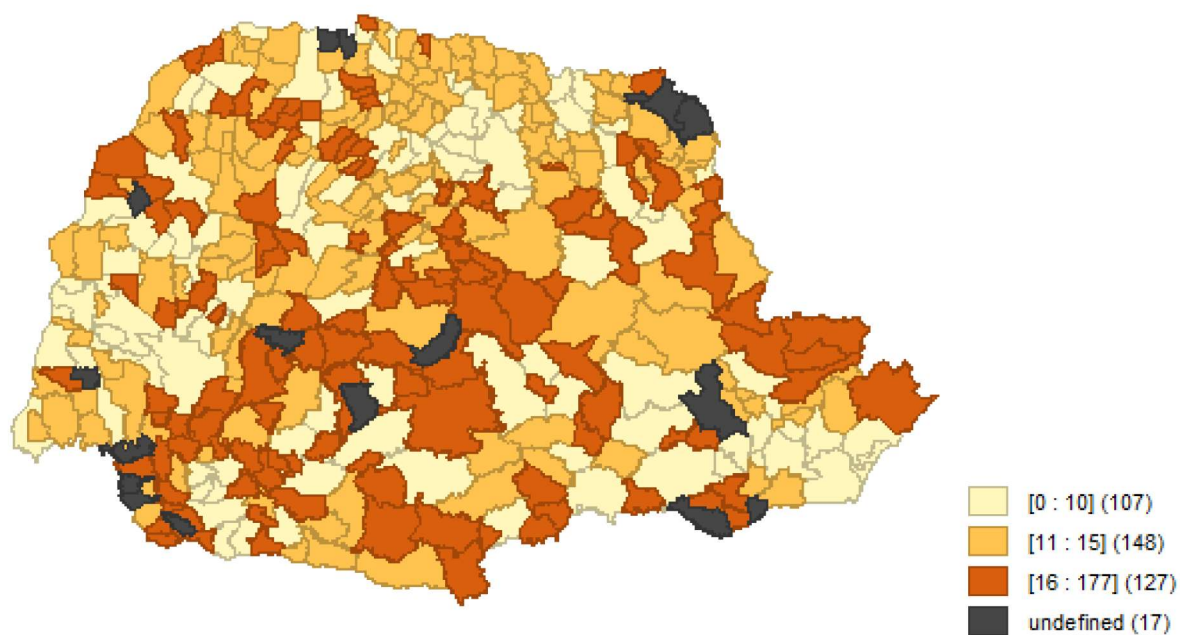


Fonte: o autor / dados IBGE (2020).

Como já mencionado, algumas regiões estão mais afastadas dos pontos de geração, o que leva a índices maiores de frequência de falhas de fornecimento (FIC) e de tempo médio para restauração da energia após uma falha (DIC), principalmente devida à necessidade de movimentação de equipes de manutenção (Figuras 18 e 19).

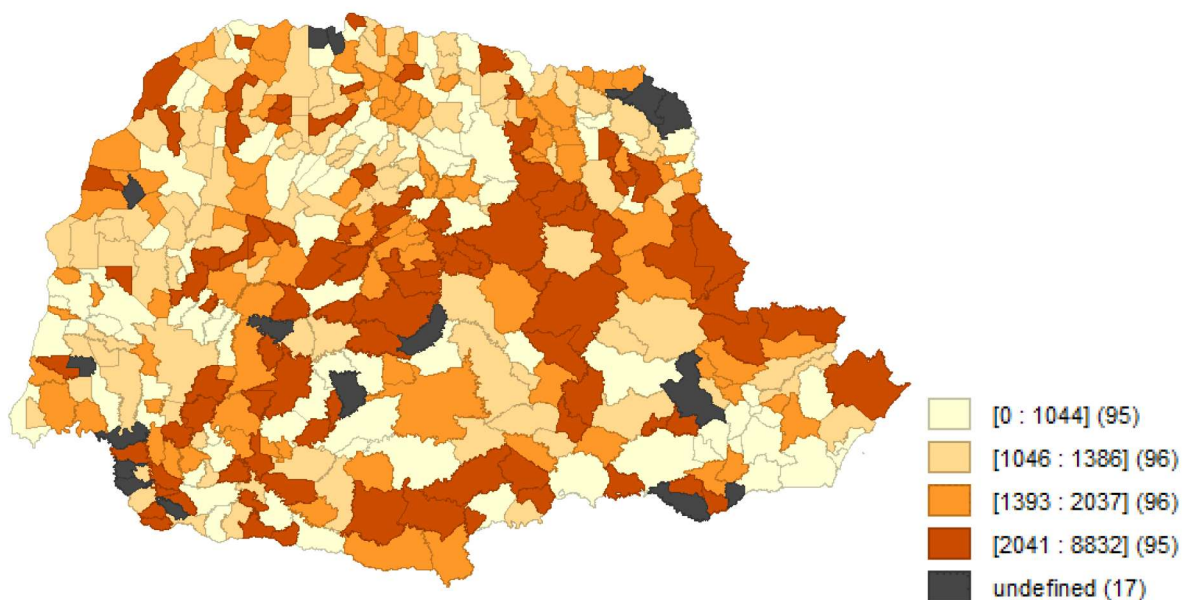
Ao se observar o DIC per capita (Figura 20), fica mais clara a dificuldade de atendimento e recuperação de falhas nos municípios do oeste do Estado, independentemente do tamanho dos mesmos. Para a concessionária, é um custo elevado de manutenção, principalmente em época de chuvas mais fortes, ou com tempestades com alta incidência de raios e ventanias, fora os riscos eminentes de acidentes com as equipes reparadoras.

Figura 18: Distribuição do índice de FIC no Estado do Paraná (2020)



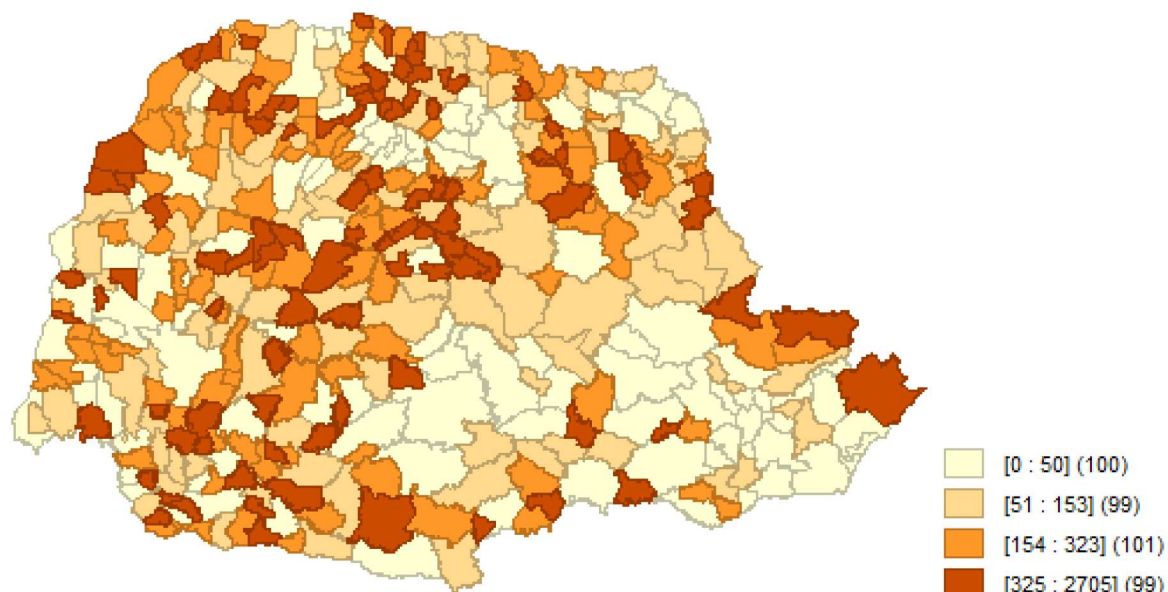
Fonte: o autor / dados IBGE (2020).

Figura 19: Distribuição do índice de DIC no Estado do Paraná (2020)



Fonte: o autor / dados IBGE (2020).

Figura 20: Distribuição do índice de DIC per Capita no Estado do Paraná (2020)



Fonte: o autor / dados IBGE (2020).

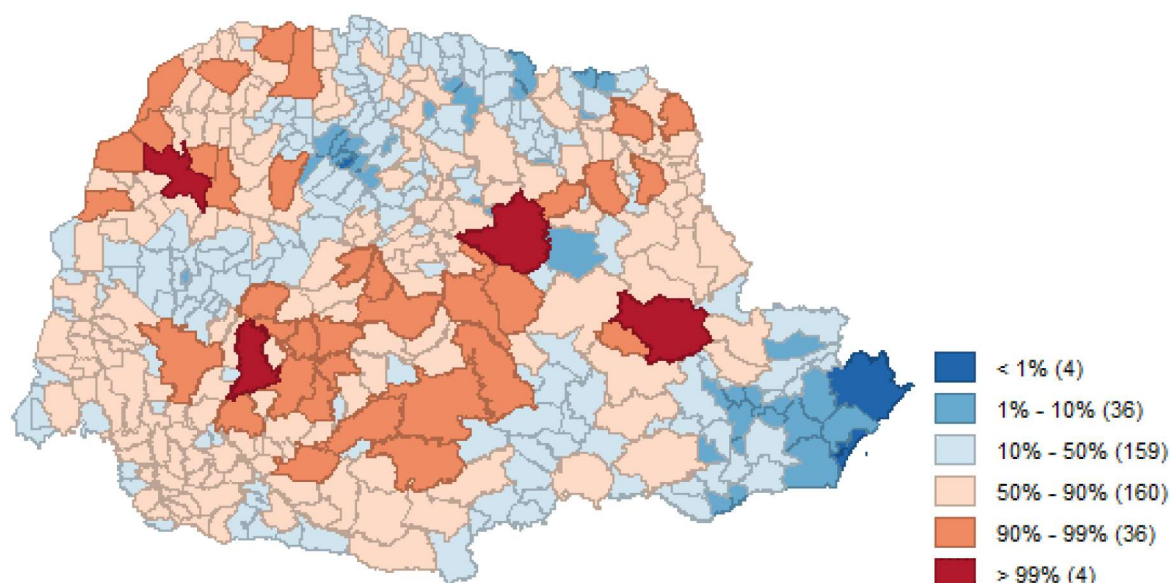
Outro ponto importante a ser considerado é que durante o período de falhas no fornecimento de energia, ocorre lucro cessante para o comércio, para o serviço e para qualquer atividade industrial nos municípios afetados, ou seja, índices de DIC elevados são um desestímulo à implantação de empreendimentos maiores ou mais relacionados com a atividade industrial, no interior do Estado.

Os mapas apresentados anteriormente corroboram com a proposta de análise deste trabalho para reforçar a importância de uma Geração Distribuída no desenvolvimento local do Estado do Paraná.

4.3 POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE BIOMASSA

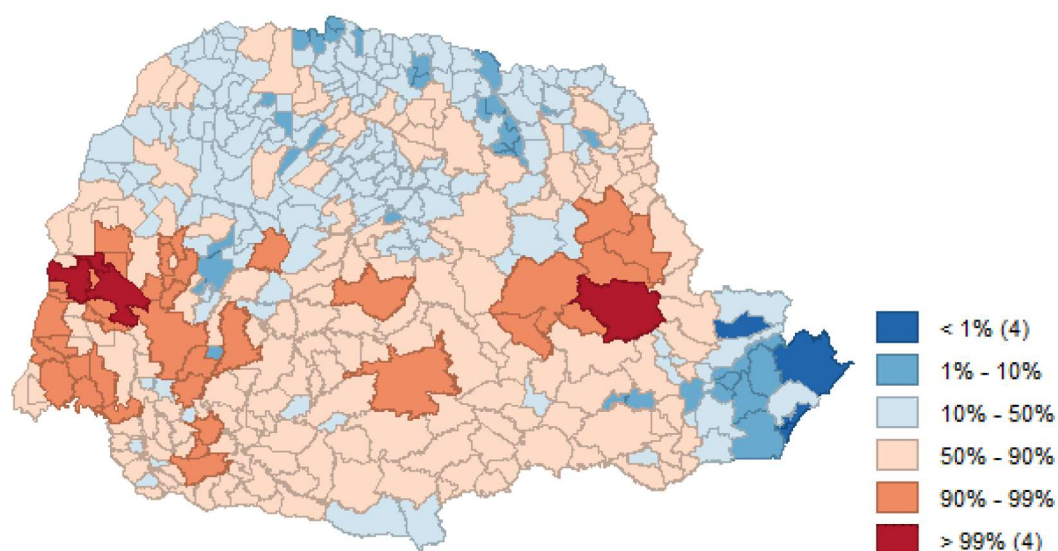
Considerando a relação direta entre a capacidade de geração de biomassa com o número de animais nos plantéis dos municípios, conforme já apresentado, os mapas das Figuras 21 a 23, a seguir, mostram a distribuição de bovinos, suínos e aves no Estado.

Figura 21: Distribuição de bovinos (2020) no Estado do Paraná



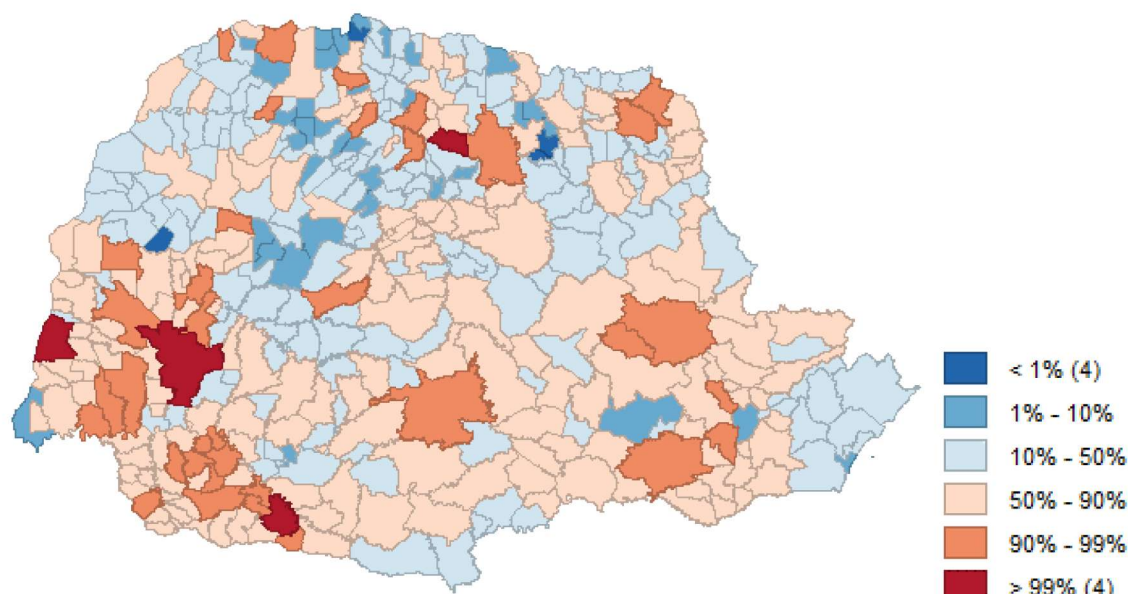
Fonte: o autor / dados IBGE (2020).

Figura 22: Distribuição de suínos (2020) no Estado do Paraná



Fonte: o autor / dados IBGE (2020).

Figura 23: Distribuição de aves (2020) no Estado do Paraná



Fonte: o autor / dados IBGE (2020).

Os mapas anteriores deixam claro que as localizações dos principais rebanhos estão do centro-sul para o sudoeste do Estado, sendo o rebanho de bovino mais disperso, provavelmente pelos efeitos expansivos das criações no sul do Estado de São Paulo, até mesmo no Noroeste, onde não existe significância quanto a produção de suínos e aves. Já o Sudoeste do Estado tem influência do Noroeste do Estado de Santa Catarina, onde a produção em aviários, como exemplo na região de Concórdia, é relevante para a base econômica local.

A produção de proteína animal é uma das vocações produtivas mais relevantes do Estado do Paraná, historicamente agropecuário desde sua formação.

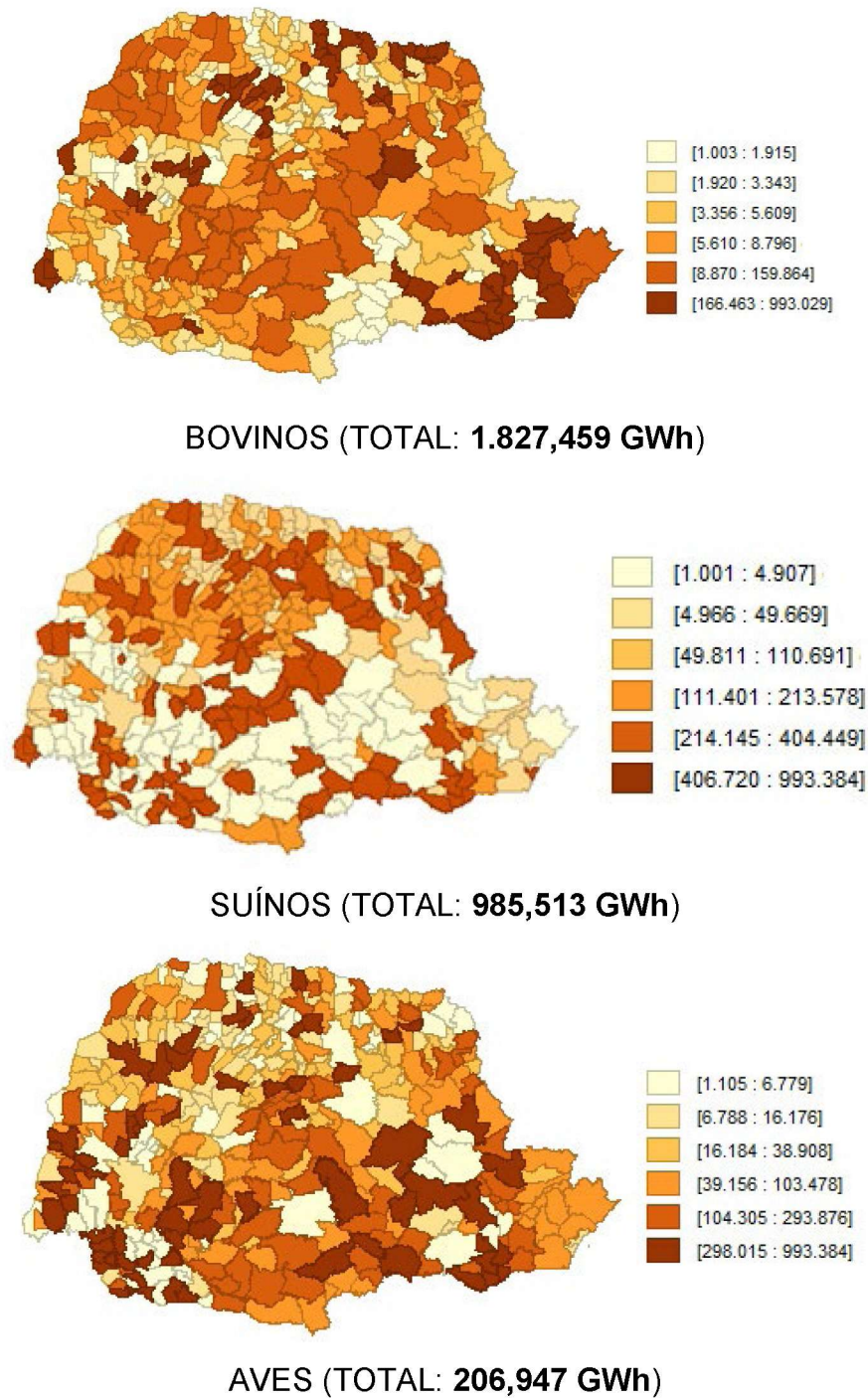
4.4 POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA

Em um primeiro momento, observa-se na Figura 24, a seguir, a distribuição do potencial energético calculado dos rebanhos, já levando em conta as diferentes capacidades de geração de biogás de cada insumo energético, conforme indicado no item 1.3.5.

De uma forma geral, comparando os 3 mapas, pode-se observar que as biomassas se complementam em termos de poder geográfico de geração, indicando

que a quase totalidade dos municípios produzem algum dejeito, que poderia ser aplicado em GD, sem avaliação ou premissas técnicas e econômicas.

Figura 24: Distribuição do potencial de GD (em MWh) com rebanhos de bovinos, suínos e aves no Estado do Paraná (anual)



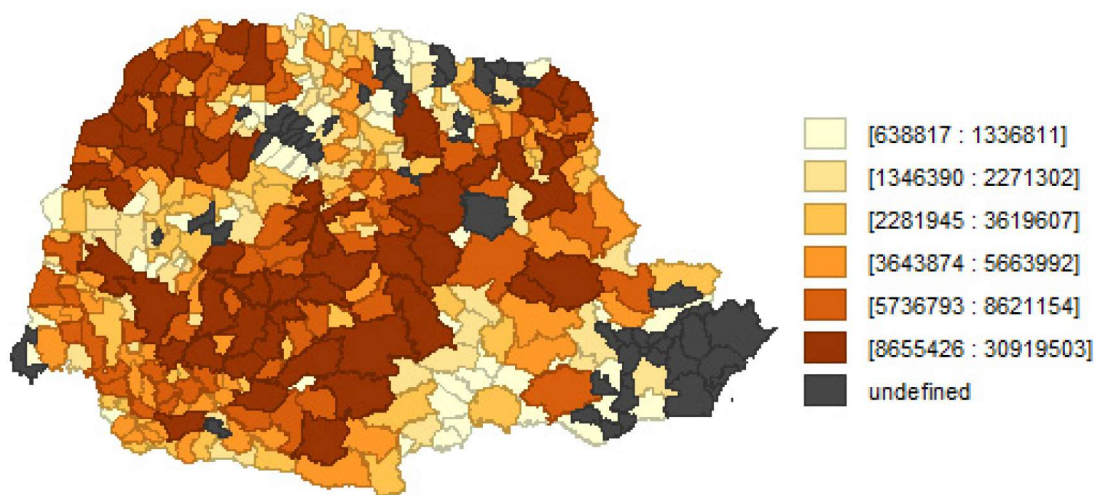
Fonte: o autor / dados IBGE e ANEEL.

Os potenciais energéticos indicados foram calculados como já comentado na metodologia do trabalho, nas condições e nos índices de transformação química determinados. Porém, como a proposta de análise envolve a possibilidade de investimentos públicos no Estado, deve-se considerar o aproveitamento máximo das instalações e dos insumos.

Assim, deve-se desconsiderar os municípios que não tem, para nenhum dos tipos de dejetos, condições de produzir o mínimo de 633.600 kWh, ou seja, a capacidade de 1 instalação URERO, na proposta deste trabalho, como já mencionado.

As Figuras 25a e 25b, a seguir, mostram mapas com esta consideração, indicando em preto os municípios que não seriam considerados de programas de investimento energético. É importante ressaltar que um município que não tenha carga mínima para operar com algum dejeito, pode ter com outro. Os mapas são individuais por tipo de dejeito. Os potenciais totais foram determinados pelas somas individuais dos municípios que atendem ao requisito de quantidade mínima de dejetos para operação de uma URERO.

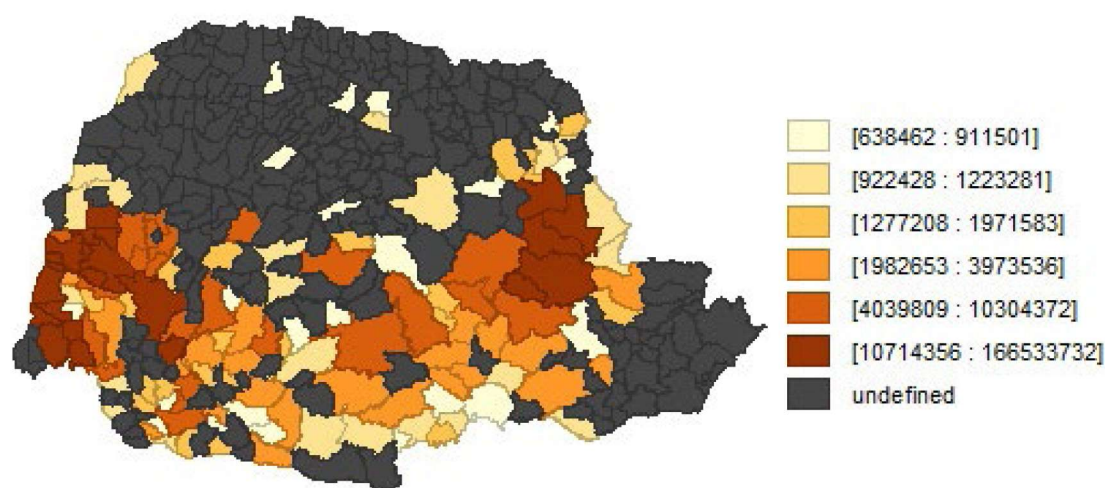
Figura 25a: Distribuição do potencial de GD (em MWh) com rebanhos de bovinos, suínos e aves no Estado do Paraná, considerando a instalação e o aproveitamento total de **apenas uma URERO** (anual)



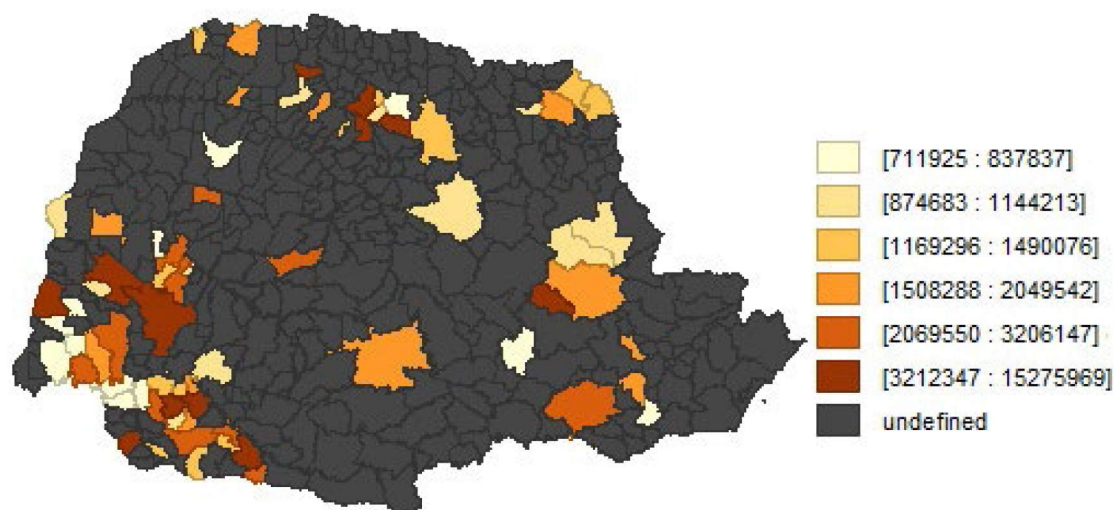
BOVINOS (TOTAL: 1.810,311 GWh)

Fonte: o autor / dados IBGE e ANEEL.

Figura 25b: Distribuição do potencial de GD (em MWh) com rebanhos de bovinos, suínos e aves no Estado do Paraná, considerando a instalação e o aproveitamento total de **apenas uma URERO** (anual)(continuação)



SUÍNOS (TOTAL: **931,023 GWh**)



AVES (TOTAL: **166,103 GWh**)

Fonte: o autor / dados IBGE e ANEEL.

Considerando apenas 1 URERO instalada por município, não importando em que rebanho, com produção máxima indicada de operação, o potencial energético cai 4% quando comparado ao potencial teórico indicado na Figura 28. Nestas

considerações adotadas, 47 (12% a menos) municípios estariam fora da capacidade de instalação deste tipo de GD.

No ano de 2020, a totalidade dos municípios do Estado consumiu cerca de 205.985 MWh, com um total estimado de gasto com energia em torno de R\$ 164.537.309. Certamente pode-se avaliar as possibilidades de geração apenas pelos municípios capazes de reduzir suas contas de energia, considerando apenas o pagamento mínimo estipulado pela COPEL, e avaliar a capacidade de entrega de energia em excesso destes municípios, ou seja, após cobrir seus custos. Este valor é importante para a concessionária, pois ela aumentará sua disponibilidade energética para negociar no mercado nacional, fechado ou aberto.

Assim, foram calculados os valores econômicos com as seguintes considerações:

- Foram desconsiderados os municípios que não tem condições técnicas de gerar energia e operação máxima, nem com apenas uma URERO instalada.
- Em seguida foram avaliadas 7 situações possíveis, considerando instalações de apenas 1 URERO em todos os municípios, considerando somente os municípios que suportam 2 UREROs e assim por diante até os municípios que suportam 6 unidades. O apêndice 1 apresenta as capacidades de receber UREROs por cada município. A partir da consideração de 7 unidades, os resultados obtidos já decresciam bastante, tornando inviável este tipo de arranjo para os municípios do Paraná.
- A última situação foi adotar um esquema múltiplo em que foram considerados todos os municípios possíveis, ou seja, nos seus limites máximos. Desta forma, um número maior de municípios poderia ser contemplado, sendo cada um adaptado ao seu limite de produção de energia, até reduzir ao máximo sua conta com a concessionária.
- O governo estadual seria o investidor principal, via a concessionária estatal, para implantação das UREROs nos municípios com as diversas capacidades de geração.

As tabelas 2 e 3 apresentam os valores obtidos considerando a economia total dos municípios e a oportunidade de revenda de energia em excesso pela COPEL, para o cálculo do *payback* simples.

O valor de revenda previsto é o mesmo cobrado para os municípios, de forma a se ter um cálculo estimado, uma vez que o mercado de energia é bastante complexo,

principalmente em épocas de pandemia. O valor estimado de uma URERO completa em todos os componentes foi de R\$ 5.000.000,00, também sem considerar economia de escala, como já discutido. Certamente uma instalação de 6 UREROs em um município teria o valor unitário bem reduzido, já que materiais e equipamentos seriam os mesmos para todo o sistema.

Tabela 2: Cálculos econômicos da aplicação do modelo URERO nos municípios do Paraná (parte 1)

UREROs POR MUNICÍPIO (n)	MUNICÍPIOS QUE COBREM OS GASTOS ENERGÉTICOS COM n UREROs	ECONOMIA ANUAL TOTAL DOS MUNICÍPIOS	EXCESSO ENERGÉTICO (GWh/ano)
1	298	R\$ 40.337.889	107,776
2	284	R\$ 49.115.061	264,034
3	265	R\$ 50.916.099	401,424
4	242	R\$ 48.021.060	511,784
5	210	R\$ 46.127.749	572,898
6	185	R\$ 41.428.484	620,068
MAX POSSÍVEL	349	R\$ 66.455.772	851,108

Fonte: o autor.

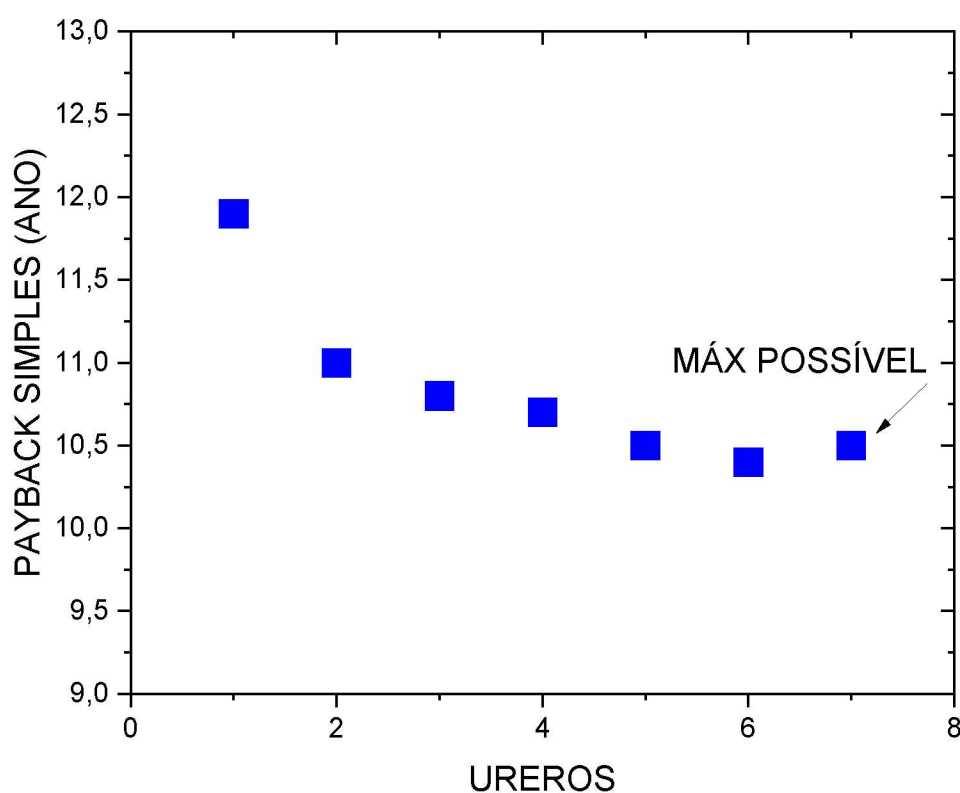
Tabela 3: Cálculos econômicos da aplicação do modelo URERO nos municípios do Paraná (parte 2)

OPORTUNIDADE DE RETORNO PARA COPEL SE VENDER O EXCESSO (anual)	TOTAL DE EROS A 5 MILHÕES CADA	PAYBACK (ANOS)	QUANTIDADE DE UREROs
R\$ 85.131.185	R\$ 1.490.000.000	11,9	298
R\$ 208.557.816	R\$ 2.840.000.000	11,0	568
R\$ 317.080.803	R\$ 3.975.000.000	10,8	795
R\$ 404.253.064	R\$ 4.840.000.000	10,7	968
R\$ 452.526.401	R\$ 5.250.000.000	10,5	1050
R\$ 489.785.513	R\$ 5.550.000.000	10,4	1110
R\$ 672.281.698	R\$ 7.770.000.000	10,5	1554

Fonte: o autor.

Mesmo com o conservadorismo aplicado nas premissas anteriormente indicadas, todos os modelos implicam em um *payback* simples entre 10 e 12 anos, ou seja, passa a ser uma decisão de Governo o volume e a forma inicial de investimento na GD com biogás (gráfico 1), ou seja, investindo em vários municípios com menos unidades em cada um, ou em um número de municípios, com mais de uma unidade possível.

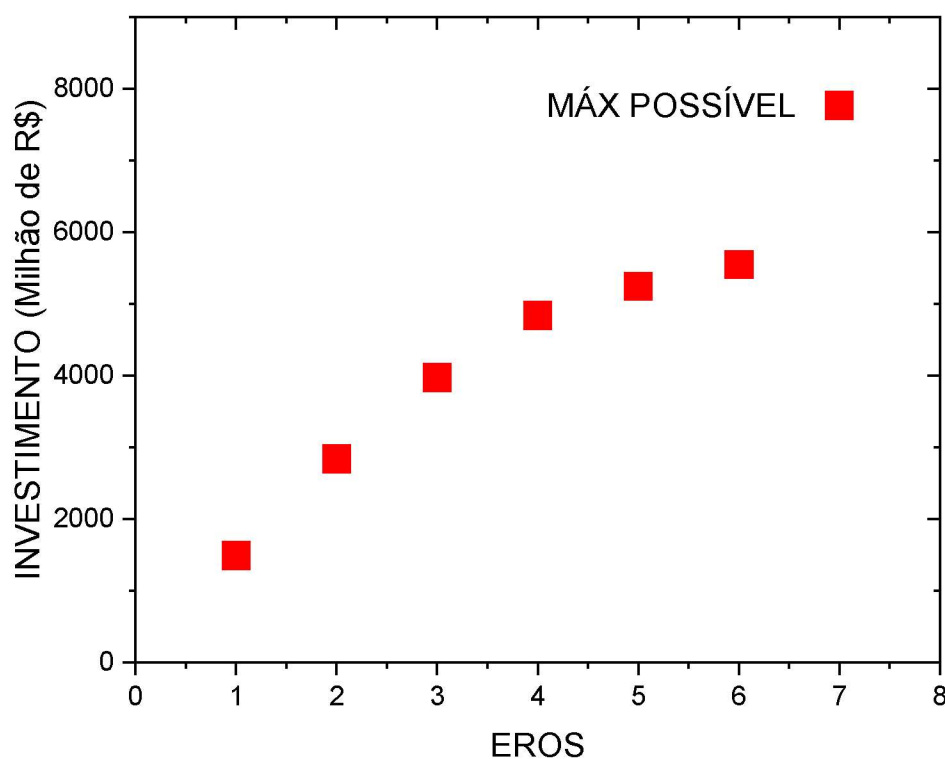
Gráfico 1: Variação do Payback simples em função do arranjo de UREROS



Fonte: o autor.

Como pode ser observado nas tabelas anteriores, qualquer proposta de investimento pode ser escolhida, não impossibilitando começar com uma instalação simples nos municípios com maior DIC e FIC, seguindo para expansão, conforme disponibilidade financeira do Estado, na programação de gastos do Plano de Governo (gráfico 2).

Gráfico 2: Variação do investimento em função do arranjo de UREROs



Fonte: o autor.

Entende-se que a viabilização desses investimentos impõe a necessidade de planejamento e execução de um programa de fomento. O Governo Estadual, via COPEL, poderia assumir este papel de agente estatal e preparar um programa de GD a biogás, tendo em vista que a companhia tem consolidado *know how* para desenvolver as ações de logística de obras, localização, suporte, controle e finalização de projetos civis nesta área no âmbito do Estado do Paraná.

4.5 ECONOMIA EM DISPÊNDIOS PÚBLICOS

Considerando que as prefeituras estariam economizando com a conta de energia do município, estes valores poderiam entrar no orçamento de dispêndios, em vários outros itens de gasto público. Neste sentido, foi realizada uma comparação

entre os dispêndios de 2020 para algumas rubricas, e a potencial economia com a implantação da GD pelos municípios.

Conforme já mencionado na metodologia, os valores de dispêndios das prefeituras municipais em 2020 foram obtidos no Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro. Estes valores são classificados em: empenho, liquidação e pagamento. O empenho é o valor que o órgão público reserva para efetuar um pagamento planejado, podendo ocorrer após a assinatura de um contrato de prestação de serviço. Quando cada serviço for executado, o valor é liquidado, e quando o prestador de serviço receber o valor do serviço concluído este é considerado o valor pago. Assim, o empenho é o ato emanado de autoridade competente, que cria para o estado a obrigação de pagamento pendente ou não de implemento de condição; ou seja, a garantia de que existe o crédito necessário para a liquidação de um compromisso assumido. É o primeiro estágio da despesa pública.

A liquidação é o segundo estágio da despesa orçamentária e terá como base: o contrato, ajuste ou acordo respectivo; a nota de empenho; e os comprovantes da entrega de material ou da prestação efetiva do serviço. O pagamento é o último estágio da despesa pública. Caracteriza-se pela emissão do cheque ou ordem bancária em favor do credor.

Considerando que os itens acima são apenas definições do estágio em que encontra uma aquisição de bens ou serviços, pelo órgão público, os gastos apenas de **despesas pagas** em 2020 foram considerados nos cálculos deste trabalho. Mesmo que o fechamento de alguma aquisição seja realizado no período contábil seguinte, considera-se que o período sob análise comparativa também recebeu pagamento do período anterior, ou seja, em alguma média, ou valores são comparáveis.

Uma forma dos municípios verificarem a viabilidade financeira de seus investimentos em GD, poderia ser a participação do retorno esperado, comparando com dispêndios gerais para cada rubrica. O arquivo adquirido no SICONFI não contém todos os dispêndios específicos para todos os municípios, mas pode-se utilizar o total do Estado para fins de comparação.

Outros valores de dispêndio poderiam ser comparados com os valores totais economizados, e podem ser avaliados em trabalhos futuros.

Tabela 4: Cálculos econômicos da aplicação do modelo URERO. Participação em dispêndios gerais

UREROs POR MUNICÍPIO (n)	QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS QUE COBREM OS GASTOS EM ENERGIA COM n UREROs	ECONOMIA ANUAL TOTAL DOS MUNICÍPIOS	% NA ADM DA SAÚDE E EDUCAÇÃO	% NA ADM DE SANEAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL	% SOBRE TODO O DISPÊNDIO DO MUNICÍPIO EM 2020
1	298	R\$ 40.337.889	7%	34%	0,03821%
2	284	R\$ 49.115.061	9%	41%	0,04653%
3	265	R\$ 50.916.099	9%	43%	0,04823%
4	242	R\$ 48.021.060	8%	40%	0,04549%
5	210	R\$ 46.127.749	8%	39%	0,04370%
6	185	R\$ 41.428.484	7%	35%	0,03925%
MAX POSSÍVEL	349	R\$ 66.455.772	12%	56%	0,06295%

OBS: ADM refere-se aos gastos com a administração pública no item. Fonte: o autor.

Finalmente, os arranjos propostos em função da quantidade de UREROs, mostram que o maior retorno é para concessionária, e os municípios podem aplicar suas economias com energia onde for mais adequado no momento da gestão. Os dispêndios que poderiam ter os maiores índices percentuais de retorno são com os gastos de administração pública no saneamento e na gestão ambiental, áreas de maior influência na base da GD aplicada.

4.6 INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS E RETORNOS

Baseando-se no Projeto Entre Rios do Oeste e considerando que os gastos do projeto foram dentro de um Programa de P&D, ou seja, sem economia de escala avaliada, com uma cadeia de fornecedores ainda em desenvolvimento, e metas de entrega de cronograma específicas, os gastos com as 3 principais aplicações são apresentados na tabela 4, a seguir:

Tabela 5 Valores para montagem da rede de GD com biogás em Entre Rios do Oeste

Sistema	Valor (R\$)
Sistema de Transporte de Biogás	3.126.004,90
Equipamentos Propriedades Rurais ¹	1.585.979,95
Minicentral Termelétrica	2.084.840,95
TOTAL	6.796.825,80

Fonte: Projeto Entre Rios do Oeste. COPEL (2016).

Os valores apresentados são os aplicados na época do pagamento, ou seja, em 2020, contabilizados ao final do projeto de 42 meses. Neste trabalho, mantem-se todos os valores a preços constantes.

4.7 INVESTIMENTO DO PRODUTOR

No projeto Entre Rios do Oeste, os produtores individualmente tiveram que investir na montagem de seus biodigestores, nas tubulações internas em suas propriedades, e no maquinário básico, como bombas e válvulas. Este investimento teria que ser privado, uma vez que não haveria como executar gastos com verba pública, dentro de propriedade privada. Vale lembrar que a verba do projeto era da COPEL, dentro do programa de P&D da concessionária.

Mantendo-se esta linha, os produtores que se propusessem a participar de consórcio de energia, poderiam também arcar com os investimentos em suas propriedades, evitando problemas jurídicos futuros com o poder público, ou até mesmo com outros produtores que estivessem fora do consórcio.

Com produções em diferentes tamanhos, no caso do Projeto ERO, o investimento dos 17 produtores variou entre R\$85.000,00 e R\$105.000,00. Alguns produtores arcaram diretamente com seus custos e outros fizeram financiamento direto com o Banco do Brasil, em 5 anos, com juros de 4,5% a.a., ou seja, subsidiado pelo Governo, como estímulo à produção de energia. Os cálculos do projeto indicaram um payback de até 7 anos, considerando a produção estática, ou seja, sem aumento de geração de biogás. Esta consideração é apenas teórica, pois a produção de animais é crescente agora, uma vez que o tratamento aos resíduos passou a ser adequado às normas e exigências do IAP – Instituto Ambiental do Paraná.

Um ponto importante a avaliar é a possibilidade, não considerada neste trabalho, do produtor comercializar o digestato, ou seja, o que sobra da digestão anaeróbica. Este material tem alto poder fertilizante (MALAVOLTA, 2002) e pode ser manipulado para atender diferentes tipos de agricultura, até mesmo fora da área ou região de origem (CELLA, 2010 e SAROLLI, 2018).

Como sugestão neste trabalho, o modelo de financiamento com apoio estatal pode ser mantido, garantindo a confiança do produtor no sistema de crédito, ao qual ele está absolutamente acostumado a recorrer.

4.8 INVESTIMENTO DOS MUNICÍPIOS

No projeto Entre Rios do Oeste, as despesas relativas ao gasômetro, ou seja, o sistema de transporte do biogás, desde a porta dos produtores até a Microcentral Termelétrica (MCT) foram suportadas pelo projeto, uma vez que estava sob estudo dos melhores materiais, sob a forma de escavação e aplicação, conexões etc.

Uma vez estas etapas estarem resolvidas, para novas instalações, as prefeituras municipais devem arcar com estas despesas, dado que são instalações em áreas públicas municipais. Como apresentado na tabela 4, os custos durante o projeto, excluindo os investimentos privados dos produtores, foram de cerca de R\$5.200.000,00, para uma URERO instalada. Alguns pontos devem ser considerados.

- Qualquer fator de escala diminuiria este custo total, ou seja, a disseminação da necessidade deste tipo de serviço, abriria a competição entre empresas do setor mecânico.
- Certamente, para um município que instalasse mais de uma unidade ERO, os custos por unidade seriam minimizados, uma vez que a infraestrutura civil necessária poderia utilizar as instalações prévias de unidades anteriores.
- A disponibilização de um local para instalação da Microcentral Termelétrica em Entre Rios do Oeste foi uma prerrogativa do projeto e responsabilidade da prefeitura municipal daquele município. Para novos projetos, as prefeituras devem negociar suas propriedades para atender às necessidades de instalação das MCT's, visando menor dispêndio e atendimento às prerrogativas técnicas. Na época, o valor estimado do terreno da Prefeitura Municipal de Entre Rios do Oeste foi de R\$100.000,00.

4.9 INVESTIMENTO DA COPEL

Após a geração de energia pela Microcentral Termelétrica, a responsabilidade de conexão com a rede pública é da concessionária, no caso a COPEL. Esta conexão utiliza novo cabeamento elétrico e a instalação de postes urbanos, quando necessário. A quantificação desta etapa, para efeitos de análise de investimento, é muito difícil,

uma vez que a concessionária detém o monopólio deste tipo de atendimento, com seus custos especificados, sem condição de comparação de mercado.

De qualquer forma, no caso do projeto Entre Rios do Oeste, foram montados cerca de 1 km de cabeamento com postes novos, o que não pode ser considerado um grande investimento, se comparado ao retorno esperado com a aquisição de energia limpa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais conclusões e observações deste trabalho norteiam-se na possibilidade do Estado do Paraná em se sobrepôr aos outros Estados da Federação em termos de geração de energia elétrica renovável e de forma sustentável.

O estudo mostrou que a grande maioria dos municípios apresenta potencial de geração de sua própria energia, utilizando resíduos da pecuária. Considerando a capacidade deste resíduos em gerar um combustível limpo, o potencial do Estado do Paraná é um dos maiores do país, devido à quantidade gerada em sua pecuária.

Os valores não dispendidos em pagamento de contas de energia com a concessionária, já previstos por lei nas dotações orçamentárias de todos os municípios, podem ser aplicados em outros dispêndios, a critério dos gestores municipais e suas câmaras de vereadores. Podem também ser aplicados em outros investimentos, específicos e de maior interesse de cada município.

Importante citar que as projeções neste trabalho podem apresentar desvios, uma vez que valores de um kWh, de um M³ de biogás, e demais insumos e maquinários variam no mercado, mas os dados mostram de uma forma relevante que o Estado tem potencial de abrir um programa de estímulo à GD com biogás.

O Estado do Paraná tem enorme potencial energético em Geração Distribuída, oriunda da produção de proteína animal, podendo se diferenciar no país por este tipo de aproveitamento energético e ambiental e a participação pública em programas de fomento à criação de arranjos energéticos é fundamental, pois além de estimular os produtores rurais, ainda se beneficia pelo aumento da capacidade produtiva do Estado, com o aumento da oferta de energia, principalmente de modo sustentável. Importante observar que a concessionária do Estado é estatal.

As prefeituras municipais podem aplicar seus valores economizados nos dispêndios com energia elétrica em vários outros programas e políticas públicas, ficando a critério das decisões das câmaras municipais. Certamente um programa de apoio à instalação local de indústrias e outros empreendimentos, com o oferecimento de energia elétrica subsidiada, poderia gerar renda no médio prazo. Considerando que alguns municípios têm excesso de energia, e podem ter fronteira com outros que não tem biomassa suficiente, este excesso pode ser negociado entre as prefeituras municipais, para criação de clusters territoriais de energia. Certamente as condições

políticas devem ser adequadas, além da instalação de leis e resoluções que permitam esta negociação, com independência partidária, ou outros interesses.

A participação do setor industrial privado poderia ser um grande apoio à GD nos municípios. Uma indústria local poderia substituir a participação da prefeitura municipal, gerando um modelo diferenciado, mas com as mesmas vantagens para produtores e para a concessionária.

Ressalta-se que as condições de operação das UREROs, escolhidas para este trabalho, são bastante conservadores em termos de potenciais de produção. A extensão das horas de operação, a ampliação de dias por mês e a operação durante os 12 meses do ano, ampliariam a carga energética prevista, mas entrariam dos trâmites de segurança de operação de usinas. Desta forma preferiu-se manter os condicionantes aplicados no trabalho, citados na metodologia.

Finalmente, o Governo do Estado poderia instituir um Programa Estadual de Energia com Biomassa, para iniciar um processo que seja contínuo no aproveitamento de resíduos ambientais como insumo energético, principalmente considerando a possibilidade do uso do lixo urbano orgânico das grandes cidades, outro problema ambiental dos aterros sanitários.

REFERÊNCIAS

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA. **Procedimentos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento – Pro P&D, Módulo I – Introdução.** Brasília – DF. ANEEL, 2017.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA – 2021.
https://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo_10-Revis%C3%A3o_02/be83cb2d-bacb-254e-6b3c-48d4b6d12803.

ASSIS, F. O.; MURATORI, A. M. **Poluição hídrica por dejetos de suínos: um estudo de caso na área rural do município de Quilombo, Santa Catarina.** Revista Eletrônica UFPR, 2007.

BARICHELO, R. **Pequeno Condomínio de agroenergia a partir do biogás proveniente do tratamento de dejetos suínos: Um estudo de caso no município de Tucunduva-RS.** Instituto Ideal. (Org.). Ecológicas Conhecimento, Sustentabilidade e Integração. 1ª ed. Florianópolis- SC: Quórum Comunicação, 2012, v. 1, p. 137-156.

BORDIN, R. D. A. **A produção de dejetos e o impacto ambiental da suinocultura.** Revista de Ciências Veterinárias, v. 3, n. 3, p. 1–4, 2005.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Energia Elétrica. Departamento de Gestão do Setor Elétrico. Relatório: **Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica - ProGD.** Brasília, 2016.

BRASIL. ANEEL (A) – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Audiência 001/2019. Obter subsídios para a Análise de Impacto Regulatório - AIR sobre o aprimoramento das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuída (Resolução Normativa nº 482/2012),** 2019.

BRASIL. ANEEL (B) – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Audiência 059/2018. Obter subsídios para a Análise de Impacto Regulatório – AIR sobre o**

aprimoramento da Estrutura Tarifária aplicada aos consumidores do Grupo B – Baixa Tensão – Tarifa Binômia. 2018.

BRASIL. ANEEL (C) – Agência Nacional de Energia Elétrica. Audiência 001/2019. **Obter subsídios para a Análise de Impacto Regulatório - AIR sobre o aprimoramento das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuída (Resolução Normativa nº 482/2012), 2019.**

BRASIL. ANEEL (D) – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Consulta 002/2018. Obter subsídios relativos à necessidade de aperfeiçoamentos na estrutura tarifária aplicada às unidades consumidoras do Grupo B (Baixa Tensão) e os impactos associados à sua aplicação. 2018.**

BRASIL. ANEEL (E) – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Consulta 010/2018. Obter subsídios ao aprimoramento das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuída, estabelecidas pela Resolução Normativa nº 482/2012.**

BRASIL. ANEEL (F) – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição. Revisão 7 (após realização da AP 37/2015), 2017a.**

BRASIL. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, Módulo 1 – Introdução. Revisão 10 (após realização da AP 073/2016), 2017a.**

BRASIL. ANEEL (G) – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Revisão das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuída – Resolução Normativa nº 482/2012. Relatório de Análise de Impacto Regulatório nº 0004/2018-SRD/SCG/SMA/ANEEL. Brasília, DF, dez. 2018.**

BRASIL. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº687, de 24 de novembro de 2015. Brasília, DF, mar. 2016/dez. 2018.**

CELESC. **Requisitos para Conexão de Micro ou Minigeradores de Energia ao Sistema Elétrico da Celesc Distribuição**. Florianópolis, SC: CELESC, 2013.

CELLA, D; Rossi, M, C, L. **Análise do Mercado de Fertilizantes no Brasil**. *Interface Tecnológica* - v.7 - n.1 – 2010.

CHERNICHARO, C. A. DE L. **Reatores Anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007.

COELHO, SUANI TEIXEIRA; VELASQUEZ, SILVIA MARIA STORTINI GONZALEZ; SILVA, ORLANDO CRISTIANO; PECORA, VANESSA; ABREU, FERNANDO CASTRO. **Geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento de esgoto**. In: Congresso Brasileiro de Energia, 11, 2006, Rio de Janeiro. Anais Rio de Janeiro: PIPGE, 2006. 5p.

COIMBRA-ARAUJO, C. H. **Brazilian case study for biogas energy: Production of electric power, heat and automotive energy in condominiums of agroenergy**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 40, p. 826–839, dez. 2014.

COMASTRI FILHO, J. A. **Biogás: Independência energética do pantanal mato-grossense**. Comunicado Técnico Embrapa, p. 53, out. 1981.

COPEL. **“Copel e CIBiogás firmam parceria para geração de energia”**. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcweb/copel-e-cibiogas-firmam-parceria-para-geracao-de-energia/>. Acessado em 25 de setembro de 2020.

CROVADOR, Maria Isabel; SHIRMER, Valdir; NOGUEIRA, Bruno; BALBINOT, Rafaelo. **Inventário das Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município De Irati (PR) Referentes aos Setores Energético, Agropecuário, Tratamento de Efluentes e Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2010. Disponível em: revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/downloadSuppFile/1168/277.

DINCER, I. **Renewable energy and sustainable development: a crucial review.** *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v. 4, p. 157-175, 2000.

DROSG, B. **Process monitoring in biogas plants.** 1. ed. [s.l.] IEA Bioenergy, 2013.
EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional.** Rio de Janeiro, 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGETICA (EPE). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2020.** Rio de Janeiro, 2020.

FERREIRA, A.L.D.; **Culturas energéticas: produção de biomassa e bioenergia.** Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade de Coimbra. 2015.

FIEP, PARANÁ. **Oportunidades da Cadeia Produtiva do Biogás para o Estado do Paraná.** 2016.

GEORGE, Barbosa; LANGER, Marcelo. **Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental.** *Rev. Unoesc & Ciência – ACSA, Joaçaba*, v. 2, n. 1, p. 87-96, jan./jun. 2011.

GOSPODINOV, M.; GOSPODINOVA, E. **SCADA System for Management and Visualization in Generation of Renewable Energy from Biomass.** *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, v. 3, n. 5, p. 882–887, 2014.

GRADY, C. P. L.; DAIGGER, G. T.; LIM, H. C. **Biological Wastewater Treatment.** 2. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 1999.

HENN. A. **Avaliação de dois sistemas de manejo de dejetos em uma pequena propriedade produtora de suínos – condição de partida.** Dissertação -Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – Brasil – 2005.

HERNANDES, J.F.; SCHMIDT, V. **Impacto ambiental da suinocultura em granjas de porte médio a excepcional no Vale do Taquari-RS**. Rev. de Gestão Social e Ambiental, v.4, n. 3, p. 18-31, 2010.

IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANA. DIRAM. **Instrução Normativa 105.006. Estabelecer as características dos empreendimentos, critérios – inclusive locacionais e técnicos, procedimentos, trâmite administrativo, níveis de competência e premissas para o Licenciamento Ambiental de Empreendimentos de Suinocultura**. 23 de junho de 2009. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/Instrucao_normativa/IN_105_006_SUINOS_VERSAO23JUN2009.pdf>. Acesso em: 14 de agosto de 2021.

JORDAO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

KONZEN, E. A. **Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 32p. (Embrapa Milho e Sorgo, Documentos, 5).

KUNZ, A. **Tratamento de dejetos de suínos: desafios associados à complexidade da matriz**. In: Workshop sobre tecnologias para remoção de nutrientes de dejetos de origem animal. 2005, Florianópolis.

KUNZ, Airton; HIGARASHI, Martha. M; OLIVEIRA, Paulo. A. **Tecnologias de Manejo e Tratamento de Dejetos de Suínos Estudadas no Brasil**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 22, n. 3, p. 651-665, set./dez. 2005. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/8663/4852>. Acesso em: 23 de julho de 2021.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J.C.; **Adubos & adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200 p.

MANDAL, T.; KIRAN, B. A.; MANDAL, N. K. **Determination of the quality of biogas by flame temperature measurement.** Energy Conversion and Management, v. 40, n. 11, p. 1225–1228, 1999.

MIELE, M. **Avaliação Técnica-Econômica das Rotas de Tratamento dos Efluentes de uma Usina de Biogás no Município de Tupandi, RS.** Embrapa Suínos e Aves. Concórdia, SC. 2013.

NARDI, V. K. **Produção de Efluente e Balanço de Nutrientes em Granjas de Terminação de Suínos no Oeste do Paraná.** 2009.

OLIVEIRA, L. B. de. **Gestão dos Recursos Hídricos na Prática da Suinocultura: Percepções dos Suinocultores da Sub-Bacia do Forqueta/RS.** Pós-graduação em Ambiente e Desenvolvimento (Tese de Doutorado), Centro Universitário UNIVATES, 128p., Lajeado, junho de 2017

OLIVEIRA, P. A. V. DE. **Manual de manejo e utilização dos dejetos suínos.** Concórdia, SC: Embrapa - CNPSA, 1993.

PARANA. INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANA – IAP. **Licenciamentos de Atividades Gerais.** 2009.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M. DE; NONES, K. **Produção de suínos e meio ambiente.** In: IX Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura. Anais. Gramado: Embrapa Suínos e Aves, 2001.

PALIT, D.; CHAUREY, A. **Off-grid rural electrification experiences from South Asia: status and best practices.** Energy Sustain Dev, 2011.

POD. **Desenvolvimento Energético do Território Oeste do Paraná - 2016 a 2026.** 2017.

RYCKEBOSCH, E.; DROUILLON, M.; VERVAEREN, H. **Techniques for transformation of biogas to biomethane**. Biomass and Bioenergy, ano 2011, v.35, p.1633-1645, marco, 2011.

SALOMON, K. R.; TIAGO FILHO, G. L. **Biomassa**. Itajubá: FAPEPE, 2007.

SAROLLI, M. [Webinar] **Produção e valorização agrônômica do digestato. 2018.(18m20s)**. Disponível

em: <<https://www.youtube.com/watch?v=u7tx0jCJlfc&t=1249s>>. Acesso em: 29 ago. 2021.

SILVA, Marcos Vinicius da; BERMANN, Celio. **O planejamento energético como ferramenta de auxílio as tomadas de decisão sobre a oferta de energia na zona rural**. Anais. Campinas: UNICAMP / NIPE, 2002.

SOUZA, A. **Proposta de uma matriz de decisão em energia hidrelétrica com o uso do método multicritério, para formulação de políticas públicas no estado do Paraná. 2016**. 240 f. Tese (Doutorado em Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1683>>. Acesso em: 04 set. 2021.

VIENNA, UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. **Guide to cooperative biogas to biomethane developments**. *Institute of Chemical Engineering*, Austria, 2012.

WALKER, M. **Potential errors in the quantitative evaluation of biogas production in anaerobic digestion processes**. Bioresource Technology, v. 100, n. 24, p. 6339–6346, 2009.

WALSH, J. L. **Utilization of biogas**. Biomass, v. 20, n. 3–4, p. 277–290, jan. 1989.

YUAN, J.S., Tiller, K.H., Al-Ahmad, H., Stewart, N.R., Stewart Jr, C.N. (2008). **Plants to power: bioenergy to fuel the future**. Trends in Plant Science, Vol.13, no 8, pp. 421– 429.

APÊNDICE 1 – Quantidade de UREROs que podem ser suportadas pela produção de dejetos de cada município.

MUNICÍPIO	OPERA COM 1 URERO	OPERA COM 2 UREROS	OPERA COM 3 UREROS	OPERA COM 4 UREROS	OPERA COM 5 UREROS	OPERA COM 6 UREROS
Abatiá						
Adrianópolis						
Agudos do Sul						
Almirante Tamandaré						
Altamira do Paraná						
Altônia						
Alto Paraná						
Alto Piquiri						
Alvorada do Sul						
Amaporã						
Ampére						
Anahy						
Andirá						
Ângulo						
Antonina						
Antônio Olinto						
Apucarana						
Arapongas						
Arapoti						
Arapuã						
Araruna						
Araucária						
Ariranha do Ivaí						
Assaí						
Assis Chateaubriand						
Astorga						
Atalaia						
Balsa Nova						
Bandeirantes						
Barbosa Ferraz						
Barracão						
Barra do Jacaré						
Bela Vista da Caroba						
Bela Vista do Paraíso						
Bituruna						
Boa Esperança						
Boa Esperança do Iguaçu						
Boa Ventura de São Roque						

MUNICÍPIO	OPERA COM 1 URERO	OPERA COM 2 UREROS	OPERA COM 3 UREROS	OPERA COM 4 UREROS	OPERA COM 5 UREROS	OPERA COM 6 UREROS
Boa Vista da Aparecida						
Bocaiúva do Sul						
Bom Jesus do Sul						
Bom Sucesso						
Bom Sucesso do Sul						
Borrazópolis						
Braganey						
Brasilândia do Sul						
Cafeara						
Cafelândia						
Cafezal do Sul						
Califórnia						
Cambará						
Cambé						
Cambira						
Campina da Lagoa						
Campina do Simão						
Campina Grande do Sul						
Campo Bonito						
Campo do Tenente						
Campo Largo						
Campo Magro						
Campo Mourão						
Cândido de Abreu						
Candói						
Cantagalo						
Capanema						
Capitão Leônidas Marques						
Carambeí						
Carlópolis						
Cascavel						
Castro						
Catanduvas						
Centenário do Sul						
Cerro Azul						
Céu Azul						
Chopinzinho						
Cianorte						
Cidade Gaúcha						
Civelândia						
Colombo						

MUNICÍPIO	OPERA COM 1 URERO	OPERA COM 2 UREROS	OPERA COM 3 UREROS	OPERA COM 4 UREROS	OPERA COM 5 UREROS	OPERA COM 6 UREROS
Colorado						
Congonhinhas						
Conselheiro Mairinck						
Contenda						
Corbélia						
Cornélio Procópio						
Coronel Domingos Soares						
Coronel Vivida						
Corumbataí do Sul						
Cruzeiro do Iguaçu						
Cruzeiro do Oeste						
Cruzeiro do Sul						
Cruz Machado						
Cruzmalina						
Curitiba						
Curiúva						
Diamante do Norte						
Diamante do Sul						
Diamante D'Oeste						
Dois Vizinhos						
Douradina						
Doutor Camargo						
Enéas Marques						
Engenheiro Beltrão						
Esperança Nova						
Entre Rios do Oeste						
Espigão Alto do Iguaçu						
Farol						
Faxinal						
Fazenda Rio Grande						
Fênix						
Fernandes Pinheiro						
Figueira						
Floraí						
Flor da Serra do Sul						
Floresta						
Florestópolis						
Flórida						
Formosa do Oeste						
Foz do Iguaçu						
Francisco Alves						

MUNICÍPIO	OPERA COM 1 URERO	OPERA COM 2 UREROS	OPERA COM 3 UREROS	OPERA COM 4 UREROS	OPERA COM 5 UREROS	OPERA COM 6 UREROS
Francisco Beltrão						
Foz do Jordão						
General Carneiro						
Godoy Moreira						
Goioerê						
Goioxim						
Grandes Rios						
Guaíra						
Guairaçá						
Guamiranga						
Guapirama						
Guaporema						
Guaraci						
Guaraniaçu						
Guarapuava						
Guaraqueçaba						
Guaratuba						
Honório Serpa						
Ibaiti						
Ibema						
Ibiporã						
Icaraíma						
Iguaraçu						
Iguatu						
Imbaú						
Imbituva						
Inácio Martins						
Inajá						
Indianópolis						
Ipiranga						
Iporã						
Iracema do Oeste						
Irati						
Iretama						
Itaguajé						
Itaipulândia						
Itambaracá						
Itambé						
Itapejara d'Oeste						
Itaperuçu						
Itaúna do Sul						

MUNICÍPIO	OPERA COM 1 URERO	OPERA COM 2 UREROS	OPERA COM 3 UREROS	OPERA COM 4 UREROS	OPERA COM 5 UREROS	OPERA COM 6 UREROS
Ivaí						
Ivaiporã						
Ivaté						
Ivatuba						
Jaboti						
Jacarezinho						
Jaguapitã						
Jaguariaíva						
Jandaia do Sul						
Janiópolis						
Japira						
Japurá						
Jardim Alegre						
Jardim Olinda						
Jataizinho						
Jesuítas						
Joaquim Távora						
Jundiaí do Sul						
Juranda						
Jussara						
Kaloré						
Lapa						
Laranjal						
Laranjeiras do Sul						
Leópolis						
Lidianópolis						
Lindoeste						
Loanda						
Lobato						
Londrina						
Luiziana						
Lunardelli						
Lupionópolis						
Mallet						
Mamborê						
Mandaguaçu						
Mandaguari						
Mandirituba						
Manfrinópolis						
Mangueirinha						
Manoel Ribas						

MUNICÍPIO	OPERA COM 1 URERO	OPERA COM 2 UREROS	OPERA COM 3 UREROS	OPERA COM 4 UREROS	OPERA COM 5 UREROS	OPERA COM 6 UREROS
Marechal Cândido Rondon						
Maria Helena						
Marialva						
Marilândia do Sul						
Marilena						
Mariluz						
Maringá						
Mariópolis						
Maripá						
Marmeleiro						
Marquinho						
Marumbi						
Matelândia						
Matinhos						
Mato Rico						
Mauá da Serra						
Medianeira						
Mercedes						
Mirador						
Miraselva						
Missal						
Moreira Sales						
Morretes						
Munhoz de Melo						
Nossa Senhora das Graças						
Nova Aliança do Ivaí						
Nova América da Colina						
Nova Aurora						
Nova Cantu						
Nova Esperança						
Nova Esperança do Sudoeste						
Nova Fátima						
Nova Laranjeiras						
Nova Londrina						
Nova Olímpia						
Nova Santa Bárbara						
Nova Santa Rosa						
Nova Prata do Iguaçu						
Nova Tebas						
Novo Itacolomi						
Ortigueira						

MUNICÍPIO	OPERA COM 1 URERO	OPERA COM 2 UREROS	OPERA COM 3 UREROS	OPERA COM 4 UREROS	OPERA COM 5 UREROS	OPERA COM 6 UREROS
Ourizona						
Ouro Verde do Oeste						
Paçandu						
Palmas						
Palmeira						
Palmital						
Palotina						
Paraíso do Norte						
Paranacity						
Paranaguá						
Paranapoema						
Paranavaí						
Pato Bragado						
Pato Branco						
Paula Freitas						
Paulo Frontin						
Peabiru						
Perobal						
Pérola						
Pérola d'Oeste						
Piên						
Pinhais						
Pinhalão						
Pinhal de São Bento						
Pinhão						
Piraí do Sul						
Piraquara						
Pitanga						
Pitangueiras						
Planaltina do Paraná						
Planalto						
Ponta Grossa						
Pontal do Paraná						
Porecatu						
Porto Amazonas						
Porto Barreiro						
Porto Rico						
Porto Vitória						
Prado Ferreira						
Pranchita						
Presidente Castelo Branco						

MUNICÍPIO	OPERA COM 1 URERO	OPERA COM 2 UREROS	OPERA COM 3 UREROS	OPERA COM 4 UREROS	OPERA COM 5 UREROS	OPERA COM 6 UREROS
Primeiro de Maio						
Prudentópolis						
Quarto Centenário						
Quatiguá						
Quatro Barras						
Quatro Pontes						
Quedas do Iguaçu						
Querência do Norte						
Quinta do Sol						
Quitandinha						
Ramilândia						
Rancho Alegre						
Rancho Alegre D'Oeste						
Realeza						
Rebouças						
Renascença						
Reserva						
Reserva do Iguaçu						
Ribeirão Claro						
Ribeirão do Pinhal						
Rio Azul						
Rio Bom						
Rio Bonito do Iguaçu						
Rio Branco do Ivaí						
Rio Branco do Sul						
Rio Negro						
Rolândia						
Roncador						
Rondon						
Rosário do Ivaí						
Sabáudia						
Salgado Filho						
Salto do Itararé						
Salto do Lontra						
Santa Amélia						
Santa Cecília do Pavão						
Santa Cruz de Monte Castelo						
Santa Fé						
Santa Helena						
Santa Inês						
Santa Isabel do Ivaí						

MUNICÍPIO	OPERA COM 1 URERO	OPERA COM 2 UREROS	OPERA COM 3 UREROS	OPERA COM 4 UREROS	OPERA COM 5 UREROS	OPERA COM 6 UREROS
Santa Izabel do Oeste						
Santa Lúcia						
Santa Maria do Oeste						
Santa Mariana						
Santa Mônica						
Santana do Itararé						
Santa Tereza do Oeste						
Santa Terezinha de Itaipu						
Santo Antônio da Platina						
Santo Antônio do Caiuá						
Santo Antônio do Paraíso						
Santo Antônio do Sudoeste						
Santo Inácio						
São Carlos do Ivaí						
São Jerônimo da Serra						
São João						
São João do Caiuá						
São João do Ivaí						
São João do Triunfo						
São Jorge d'Oeste						
São Jorge do Ivaí						
São Jorge do Patrocínio						
São José da Boa Vista						
São José das Palmeiras						
São José dos Pinhais						
São Manoel do Paraná						
São Mateus do Sul						
São Miguel do Iguaçu						
São Pedro do Iguaçu						
São Pedro do Ivaí						
São Pedro do Paraná						
São Sebastião da Amoreira						
São Tomé						
Sapopema						
Sarandi						
Saudade do Iguaçu						
Sengés						
Serranópolis do Iguaçu						
Sertaneja						
Sertanópolis						
Siqueira Campos						

MUNICÍPIO	OPERA COM 1 URERO	OPERA COM 2 UREROS	OPERA COM 3 UREROS	OPERA COM 4 UREROS	OPERA COM 5 UREROS	OPERA COM 6 UREROS
Sulina						
Tamarana						
Tamboara						
Tapejara						
Tapira						
Teixeira Soares						
Telêmaco Borba						
Terra Boa						
Terra Rica						
Terra Roxa						
Tibagi						
Tijucas do Sul						
Toledo						
Tomazina						
Três Barras do Paraná						
Tunas do Paraná						
Tuneiras do Oeste						
Tupãssi						
Turvo						
Ubiratã						
Umuarama						
União da Vitória						
Uniflor						
Uraí						
Wenceslau Braz						
Ventania						
Vera Cruz do Oeste						
Verê						
Alto Paraíso						
Doutor Ulysses						
Virmond						
Vitorino						
Xambrê						

ANEXO 1 – Roteiro para aquisição de dados

Coleta de dados de consumo de energia elétrica pelos municípios do Estado do Paraná

O acesso ao BDGD deve ser solicitado a ANEEL através da Plataforma Integrada de Ouvidoria e Acesso à Informação do Governo Federal., mediante cadastro de login e senha no site:

<https://falabr.cgu.gov.br/Login/Identificacao.aspx?idFormulario=3&tipo=8&ReturnUrl=%2fpublico%2fManifestacao%2fRegistrarManifestacao.aspx%3fidFormulario%3d3%26tipo%3d8%26origem%3didp%26modo%3d>

Após cadastro e acesso, é necessário preencher um formulário. No campo **“Órgão para o qual você quer enviar sua manifestação”**, deve-se selecionar **“ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica”**. No campo **“Sobre qual assunto você quer falar”** deve selecionar **“Pedido de Informação”**. No campo **“Resumo”** foi descrito como **“Acesso ao Bando de Dados Geográfico da Distribuidora”** e no campo **“Fale aqui”** foi descrito como **“Solicito acesso ao BDGD para a data base 31/12/2020 para download das bases de dados enviada pelas distribuidoras para a ANEEL conforme estabelece o Prodist - Módulo 10”**. Após preenchimento, somente **“AVANÇAR”** e **“CONCLUIR”**.

Um e-mail com instruções para acesso aos dados é enviado ao requerente após decorrido o prazo estabelecido pela lei de acesso à informação, de onde as bases para as distribuidoras de interesse podem ser baixados. Foram selecionados todos os arquivos, compactados em diversos volumes, contendo o título **“COPEL_DIS_2866_2019-12-31_M10_20200323-1656”**. Os volumes foram descompactados em uma pasta definida pelo autor, contendo arquivos em formato **“gdb”**. Utilizando o aplicativo Q-GIS, versão 3.10.10-A Coruña, foi selecionada a função **“Abrir Camada Vetorial”**. Este aplicativo é utilizado para lidar com sistemas de informações geográficas.

Após, selecionado a opção “Diretório” no bloco chamado “Formato Original”, e no bloco “Fonte” foi apontado o caminho para a pasta descompactada e clicado em “Adicionar”.

Uma tela de diálogo é apresentada, contando todas as feições contidas no conjunto de arquivos da pasta selecionada. A feição UCBT_tab foi selecionada por conter os campos necessários para a obtenção dos dados, conforme descrito no Prodist – Módulo 10 na tabela de estrutura a feição UCBT.

O campo 15 da tabela, chamado “CLAS_SUB” contém o código de referência da classe e subclasse. Esse campo está vinculado a sub-tabela Tipo de Classe e Subclasse (TCLASUBCLA), onde constam as descrições dos códigos a serem utilizados para classificar a unidade consumidora.

As unidades consumidoras de interesse são aquelas classificadas pelo “COD_ID” igual a “PP3 – Poder Público Municipal”. Com essa indicação, foi realizada a filtragem da camada de feições UCBT, carregada no Q-GIS sob nome “COPEL_DIS_2866_2019-12-31_M10_20200323-1656 UCBT_tab”, no campo “CLAS_SUB” com o valor “PP3”, resultando 33.437 registros.

Após a filtragem, os dados da feição foram exportados para o formato CSV utilizando a opção apropriada no aplicativo Q-GIS. Os dados exportados do Q-GIS foram importados para o EXCEL e cruzados com a base de dados do IBGE que contém os códigos dos municípios brasileiros, obtida no site:

http://geofpt.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/estrutura_territorial/divisao_territorial/2018/DTB_2018.zip

O resultado é uma base de dados contendo o consumo de eletricidade nos 12 meses do ano de 2019 para cada unidade consumidora do município de interesse, classificada pela COPEL como “PP3 – Poder Público Municipal”, identificado pelos campos ENE_01 até ENE_12 da tabela em EXCEL.

Os dados sobre os índices de falhas no fornecimento de energia para os municípios do Estado estavam incluídos no arquivo gerado, não havendo a necessidade de se solicitar à COPEL o envio destes índices. Todas as unidades consumidoras foram aglutinadas por município e os consumos mensais, assim como

os índices de falhas, foram somados para o valor anual de 2020, uma vez que não faria sentido uma análise mensal.

Coleta de dados sobre a produção animal de bovinos, suínos e aves no Estado do Paraná, em 2019 e 2020.

Para a obtenção dos dados sobre o efetivo de rebanhos foi utilizada a bases de dados do Sistema SIDRA do IBGE, via site:

<https://sidra.ibge.gov.br/home/ipp/brasil>

O acesso é via a aba PESQUISAS, seguida do menu ECONOMIA / AGROPECUÁRIA / PESQUISA DA PECUÁRIA MUNICIPAL. Em seguida abre-se a aba TABELAS escolhendo-se a tabela 3939. Preenchendo-se as opções oferecidas, escolhe-se o tipo de rebanho, o ano em estudo e a unidade territorial.

<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>

A tabela gerada inclui os valores para todos os municípios do país, e precisou ser trabalhada para análise apenas do Estado do Paraná. Foram obtidos inicialmente os dados de 2019 e de 2020, para a possibilidade de um estudo comparativo devido a pandemia. Considerando que a evolução do rebanho não foi considerável neste intervalo, tendo o rebanho bovino se reduzido em apenas 4,3%, o de Aves se reduzido apenas 1,0%, e o de suínos (maior no Paraná) crescido 1,6%, optou por fazer as análises apenas no ano de 2020.

Dados demográficos dos municípios.

Os dados de população e PIB dos municípios foram obtidos diretamente do site do IBGE. Apesar de algumas pequenas variações de um ano para outro, os dados obtidos forma utilizados apenas para efeito de comparação entre produção, consumo etc.

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=downloads>

Valores com dispêndios públicos dos municípios.

Para efeito de comparação dos valores economizados ou até mesmo gerados pelos municípios do Estado do Paraná, foi feita uma comparação com dispêndios administrativos municipais. Estes dados foram obtidos no Tesouro Nacional, pelo SICONFI do Setor Público Brasileiro, pelo seguinte link:

https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta_finbra/finbra_list.jsf
