

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E SOCIEDADE
MESTRADO EM TECNOLOGIA E SOCIEDADE

IZABEL BIERNASKI

**DETERMINAÇÃO DE VARIÁVEIS RELEVANTES PARA A
PROPOSIÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS EM BIOENERGIA**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA
2019

IZABEL BIERNASKI

**DETERMINAÇÃO DE VARIÁVEIS RELEVANTES PARA A
PROPOSIÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS EM BIOENERGIA**

Dissertação de mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção de título de Mestre em Tecnologia e Sociedade, do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Tecnologia e Sociedade. Linha de Pesquisa: Tecnologia e Desenvolvimento.

Orientador: Dr. Christian Luiz da Silva

CURITIBA
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Biernaski, Izabel

Determinação de variáveis relevantes para a proposição de políticas públicas em bioenergia [recurso eletrônico] / Izabel Biernaski.-- 2019.

1 arquivo texto (131 f.) : PDF ; 1,35 MB.

Modo de acesso: World Wide Web

Título extraído da tela de título (visualizado em 10 abr. 2019)

Texto em português com resumo em inglês

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Sociedade, Curitiba, 2019

Bibliografia: f. 118-131

1. Tecnologia - Dissertações. 2. Biocombustíveis. 3. Suínos - Produção - Resíduos - Política governamental. 4. Alimentos - Indústria - Resíduos. 5. Biomassa. 6. Alimentos - Indústria - Aspectos políticos. 7. Política pública. I. Silva, Christian Luiz da. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Sociedade. III. Título.

CDD: Ed. 23 -- 600

Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba

Bibliotecário: Adriano Lopes CRB-9/1429

TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 540

A Dissertação de Mestrado intitulada **DETERMINAÇÃO DE VARIÁVEIS RELEVANTES PARA PROPOSIÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS BIOENERGIA** defendida em sessão pública pelo(a) candidato(a) **Izabel Biernaski** no dia **11 de março de 2019**, foi julgada aprovada em sua forma final para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Sociedade, Linha de Pesquisa – Tecnologia e Desenvolvimento Sustentável, pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade.

Prof^a. Dr^a. Tatiana Maria Cecy Gadda - (UTFPR)
Prof^a. Dr^a. Nádia Solange Schmidt - (EMBRAPA)
Prof. Dr. Christian Luiz da Silva - (UTFPR) - *Orientador*

Curitiba, **11 de março de 2019.**

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.



Aos meus pais, Terezinha e Pedro, por todo amor e incentivo de sempre.

AGRADECIMENTOS

Muitas foram as pessoas e instituições que contribuíram para a realização deste trabalho. Primeiramente, agradeço a Deus, razão do todo e de tudo, por ter chegado até aqui e por possibilitar a realização de mais este sonho.

De modo especial, gostaria de agradecer ao meu orientador, professor Dr. Christian Luiz da Silva, por todo o conhecimento compartilhado, apoio, compreensão e disponibilidade dispendidos para a concretização desta dissertação, e também agradeço imensamente por acompanhar toda minha trajetória acadêmica até aqui, muito obrigada.

Também agradeço aos professores que contribuíram no processo de qualificação deste trabalho, Dra. Nádia Solange Schmidt, Dra. Tatiana Maria Cecy Gadda, Dr. Décio Estevão do Nascimento, e Dr. Camilo Freddy Mendoza Morejon. Agradeço a todos meus professores, colegas e amigos da UTFPR pelo apoio que, de modo direto ou indireto, contribuíram para a realização deste trabalho.

À minha família, meus pais Terezinha e Pedro, pelo incentivo aos estudos, ao meu irmão Rafael pelo companheirismo e ao meu tio Leonardo pelo apoio de sempre. Ao meu namorado Marcos Eduardo, pelo carinho e compreensão científica compartilhados nesta jornada.

Às instituições que viabilizaram a realização deste trabalho, à UTFPR e ao PPGTE por toda a estrutura disponibilizada. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa disponibilizada no início do mestrado.

Por fim, agradeço a todos que colaboraram de algum modo para que fosse possível a concretização deste trabalho.

RESUMO

BIERNASKI, I. **DETERMINAÇÃO DE VARIÁVEIS RELEVANTES PARA A PROPOSIÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS EM BIOENERGIA**. 131 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

A elevada geração de resíduos é um resultado do rápido avanço tecnológico atual, pois o contínuo descarte e a falta de estrutura dos ambientes geram prejuízos à toda sociedade e ao meio ambiente. A biomassa suína é considerada um resíduo de alto impacto negativo, porém que possui formas de aproveitamento e transformação em energia eficientes. Por isso, o objetivo desta pesquisa consiste em definir as variáveis relevantes na proposição de políticas públicas para o uso da biomassa suína como fonte energética. Para alcançar o proposto neste trabalho, a metodologia utilizada se refere à análise qualitativa de dados, utilizando-se de secundários, na revisão bibliográfica e apuração das principais variáveis, bem como a definição dos principais limites e potencialidades identificados para a geração de energia a partir da biomassa suína. A partir desses dados, foi possível estabelecer uma Matriz SWOT identificando as oportunidades, ameaças, pontos fortes e pontos fracos envolvendo todas as cinco dimensões da energia. Foram identificadas 16 variáveis que indicam 19 aspectos limitantes e 24 aspectos potenciais para o uso da biomassa como fonte energética. Por resultados, as ameaças e pontos fracos identificados são: o pequeno número de incentivos de entidades e governos para esta atividade, o elevado custo de implementação e também ausência do domínio técnico da atividade. Já as oportunidades e pontos fortes identificados são: a otimização de recursos, a possibilidade de cooperação para a atividade, o benefício social e ambiental do reaproveitamento desses resíduos e a possibilidade da geração de fonte de renda. Deste modo, a interdependência de todas as cinco dimensões alinhada ao apontamento dos principais aspectos identificados auxilia o poder público, e também a outras organizações, para o estabelecimento de políticas públicas efetivas e mais adequadas ao aproveitamento sustentável desta fonte de energia.

Palavras-chave: Biomassa suína. Bioenergia. Políticas Públicas.

ABSTRACT

BIERNASKI, I. **DETERMINATION OF RELEVANT VARIABLES FOR THE PROPOSAL OF PUBLIC POLICIES IN BIOENERGY.** 131 p. Master's thesis - Postgraduate Program in Technology and Society, Federal University of Technology - Paraná, 2019.

The high generation of waste is a result of the current rapid technological advance, as the continuous disposal and lack of structure of the environments generate damage for both the society and the environment. Swine biomass is considered a waste with high negative impact, but there are forms of exploitation and transformation into efficient energy. Therefore, the objective of this research is to determine the relevant variables for the proposal of bioenergy public policies. In order to achieve such results, the methodology is based on the qualitative analysis of data, using secondary ones, in the bibliographic review and calculation of the main variables, as well as the definition of the main limits and potentialities identified for the energy generation from porcine biomass. From the obtained information, it was possible to establish a SWOT Matrix identifying the opportunities, threats, strengths, and weaknesses involving all five dimensions of energy. We identified 16 variables that indicate 19 limiting aspects and 24 potential aspects for the use of biomass as an energy source. As a result, the identified threats and weaknesses are: the small number of incentives from entities and governments for this activity, the high cost of implementation, and also the lack of technical knowledge in this field. The opportunities and strengths identified are: the optimization of resources, the possibility of cooperation for the activity, the social and environmental benefit of the reuse of these wastes, and the possibility of generating a source of income. Thus, the interdependence of all five dimensions, in line with the main aspects, enables and empowers public authorities, as well as other organizations, to establish effective public policies that are more suited for the sustainable use of this energy source.

Keywords: Swine biomass. Bioenergy. Public policy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	- Processo produtivo no modelo da economia circular	27
Figura 02	- Fontes de geração de energia	28
Figura 03	- <i>Trade-off entre produção de energia com fontes renováveis e petróleo</i>	31
Figura 04	- Processo de seleção dos critérios, subcritérios e variáveis	67
Figura 05	- Decomposição do problema da matriz multicritério	68
Figura 06	- Fluxograma das etapas para a análise dos limites e potencialidades das dimensões de energia	71
Figura 07	- Cooperativas e estabelecimentos agropecuários com tratamento de dejetos e produção de biogás	80
Figura 08	- Fluxograma resumido das possibilidades de utilização do biogás	88
Figura 09	- Riscos ambientais devido ao manejo inadequado dos dejetos	96
Figura 10	- Processo de transformação do biogás	108
Figura 11	- Matriz SWOT para proposição de políticas públicas em biomassa suína	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	- Presença das dimensões no aproveitamento energético de biomassa suína	57
Quadro 02	- Temáticas presentes nas dimensões da energia para o aproveitamento energético de biomassa suína	58
Quadro 03	- Estrutura da metodologia de pesquisa	63
Quadro 04	- Critérios utilizados na seleção e filtragem dos artigos	65
Quadro 05	- Dimensões da energia e os principais temas abordados nos artigos	66
Quadro 06	- Estrutura da análise de conteúdo	68
Quadro 07	- Elementos da matriz multicritério	72
Quadro 08	- Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na dimensão institucional	81
Quadro 09	- Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na dimensão econômica	89
Quadro 10	- Vantagens e desvantagens dos principais processos de tratamento de dejetos suínos	91
Quadro 11	- Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na dimensão ambiental	98
Quadro 12	- Manejo de prevenção de doenças em suínos	100
Quadro 13	- Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na dimensão econômica	105
Quadro 14	- Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na dimensão tecnológica	110

LISTA DE SIGLAS

AHP	Análise Hierárquica de Processos
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanco Energético Nacional
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO2	Dióxido de Carbono
CTS	Ciência Tecnologia e Sociedade
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FGV	Fundação Getúlio Vargas Energia
FIEP	Federação das Indústrias do Estado do Paraná
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
Kg	Quilogramas
KW/h	Quilowatts por hora
MJ/kg	Megajoules por quilograma
MW/h	Megawatts por hora
ONU	Organização das Nações Unidas
PNE	Política Nacional Energética
PNE	Plano Nacional de Energia 2030
PNE	Plano Nacional de Energia 2050
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PPGTE	Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade
PRBIONERGIA	Programa Paranaense de Bioenergia
Proinfa	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
Senai	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 TEMA.....	13
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	14
1.3 PROBLEMA E PRESSUPOSTOS	15
1.4 OBJETIVOS.....	16
1.4.1 Objetivo geral.....	16
1.4.2 Objetivos específicos.....	17
1.5 JUSTIFICATIVA	17
1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	19
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
2 BIOENERGIA PARA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE	22
2.1 MUDANÇAS TECNOLÓGICAS.....	22
2.2 SUSTENTABILIDADE EM MATRIZ ENERGÉTICA	30
2.3 BIOMASSA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL	37
2.4 POLÍTICAS PÚBLICAS E DECISÕES EM ENERGIA.....	42
2.4.1 Políticas públicas brasileiras para uso da biomassa	46
2.5 BIOMASSA E DESENVOLVIMENTO NAS DIMENSÕES DA ENERGIA.....	50
2.5.1 Trabalhos relacionados a esta pesquisa (2012-2018)	50
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	60
3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	60
3.2 PLANEJAMENTO.....	62
3.3 OPERACIONALIZAÇÃO DA PESQUISA.....	64
3.3.1 A análise de conteúdo na abordagem metodológica	64
3.3.2 Seleção das variáveis	68
3.4 LIMITES E POTENCIALIDADES: VALIDAÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	69
3.4.1 Critérios da análise.....	70
4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	72
4.1 DIMENSÃO INSTITUCIONAL	73
4.1.1 Elaboração e aperfeiçoamento de políticas públicas	74
4.1.2 Garantia do bem-comum da sociedade.....	75
4.1.3 Apoio do Estado e de organizações.....	76
4.2 DIMENSÃO ECONÔMICA.....	81

4.2.1 Comercialização da energia	82
4.2.2 Financiamento e subsídios para o processo	84
4.2.3 Economia de escala	87
4.3 DIMENSÃO AMBIENTAL	89
4.3.1 Prejuízo aos recursos naturais	90
4.3.2 Uso excessivo de fontes não renováveis de energia	96
4.4 DIMENSÃO SOCIAL	98
4.4.1 Prevenção de doenças e conservação da biomassa	98
4.4.2 Instrução para o trabalho e mercado.....	102
4.5 DIMENSÃO TECNOLÓGICA	105
4.5.1 Análise de viabilidade e otimização dos recursos.....	105
4.5.2 Sistemas de manejo de dejetos e de gestão	108
4.6 ANÁLISE SWOT: LIMITES E POTENCIALIDADES EM BIOENERGIA	110
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
REFERÊNCIAS	118

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados o tema, a delimitação da pesquisa, o problema e os pressupostos, os objetivos geral e específicos, a justificativa e os procedimentos metodológicos que envolvem a presente pesquisa.

1.1 TEMA

Desde os registros históricos mais antigos da humanidade, a biomassa foi a primeira fonte de energia utilizada pelos seres humanos para obtenção de calor e luz (RUTTER; KEIRSTEAD, 2012). Entretanto, no século passado, a biomassa começou a ter sua utilização reduzida com o crescimento contínuo de fontes energéticas não renováveis (CORTEZ; LORA; AYARZA, 2008). Essa situação vem sofrendo mudanças, pois muitos países, motivados pelas implicações dos efeitos nocivos da dependência energética, estão promovendo ações para que energias alternativas renováveis voltem a ter maior participação em suas matrizes energéticas (CORTEZ; LORA; AYARZA, 2008; DUPONT; GRASSI; ROMITTI, 2015).

A biomassa pode ser classificada em três categorias: vegetais não lenhosos, vegetais lenhosos e resíduos orgânicos, os quais possibilitam obter vários tipos de energéticos (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2002). Dentre eles, os resíduos orgânicos vêm influenciando o cenário de energias renováveis, porque possuem duplo objetivo: de eliminação de resíduos e aumento da produção de energia, uma vez que contemplam como insumos, os rejeitos descartados por outros processos produtivos (BERNDES; SMITH, 2013; NING et al., 2013).

Pelo fato de haver inúmeras fontes, processos de conversão e energéticos resultantes, a análise do aproveitamento da biomassa se torna um processo complexo e que exige uma avaliação do seu uso, a partir da finalidade desejada e seus efeitos. Os resíduos orgânicos provenientes da pecuária, em especial, a biomassa gerada pelos excrementos de suínos, possuem alto impacto nocivo ao meio ambiente e à sociedade, conforme citam Gurung e Oh (2013) e Mondzozo et al. (2013), devido à geração de gases poluentes como o metano e demais passivos ambientais, como contaminação da água e solo. Em contrapartida, este tipo de

biomassa oferece elevado potencial energético, colaborando com uma iniciativa sustentável em seu aproveitamento. Aliada à eficiência energética e tecnológica, esta representa uma fonte de energia com baixo impacto ambiental, pois possibilita anular praticamente a interferência ambiental, no que se refere à possibilidade da biomassa ser inserida novamente no sistema produtivo (BRANDELET et al., 2017; BRASIL, 2007; MOREIRA, 2014).

O Plano Nacional de Energia 2030 aponta que o Brasil possui uma produção de biomassa com grande potencial de aproveitamento energético, a partir de suas condições climáticas, naturais e geográficas, que são favoráveis e adequadas para obter vantagens nesse aspecto (BRASIL, 2007). Além do mais, há ações por parte de políticas públicas que estimulam a atenção para a biomassa no país, como a Lei nº 12.490/2011, incluída na Política Nacional Energética – PNE (Lei nº 9.478/1997) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei nº 12.305/2010) (BRASIL, 2010; 2011).

Dentre as ações existentes, o sistema de compostagem e a biodigestão são alternativas eficientes para um melhor reaproveitamento do resíduo orgânico e vêm ganhando atenção no cenário contemporâneo, ainda mais por parte dos governos (BRASIL, 1997). A biodigestão de resíduos de suínos ocorre em biodigestores, que decompõem matéria orgânica em diversos energéticos, como o biogás e biofertilizante (OLIVEIRA, 2017). Tal processo traduz uma forma de geração de energia por meio de fontes alternativas, seguindo a proposta de um modelo circular da economia com o reaproveitamento de resíduos. Por isso, esta pesquisa visa determinar variáveis a subsidiar a tomada de decisão diante de políticas públicas associada ao uso da biomassa de suínos.

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A delimitação desta pesquisa engloba a área de estudos de políticas públicas para o desenvolvimento regional, com ênfase em geração de energia proveniente da biomassa suína, com o uso de biodigestores. Essa delimitação por resíduos orgânicos provenientes da pecuária – em especial, a biomassa gerada pelos excrementos de suínos – é considerada pelo seu impacto nocivo ao meio ambiente e também pela viabilidade de reutilizar este resíduo para a geração de

energia. Também a delimitação desta pesquisa considera as dimensões de impacto da energia, sendo consideradas a econômica, ambiental, social, institucional e tecnológica. Tais dimensões estão ligadas à geração de energia e ao aproveitamento da biomassa suína no contexto nacional, juntamente com a condução de políticas públicas, em uma relação mútua para a manutenção e desenvolvimento dessas cinco dimensões (SOUZA, 2016).

1.3 PROBLEMA E PRESSUPOSTOS

A elevada produção de bens de consumo e o crescimento populacional têm impactado diretamente na crescente geração de resíduos sólidos e, na maioria das vezes, a destinação, para que não cause impactos nocivos à sociedade e ao meio ambiente, tem sido um dos maiores desafios dos Estados e governos desde o início da intensificação do consumo, a partir da revolução industrial (MONTEIRO, 2001; WORLD ENERGY COUNCIL, 2013). Aliado a esses fatores, o atendimento da demanda energética de um contingente de sete bilhões de habitantes, torna-se um desafio considerando as fontes de energia mais usadas no mundo: as não renováveis (WORLD ENERGY COUNCIL, 2013).

Nesse cenário, cada vez mais tecnologias de aproveitamento de recursos conquistam a atenção dos agentes desse processo, como exemplos, com os resíduos de suínos há a decomposição dos dejetos, por conseguinte, a emissão de metano para a atmosfera e chorume para o solo. Como aponta Lopes (2016), percebe-se que os principais aspectos que subsidiam a tomada de decisão para o manejo da biomassa suína como fonte energética ainda não são apresentados nas dimensões econômica, social, ambiental, institucional e tecnológica da energia.

Neste cenário, é notória a necessidade de um processo eficaz de determinação de variáveis que envolvem este processo. Desse modo, a pergunta desta pesquisa se refere a: **Quais são as variáveis relevantes na proposição de políticas públicas para o uso da biomassa suína como fonte energética?**

Destarte, o pressuposto é que a prospecção de variáveis, ressaltando limites e potencialidades, possa auxiliar a tomada de decisão no reaproveitamento da biomassa suína como fonte energética, impactando tanto para os setores

público como privado. A potencialização da geração de energia por meio de biodigestores, associada à opção de fonte de biomassa como a suína, possibilita uma otimização no aproveitamento energético e minimização dos impactos nocivos ao meio ambiente.

Pressupõe-se que a identificação de uma potencialidade na tomada de decisão por parte do Estado e governo, possibilite desencadear ao longo do tempo uma série de benefícios para o meio ambiente, sociedade e território. As limitações, também identificadas, podem ser trabalhadas na prevenção, minimização ou contorno para contribuir no uso da biomassa suína para o aproveitamento energético. Como principais exemplos: cessar o manejo de resíduos suínos de forma equivocada e inadequada; minimizar a emissão de gases nocivos ao meio ambiente; melhorar qualitativamente o uso de biomassa com aproveitamento energético; gerar fontes de renda e comercialização; e também otimizar os recursos dos espaços rurais.

As ações citadas podem propiciar o desenvolvimento regional, com a geração de novos recursos financeiros, tanto para propriedades privadas que atuam diretamente com o manejo da pecuária, como para o próprio Estado que potencializa sua matriz energética. Adicionalmente há o benefício ao meio ambiente, que deixa de ser impactado por esses resíduos e pelos gases nocivos gerados pela forma inadequada com que vêm sendo condicionados.

1.4 OBJETIVOS

Nesta seção, são apresentados os objetivos, geral e específicos, que envolvem a proposta desta pesquisa.

1.4.1 Objetivo geral

Definir as variáveis relevantes na proposição de políticas públicas para o uso da biomassa suína como fonte energética.

1.4.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos propostos para este trabalho são:

1. Identificar as variáveis que influenciam o uso de biomassa suína como fonte de energética sob as dimensões econômica, ambiental, social, institucional e tecnológica.
2. Descrever a influência de cada variável na elaboração de políticas públicas.
3. Discutir limites e potencialidades para a proposição de políticas públicas no uso da biomassa suína como fonte energética, com base nas variáveis.

1.5 JUSTIFICATIVA

A relevância do desenvolvimento deste trabalho se justifica pela implicação nas instâncias de todas as esferas econômica, social e ambiental do Estado. São notáveis os efeitos nocivos das fontes não renováveis de energia e da dependência energética atual, possibilitando ações para que as energias alternativas renováveis componham as matrizes energéticas, que são cada vez mais visadas e de profunda importância (CORTEZ; LORA; AYARZA, 2008). Como Cabeza et al. (2018) apontam, os modelos são ferramentas fundamentais para planejar energia porque facilitam a tomada de decisões por um futuro mais sustentável.

É nesse espaço que a biomassa é considerada a fonte energética alternativa renovável que possui a maior flexibilidade. Essa fonte possui elevada eficiência tecnológica em diversos processos de todos os setores da sociedade, como: geração de eletricidade, transporte, aquecimento, refrigeração e processos industriais (CORTEZ; LORA; AYARZA, 2008; WORLD ENERGY COUNCIL, 2017). O biogás é um dos resultantes do aproveitamento energético dos resíduos orgânicos, em particular, da biomassa suína. Esse gás gerado por meio de biodigestores, oferece uma solução para equilibrar o fornecimento e a demanda de eletricidade, combustível de motores estacionários e cocção de alimentos, sem ser

necessário gerar um maior impacto no meio natural, evitando passivos ambientais e redução de uso de recursos naturais para gerar energia (JAIN et al., 2015).

É nesse contexto que os resíduos da criação de suínos podem ser utilizados como fonte energética, ainda mais com o advento das mudanças climáticas, além de serem renováveis, substituindo os combustíveis fósseis que seriam utilizados para gerar a mesma quantidade de energia (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014). Assim como a análise da efetividade das políticas públicas existentes, pois apresentam alternativas e meios para expansão da matriz energética em biomassa no estado, porém essas políticas públicas ainda não refletem um crescimento significativo e esperado dessa matriz.

Além de que em 2015, na 21ª Conferência das Partes (COP21) em Paris, foi adotado um acordo com o objetivo central de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças. Desse modo, foi estabelecido o Acordo de Paris, aprovado pelos 195 países para reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE) no contexto do desenvolvimento sustentável. O Brasil estabeleceu compromissos oficiais, como reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Assim, o país se comprometeu a aumentar a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética para aproximadamente 18% até 2030, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, bem como alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030 (BRASIL, 2019).

O levantamento de variáveis pode direcionar, dentre outras ações, decisões por meio de políticas públicas que intensifiquem o uso de dessa fonte energética, viabilizando o aumento na geração de energia com biodigestores, paralelamente reduzindo o impacto prejudicial de resíduos ao meio ambiente e à sociedade. Decisões embasadas por variáveis direciona o poder público na priorização de ações em detrimento de resultados já apontados, otimizando recursos públicos e beneficiando meio ambiente e economia do Estado.

Outra questão que justifica a execução desta pesquisa se refere ao vínculo com o Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade – PPGTE, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Particularmente à linha de pesquisa Tecnologia e Desenvolvimento desse programa, que se propõe investigar

e analisar o desenvolvimento contínuo e durável do território, sob os aspectos da sustentabilidade social, econômico e ambiental. Há o vínculo ao grupo de pesquisa “Políticas Públicas e Dinâmicas de Desenvolvimento Territorial”, especificamente ao projeto de pesquisa “Energia e Desenvolvimento”, que busca estudar os aspectos do processo de apropriação e de recursos naturais e infraestrutura específicos, dinamizados por atores integrados em relações sociais, culturais e econômicas. Além de possuir vínculo ao projeto de cooperação internacional entre a UTFPR/PPGTE e a Universidad Pinar del Río (UPR/Cuba) financiado pela CAPES MES/Cuba (edital 046/2013) e pelo CNPq (Edital Universal 2014).

Por isso, a presente pesquisa propõe investigar as melhores formas do uso da biomassa suína no contexto social, econômico e ambiental do Estado, uma vez que esta fonte de energia vem evoluindo nos últimos anos, como aponta ao Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018:

Tabela 01 - Geração elétrica de biomassa no Brasil (GWh)

	2013	2014	2015	2016	2017	Δ% (2017/2016)	Part. % (2017)
Biomassa	39.679	44.987	47.394	49.236	49.385	0,3	8,4

Fonte: Adaptado de Empresa de Pesquisa Energética (2018).

Desse modo, a evolução do uso da biomassa para a geração de energia impacta diretamente a temática proposta pela presente pesquisa, em analisar as variáveis determinantes para impulsionar o uso dessa fonte, de modo mais alinhado e coerente com as dimensões da energia.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa segue a classificação de natureza aplicada e exploratória, pois busca identificar limites e potencialidades na utilização da biomassa suína como fonte energética, tendo por método predominante a investigação bibliográfica e documental, tanto para a fase do referencial teórico quanto do desenvolvimento da pesquisa. Por isso, do ponto de vista da

abordagem da coleta e do tratamento dos dados, esta pesquisa pode ser classificada de caráter qualitativo, com o uso de dados secundários.

Deste modo, em um primeiro momento, é realizada uma revisão bibliográfica, por meio de pesquisa de dados secundários, abordando em trabalhos científicos, livros, dados estatísticos, e também de documentos. Assim são expostos os conceitos a serem direcionadores desta pesquisa, como as mudanças tecnológicas na área de ciência, tecnologia e sociedade, a matriz energética paranaense e sua interpretação na literatura, o uso da biomassa nas dimensões da energia, bem como a biomassa no desenvolvimento dos fluxos de relações, caracterizando-se a fase exploratória.

Na sequência, a aplicação da pesquisa se inicia a partir da análise do conteúdo, visando identificar as principais variáveis existentes nas cinco dimensões da energia, partindo-se do que é exposto na literatura. Nesta fase, são trabalhados dados secundários que envolvem as temáticas de biomassa e bioenergia nas cinco dimensões ambiental, social, institucional, tecnológica e econômica, de artigos científicos (periódicos revisados por pares), que contribuem para o levantamento, classificando-se esta pesquisa como bibliográfica.

Após a definição das variáveis, detalhada nos capítulos 3 e 4 desta pesquisa, são identificados os limites e potencialidades que envolvem o conjunto das variáveis dentro das dimensões da energia. Esses limites e as potencialidades buscam ressaltar os principais aspectos dos tomadores de decisão de políticas públicas para o incentivo do melhor aproveitamento da biomassa suína.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em 3 capítulos, incluindo esta introdução como **capítulo 1**, no qual são apresentados: o tema, a delimitação da pesquisa, o problema e pressupostos, os objetivos geral e específicos, a justificativa, os procedimentos metodológicos, o embasamento teórico e esta estrutura.

No **capítulo 2** é realizada uma aproximação teórica no que se refere às definições do processo que envolve a utilização de biomassa como fonte energética

nas dimensões da energia. Na primeira seção do capítulo é apresentada abordagem de Ciência, Tecnologia e Sociedade diante das mudanças tecnológicas bem como a geração de resíduos decorrente desse processo. Na segunda seção, é abordada a matriz energética brasileira e os aspectos que envolvem sua estruturação sustentável em um território.

A terceira seção trata do uso da biomassa para o desenvolvimento sustentável e como essa fonte de energia renovável contribui para a economia circular. A quarta seção aborda o aspecto de políticas públicas e decisões em energia nas políticas públicas brasileiras. Na quinta seção é realizado um levantamento de artigos que abordam biomassa e desenvolvimento nas dimensões da energia, que viabilizam a seleção das variáveis.

No **capítulo 3**, são apresentados os aspectos metodológicos tomados que envolvem o desenvolvimento da pesquisa. Na primeira seção do capítulo será apresentada a abordagem metodológica. Na segunda seção, o planejamento para execução da pesquisa. Já a terceira sessão, aborda a operacionalização da pesquisa, com a análise de conteúdo e seleção das variáveis. A quarta sessão, com a definição dos critérios adotados para a identificação dos limites e potencialidades dentro de cada dimensão da energia.

No **capítulo 4**, são apresentados os resultados identificados de cada uma das variáveis, bem como a construção dos limites e das potencialidades dentro de cada dimensão da energia, a fim de subsidiar a tomada de decisão em políticas públicas do Estado.

Por fim, no **capítulo 5** são apresentadas as considerações finais deste trabalho, o atendimento dos objetivos, as limitações, assim como a sugestão de trabalhos futuros.

2 BIOENERGIA PARA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

O presente capítulo aborda uma revisão da teoria como base para a pesquisa da identificação de variáveis determinantes no contexto do aproveitamento energético da biomassa suína. Para isso, considera-se a análise a partir do campo da Ciência, Tecnologia e Sociedade, em que são apresentados os principais aspectos relacionados às mudanças tecnológicas, matrizes energéticas, biomassa e desenvolvimento, e políticas públicas no aproveitamento energético da biomassa.

2.1 MUDANÇAS TECNOLÓGICAS

As mudanças que a tecnologia incorpora ao longo do tempo são processos comuns e que ocorrem continuamente. Depreende-se desse processo que é essencial não só compreender as mudanças da própria tecnologia, mas o contexto social que fundamenta suas alterações. Ressalta-se que tanto as mudanças sociais, como as mudanças tecnológicas, estão diretamente ligadas numa relação mútua, em que uma alteração ocorre em detrimento à outra, como citam Cutcliffe (2003), Linsingen et al. (2003), Marcuse (1941) e Vaccarezza (2011).

A partir das décadas de 60 e 70, os estudos de Ciência, Tecnologia e Sociedade - CTS se intensificaram, passando a buscar compreender a amplitude social da ciência e da tecnologia, seus antecedentes e suas consequências sociais e ambientais (LINSINGEN et al., 2003). Marcuse (1941) aborda a concepção da tecnologia na sociedade moderna como sendo um instrumento das relações sociais dos indivíduos, não se limitando apenas à essência da técnica diante de um objeto, mas algo muito mais denso e importante para a sociedade imersa em um sistema produtivo. A ciência e a tecnologia são vistas, não como processos e atividades autônomas, mas sim como produto social, influenciado significativamente na origem de ideias científicas e de técnicas (LINSINGEN, et al., 2003).

Por isso, ao se tratar das mudanças tecnológicas é necessário considerar como o processo de CTS ocorreu no desenvolvimento de determinadas sociedades. Na América Latina, Vaccarezza (2011) ressalta a debilidade da produção em ciência e tecnologia à extrema dependência do Estado, e não de capital privado, na geração

de avanços no campo de CTS. Esse fato pode ser interpretado como um entrave social, devido às limitações de recursos do Estado para suas políticas públicas, uma vez que concorrem recursos com áreas de necessidades básicas e imediatas (VACCAREZZA, 2011). Assim, o retorno do investimento que ciência e tecnologia oferecem é de médio ou longo prazo, não sendo, muitas vezes, de interesse dos governos para expressar o trabalho de gestão pública (VACCAREZZA, 2011).

Entretanto, os impactos desse processo no desenvolvimento gerado nem sempre são tão positivos quanto se espera. Cutcliffe (2003) considera que todo este desenvolvimento, como a constituição de organizações, refletiu em um impulso para a compreensão da complexidade da ciência e da tecnologia modernas na sociedade atual. Como Feenberg (2010) evidencia que a tendência tecnocrática das sociedades modernas resulta frequentemente em um desequilíbrio entre dois tipos de agir, o trabalho e a interação. Também nas tentativas de considerar mais interdisciplinar para o entendimento não somente dos benefícios da tecnologia científica, mas do maior destaque para os tão frequentes ignorados efeitos colaterais da tecnologia (CUTCLIFFE, 2003).

De acordo com Wu e Chen (2017), atualmente o mundo está passando por uma grande revolução, baseada predominantemente no avanço da tecnologia por três fatores tecnológicos fundamentais: digital, físico e biológico, bem como no conjunto desempenhado entre estes três fatores. De acordo com os autores, os principais direcionadores tecnológicos são: para o fator digital a Internet, a inteligência artificial, aprendizagem de máquinas, dados importantes, computação em nuvem e plataformas digitais; já para o fator físico seriam carros autônomos e impressões em três dimensões (3D); e para o fator biológico, a engenharia genética e neurotecnologia (WU; CHEN, 2017).

Tais fatores possibilitam o desenvolvimento de grandes benefícios para a sociedade e soluções de problemas, entretanto, como já sinalizado na história da humanidade, é imprescindível que se volte a olhar de modo panorâmico novas tecnologias a fim de mensurar todos os impactos da sua existência para não ocasionar efeitos indesejados (LINSINGEN, et al., 2003). De acordo com Goldemberg e Lucon (2007), durante o século XX o *homem tecnológico* desenvolveu motores de combustão interna movidos a gasolina e diesel, derivados do petróleo, que geram poluição e resíduos. Por um grande período de tempo essa questão não era contemplada como uma prioridade mundial, até que os efeitos negativos se

tornaram amplamente notórios nesse processo, tanto para o meio ambiente como para a sociedade, decorrente do resultado na inserção dessas novas tecnologias.

De modo mais intenso, durante períodos de abundância entre as décadas de 1920 a meados dos anos 1950, a ideia de obsolescência programada fortaleceu e aumentou a lógica da economia linear, um modelo baseado na lógica de *adquirir-fazer-usar-descartar*, simplesmente ignorando os efeitos resultantes da utilidade (ANDREWS, 2015). Porém, as práticas de reutilizar e reciclar se tornaram comuns na sociedade durante e depois da Segunda Guerra Mundial, em razão dos recursos racionados e muitos estarem apenas disponíveis para o chamado “esforço de guerra” (ANDREWS, 2015).

Logo, assim que o racionamento terminou, novamente o descarte voltou a ser o único destino de resíduos de produtos, intensificado pelas mudanças nos mercados globais da década de 1960 (ANDREWS, 2015). Contudo, em meados dos anos 70 com a força da Organização das Nações Unidas (ONU), iniciou-se a atenção para a prática do modelo vigente de produção. Em quase todas as sociedades mundiais, percebia-se que tal modelo comprometeria a utilização de recursos, assim como os impactos negativos à sociedade e ao meio ambiente em um futuro muito próximo (BOFF, 2012).

Como Andrews (2015) apresenta, após as grandes revoluções industriais, o sistema produtivo contou com uma produção acelerada decorrente das grandes tecnologias impulsionadoras da produção, como a mecanização, o desenvolvimento de novos sistemas de fontes de energia e a divisão de mão-de-obra (aumentando a eficiência). O foco era dado ao desenvolvimento e aos benefícios práticos, sem atenção para as consequências em longo prazo, que na maioria, eram prejudiciais ao meio ambiente e aos seres humanos. Como resultado desse processo têm-se a poluição do ar, mau cheiro, propagação de micro-organismos transmissores de doenças, enchentes, destruição da cobertura vegetal, a contaminação do solo e de lençóis freáticos, que compromete a saúde da população e todo o meio ambiente (BRASIL, 2015).

É neste contexto que a mudança de paradigmas, aliada ao surgimento de novas tecnologias, vêm viabilizando a reutilização de insumos descartados em processos produtivos no objetivo de consolidar um ciclo sustentável para a conjuntura de atividades produtivas do mundo atual. No que se refere à geração de resíduos, Silva et al. (2015) indicam que as mudanças de hábitos, como os modos de produção e consumo da sociedade impactam diretamente na geração de

resíduos, tanto em quantidade como em diversidade, principalmente em grandes cidades, tornando o gerenciamento mais complexo. Outro segmento relevante à sustentabilidade é a questão energética mundial, pois a demanda por energia, com os atuais hábitos da sociedade exige, ao sistema uma geração cada vez maior (DUPONT; GRASSI; ROMITTI, 2015).

Portanto, ambos gestão de resíduos e energia, dependem de tecnologias que se ajustem a cada caso e que possibilitem abranger toda a população e meio ambiente com um tratamento por meio de equidade em todas as esferas (LOPES, 2016). O ambiente foi danificado com vastas quantidades de resíduos que contaminaram solo e ar, por terem sido gerenciados de forma inadequada. A geração de resíduos tende a aumentar em um curto espaço de tempo devido ao crescimento populacional, renda e comportamento associados à urbanização (ANDREWS, 2015). Desta forma, Boff (2012) ressalta que a pressão mundial sobre as organizações, como governos e empresas, em decorrência da crescente degradação da natureza e dos riscos que pesam sobre a vida humana, estimularam esforços para conferir sustentabilidade ao desenvolvimento.

É esta a proposta da lógica da economia circular, que traz à economia de recursos, meios alternativos de produção e a possibilidade de reduzir ou anular os impactos negativos nas atividades produtivas (KORHONEN et al., 2018). A economia circular propõe o fechamento dos processos produtivos lineares, com a reinserção dos resíduos no ciclo produtivo, minimizando a disposição no ambiente, a extração de matéria-prima e até a geração de energia (STAHEL, 2016). Por isso, cada vez mais o reaproveitamento dos recursos oportuniza o atendimento das diversas necessidades humanas, sem prejuízo ou impacto negativo ao meio ambiente e à própria sociedade (BERNDES; SMITH, 2013).

De acordo com D'Amato et al. (2017), o conceito de economia circular se relaciona fortemente com os conceitos de economia verde e bioeconomia, em que os três são acompanhados pelo ideal comum de conciliar metas econômicas, ambientais e sociais na formulação de políticas como principais vias de sustentabilidade. De acordo com os autores, a diferenciação desses conceitos ocorre que, tanto a economia verde como a bioeconomia, são focadas em recursos, em torno de processos locais em termos de biossegurança, enquanto que a economia verde reconhece o papel de base de todos os processos ecológicos (D'AMATO et al. 2017).

Por exemplo, como já citado por Wu e Chen (2017) neste capítulo, um dos principais direcionadores tecnológicos atuais e mais significativos seria a impressão em 3D. Potting et al. (2017) relacionam tal direcionador com a economia circular, pois o aumento da impressão em 3D vem obtendo grande impacto na escolha dos materiais a serem aplicados nos produtos. A continuação da redução de componentes eletrônicos, de acordo com os autores, está resultando em equipamentos mais compactos e multifuncionais, e que provavelmente levará a uma maior eficiência no consumo de recursos e materiais, podendo afetar positivamente a prática de reciclagem e consumo de energia (POTTING et al., 2017).

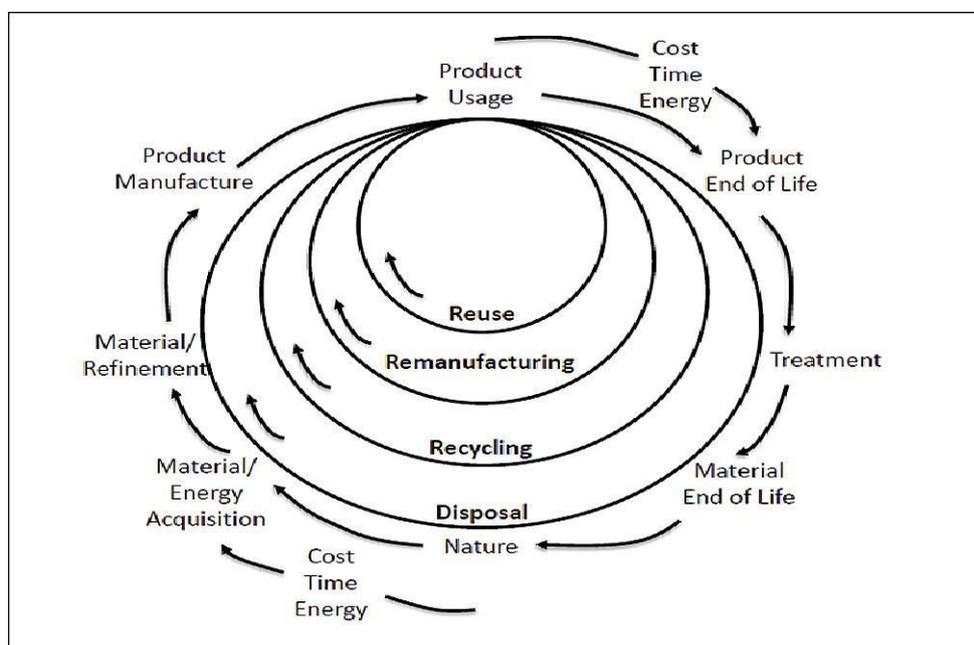
Além da elaboração de produtos que contemplam a minimização da utilização de recursos considerando já no início da fabricação, a redução no consumo de energia, o reaproveitamento de resíduos para a transformação em outras substâncias também é um dos aspectos mais significativos da economia circular. É notório que o aumento da geração de resíduos é um dos grandes desafios da sociedade, assim como a busca por meios alternativos de produção, que vem se intensificando e ganhando urgência para a redução dos impactos negativos à sociedade e ao meio ambiente (LOPES, 2016). Um dos principais meios de reaproveitamento de resíduos está na geração de energia, além da dinâmica das energias renováveis, que possibilita o uso de recursos renováveis e reinserção dos descartes para a fabricação de outros produtos.

Korhonen et al. (2018) abordam o processo dos recursos na economia circular, com uma representação abrangente da lógica econômica e comercial incorporadas ao conceito de economia circular. A Figura 01 possibilita ilustrar esse processo detalhado, em que os círculos internos representam a reutilização de produtos, remanufatura e remodelação dos quais exigem menos recursos, energia, são mais econômicos e convencionais na reciclagem de materiais, sendo considerados como matérias-primas de baixo grau (KORHONEN et al., 2018). Os materiais devem ser recuperados primeiramente para reutilização, remodelação e reparo, para então seguirem na remanufatura, e depois se tornarem matérias-primas para utilização, o que vem sendo o foco principal na reciclagem tradicional (KORHONEN et al., 2018).

A cadeia de valor do produto e o seu ciclo de vida gera, dessa forma, um valor mais alto e qualidade durando mais tempo no sistema produtivo, sendo muito eficiente em termos energéticos (KORHONEN et al., 2018). Uma vez que uma matéria-prima é extraída, refinada e produzida com os custos habituais, faz sentido

econômico e comercial usar o valor produzido no maior tempo possível, ou seja, mantendo a função serviço-valor de uso na circulação econômica ao maior tempo possível (KORHONEN et al., 2018):

Figura 01 – Processo produtivo no modelo da economia circular



Fonte: Adaptado de Korhonen et al. (2018, p. 546).

Como Wu e Chen (2017) apontam, na economia mundial, 15% do uso de energia comercializada é destinada ao consumo final, e 85% é atribuído à produção de uso intermediário. Por isso, os países estão cada vez mais interessados em planejar com precisão a energia futura, consumo e utilização, de recursos energéticos sustentáveis e renováveis para a sustentabilidade das suas atividades (CABEZA et al., 2018). Em decorrência disso, é fundamental a preparação dos países por meio da construção de matrizes energéticas alinhadas às demandas e aos recursos disponíveis (DUPONT; GRASSI; ROMITTI, 2015). Nesse contexto, a questão de resíduos aliada à geração de energia vem ganhando cada vez mais espaço na constituição das matrizes energéticas dos países.

As duas grandes classificações para as fontes de energia são as não-renováveis e as renováveis (DUPONT; GRASSI; ROMITTI, 2015; GOLDEMBERG; LUCON, 2007). O primeiro grupo é caracterizado pelas fontes fósseis e nucleares, por meio do petróleo, carvão mineral, gás natural, xisto betuminoso e materiais fósseis (GOLDEMBERG; LUCON, 2007). Já as fontes renováveis de energia são as fontes que são repostas rapidamente pela natureza, como os potenciais hidráulicos,

eólicos, a energia das marés e das ondas, a solar, a geotermal, biomassa (como a lenha, os dejetos de animais e resíduos vegetais, etanol, biodiesel, bagaço de cana e gás de aterros sanitários) (GOLDEMBERG; LUCON, 2007). A Figura 03 ilustra a classificação dessas fontes de energia, bem como a energia gerada por cada fonte:

Figura 02 – Fontes de geração de energia

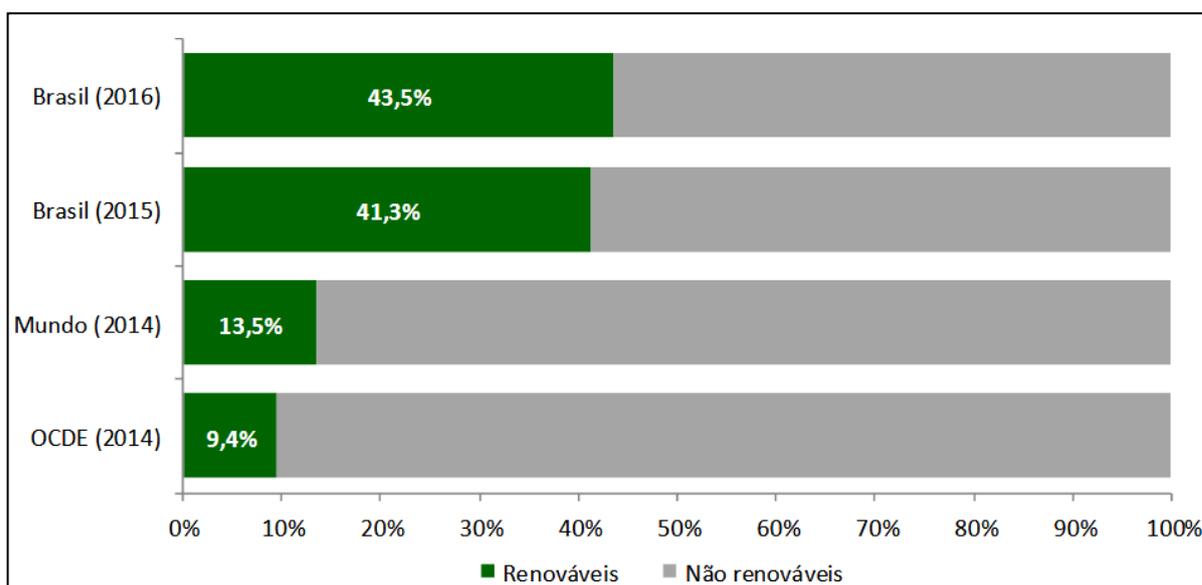
Fontes		Energia primária	Energia secundária	
Não-renováveis	Fósseis	carvão mineral	termoeletricidade, calor, combustível para transporte	
		petróleo e derivados		
		gás natural		
	Nuclear	materiais físséis	termoeletricidade, calor	
Renováveis	"Tradicionais"	biomassa primitiva: lenha de desmatamento	calor	
	"Convencionais"	potenciais hidráulicos de médio e grande porte	hidreletricidade	
		potenciais hidráulicos de pequeno porte		
	"Novas"	biomassa "moderna": lenha replantada, culturas energéticas (cana-de-açúcar, óleos vegetais)	biocombustíveis (etanol, biodiesel), termoeletricidade, calor	
		outros	energia solar	calor, eletricidade fotovoltaica
			geotermal	calor e eletricidade
			eólica	eletricidade
maremotriz e das ondas				

Fonte: Adaptado de Goldemberg e Lucon (2007, p. 10).

É notável que as energias renováveis venham ganhando cada vez mais espaço na constituição das matrizes energéticas dos países. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2017) no Balanço Energético Nacional – BEN de 2016, a participação de energias renováveis na matriz energética do Brasil se manteve entre as mais altas do mundo, de 43,5%, com pequeno crescimento devido à queda da oferta interna de petróleo e derivados e expansão da geração hidráulica. Uma vez que, dos outros anos, o percentual de renováveis na matriz

energética brasileira era menor 41,3%, em 2015, 39,4% em 2014, em 2013 de 40,4% e 42,3% em 2012.

Gráfico 01 - Participação de fontes renováveis na matriz energética



Fonte: Adaptado de Empresa de Pesquisa Energética (2017, p. 13).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2017), em 2016 o consumo final, energético e não energético, reduziu 2,2% em relação ao ano anterior. A representatividade dos setores que mais consomem energia no Brasil foi liderada pelos setores da indústria e transportes, sendo que 33% de toda a energia gerada foi consumida pela indústria, 32,4% pelo setor de transportes. Também 10,3% pelo setor energético, 9,7% pelas residências, 4,9% pelo setor de serviços, 4% pela agropecuária e 5,8% representando uso não energético. A variação mais significativa, comparando-se 2016 e 2015, foi do setor agropecuário, com uma redução de 10,4% no consumo de energia, já o percentual das residências foi o que menos reduziu, somente 0,3% no consumo de energia.

A Empresa de Pesquisa Energética (2017) também sinaliza que a oferta interna de energia (total ofertada no país) teve redução de 3,8% em 2016 em relação a 2015, acompanhando o enfraquecimento da atividade econômica vivenciada no país. Assim como a redução da oferta interna de petróleo e derivados (5,6% no período) – em que houve superávit destas fontes energéticas, adicionado ao recuo de 13,2% do gás natural, dos quais foram fatores determinantes para a queda da oferta total de energia. Tais considerações mostram que a redução do consumo de energia (2,2%) foi menor em relação à redução da disponibilização de

energia (3,8%) em comparação 2016 com 2015, demonstrando que há ainda necessidade de evolução para atendimento de toda a demanda de energia no país.

Por isso, é notável que a viabilização desse atendimento deve ser focada em fontes renováveis de energia, uma vez que contribui para sanar a demanda e manter de forma sustentável a matriz energética brasileira, sem maiores impactos ao meio ambiente. Ao passo que a busca por solução dos problemas decorrentes da grande geração de resíduos também vem se intensificando (DUPONT; GRASSI; ROMITTI, 2015). Assim, a construção de ferramentas para facilitar a mudança, deve contemplar a existência de uma plataforma para inovação e demanda de tecnologia (MALINAUSKAITE et al., 2017).

A transformação de resíduos em energia pode ser uma chave para uma economia circular, possibilitando que o valor de produtos, materiais e recursos seja mantido no mercado pelo maior tempo possível, minimizando o desperdício e o uso de recursos (MALINAUSKAITE et al., 2017). Desta forma, faz-se necessário considerar as tecnologias que colaboram para a amenização ou solução dos principais problemas que impactam o meio ambiente e a sociedade em ambas as esferas, tanto para a geração de energia e gestão de resíduos. A principal tecnologia a ser observada se refere ao perfil da matriz energética, uma vez que por meio do uso dessa tecnologia, pode-se associar reaproveitamento de resíduos e geração de energia.

2.2 SUSTENTABILIDADE EM MATRIZ ENERGÉTICA

Diante de um cenário desafiador para inúmeras questões do desenvolvimento contemporâneo, as limitações para o contexto energético são das mais expressivas. Como Fairley (2017) aponta, decisões sobre como ou onde construir projetos de energia sempre foram influenciados por uma rede complexa de fatores nos quais considerações geográficas, culturais, pressões comerciais e políticas são analisadas para a constituição de matrizes energéticas no mundo. Atualmente o interesse compartilhado da sociedade vem motivando o desenvolvimento e a implantação de sistemas de geração baseados em fontes renováveis, com notáveis mudanças globais (DUPONT; GRASSI; ROMITTI, 2015).

No Brasil, o declínio do uso das fontes não renováveis na matriz energética, como o petróleo, acentuou-se gradativamente nos últimos 30 anos. Entre os principais fatores se destacam o etanol, com a política de construção de grandes usinas hidrelétricas, a crescente participação do gás natural na oferta interna bruta e a substituição por fontes mais eficientes, como o gás liquefeito de petróleo – GLP (QUEIROZ; GIACAGLIA, 2013). De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2017), 43,5% da oferta interna de energia é proveniente de fontes renováveis, enquanto as não renováveis continuam com maior representatividade no cenário nacional, sendo de 56,5% a participação na matriz energética do país.

Silva et al. (2014) mostram que o Brasil vem passando por um dilema (*trade-off*) no desenvolvimento de políticas de incentivo às fontes de energias renováveis e às fontes de energia não renováveis, pois: ao posicionar o discurso pela energia renovável, incentiva que essa produção supere os aspectos negativos, com uma demanda de recursos para isso. Porém, ao manter o investimento no petróleo para explorar seus aspectos positivos, segundo os autores, torna contraditória a proposição de uma nova e mais limpa matriz energética (SILVA, et al., 2014). A Figura 03 lista os principais aspectos positivos e negativos de ambas as fontes, renováveis e petróleo, para o país:

Figura 03 - Trade-off entre produção de energia com fontes renováveis e petróleo

Fonte/ Aspectos	Positivos	Negativos
Renováveis	Área e clima favorável	Custos altos para desenvolvimento tecnológico para escala mundial
	Posição de liderança no mercado mundial	Necessidade de desenvolvimento tecnológico
	Exemplo de desenvolvimento tecnológico, como para álcool.	Custos altos para transporte, distribuição e armazenamento.
	Investimento nacional	Forte relação com preço do petróleo (incentivo de mudança do padrão energético pelo crescimento do preço do petróleo)
Petróleo	Nova área de exploração e redução da dependência externa	Impacto ambiental
	Tecnologia conhecida	Custo elevado para armazenamento e transporte
	Interesse mundial, por manter matriz tecnológica vigente.	Busca mundial por fontes renováveis
	Investimento nacional	Flutuação do preço mundial

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2014, p. 97).

Todavia, ao se tratar da constituição de matriz energética, é fundamental que sejam analisados muitos dos aspectos que envolvem energia, sendo um dos mais significativos, a interpretação que se dispõe na matriz energética nacional. O atual cenário direciona atenção à crise energética brasileira, como apontam Silva, Marchi Neto e Seifert (2016), mostra o risco que o Brasil tem experimentado nos últimos anos com um resultado direto, em grande medida, de atrasos nos projetos de geração e transmissão e políticas energéticas inadequadas. Nota-se que a questão econômica, em geral, segue em destaque pois é a primeira que se aborda tanto em crises, como na viabilização de projetos e também na mensuração de resultados, porém não deve ser a única a ser observada na constituição de uma matriz energética.

Desse modo, a interpretação por meio de dimensões de energia possibilita a estruturação de decisões tendo por base principais aspectos direcionadores, no contexto de energia, além da dimensão econômica, as dimensões ambiental, social, tecnológica e institucional são as que mais se sobressaem nos estudos. Por isso, a complexidade dos fatores que podem influenciar decisões diante da constituição de uma matriz energética, envolve aspectos ambientais, sociais, políticos, econômicos, empresariais, entre outros, que demandam um alinhamento para que todas as partes sejam beneficiadas.

Esta tarefa é direcionada fortemente ao Estado para que tome por decisão de ações por meio de políticas públicas. Estas políticas públicas, por sua vez, embasam-se por dados diferenciados e com pesos também, tornando-se um desafio para os Estados e governos equilibrar suas ações na condução de políticas públicas que devam priorizar o bem comum, entre o que o governo escolhe fazer ou não fazer (DYE, 2011).

A dimensão ambiental se torna muito impactada ao ser abordada sobre o aspecto da energia, ainda mais quando voltada para o desenvolvimento sustentável. O uso de recursos naturais, principalmente os de fontes não renováveis para a geração de energia foi tomado por muitos anos chegando à ameaçada escassez de recursos, exigindo do sistema meios alternativos que garantissem o processo mais sustentável (SILVA et al., 2014).

Cesaretti (2010) lista principais critérios para avaliar diferentes fontes de energia do sob o aspecto ambiental, como: impactos no clima, emissões de gases do efeito estufa e aquecimento global, uso da terra ou área ocupada e tempo de uso, diminuição da biodiversidade, desmatamento e desertificação; consumo dos

recursos naturais, desmaterialização da geração de energia elétrica; consumo de água; poluição do ar e emissões gasosas; solução para os resíduos nucleares, emissão de resíduos nucleares (também como critério social); chuva ácida, poluição térmica; emissão de resíduos químicos perigosos, efluentes líquidos e gasosos; e eficiência de conversão energética.

A dimensão social envolve aspectos de diferentes interesses, sendo um dos mais desafiadores para estabelecer decisões na constituição de uma matriz energética, uma vez que está ligado a aspectos culturais, de saúde, convivência, e de diferentes interesses. Cesaretti (2010) aponta alguns critérios a serem considerados sob o aspecto social diante de decisões em energia, como: saúde humana, toxicidade terrestre e aquática; segurança operacional, risco de acidentes, bom desempenho técnico; geração de emprego; salário médio do emprego gerado, aumento da renda da população local; impactos sociais (educacionais, coesão social, orçamento dos governos locais); aceitação pública e social da fonte de energia.

Para a dimensão institucional envolve os aspectos de implementação das decisões em energia pelo Estado e demais organizações, sendo de uma análise complexa e de grande profundidade. De acordo com Pereira (2014), essa dimensão abrange a participação de agentes públicos e privados, formação de consórcios que envolvam empresas, cooperativas e associações de produtores estaduais, nacionais e estrangeiros, de forma que os empreendimentos fomentem a integração da produção local com os mercados nacional e internacional para o desenvolvimento energético.

Para as dimensões econômica e tecnológica, a mais destacada ao se abordar decisões em energia, pois impacta diretamente e em curto prazo o Estado, os principais aspectos analisados são de: custo de investimento por kW (quilowatts) instalado e de investimento total; custo do combustível, de operação e manutenção; custo final da energia gerada sem e com emissão de CO₂ (dióxido de carbono); necessidade de linhas de transmissão; tempo de vida do empreendimento; tempo de construção; taxa de retorno e juros; importação ou balanço de pagamentos; custo de comissionamento; fator de capacidade; domínio da tecnologia e limitações nacionais e locais, potencial de geração de energia; impactos na economia local (criação de indústria local, turismo, integração da economia local com a nacional); segurança energética; e volatilidade dos preços dos energéticos (SOUZA, 2016; CESARETTI, 2010).

2.2.1 Estudos que abordam dimensões da energia

Souza (2016) apresenta quatro dimensões da energia com relevantes pesos para a tomada de decisão em matriz energética em um Estado, a partir de uma análise teórica, nas perspectivas: ambiental, econômica, social e institucional. Além do mais, Almeida (2016) aborda os indicadores energéticos dentro das dimensões como meios de auxílio a decisões diante da temática de energia, com destaque para a incorporação de informações socioambientais, incluindo os tradicionais fatores econômicos dentro das dimensões econômica, social, ambiental, dimensões espacial/ geográfica e cultural. Gomes (2017) destaca a abordagem dos embates sociais como um obstáculo intrínseco ao setor energético brasileiro, conquanto para os conflitos, que ainda são contínuos.

Souza (2016) apresenta a dimensão ambiental como a primeira a ser considerada e determinante no processo de tomada de decisão, seguindo da dimensão econômica, da social e por fim, da dimensão institucional. A dimensão ambiental, na pesquisa realizada por Souza (2016), teve destaque a sustentabilidade por meio do uso das energias renováveis na matriz energética brasileira, a exaustão física das reservas hídricas, o aumento da conscientização da preservação do meio ambiente e dependência da energia hidráulica no Brasil.

Entretanto, Almeida (2016) retrata que para a dimensão ambiental são apresentados indicadores com resultados ligados à sustentabilidade ou insustentabilidade do desenvolvimento, independentemente se analisados de modo individual ou em conjunto com outros indicadores. De acordo com a autora, isso se deve à construção destes indicadores ter ocorrido pela busca de informações sobre poluição e degradação do ambiente, como parâmetros adequados para acompanhar os impactos ambientais resultantes do uso de fontes energéticas.

A dimensão econômica, na pesquisa de Souza (2016), engloba os altos investimentos de constituição de hidrelétricas, a recorrente elevada remuneração da energia originada dos combustíveis fósseis, os impactos regionais da política tarifária, a areal possibilidade de exaustão econômica. Também são presentes os aspectos de desigualdade socioeconômica, a interferência da tecnologia para a eficiência, os parâmetros de intensidade energética e os elevados riscos econômicos para as organizações geradoras em razão dos impactos negativos das mudanças climáticas globais (SOUZA, 2016).

Para a dimensão econômica, o resultado identificado por Almeida (2016) mostra que a maioria dos indicadores energéticos não foi construída com o objetivo voltado para o desenvolvimento sustentável, mas sim desenvolvida para eficiência energética e crescimento econômico, relacionados à sustentabilidade (ALMEIDA, 2016). Uma vez que em análise individual desses indicadores, podem estimular ações que se distanciam do resultado da sustentabilidade, impactando de forma negativa aspectos socioambientais e degradação do meio ambiente (ALMEIDA, 2016).

Como Rodrigues (2018) retrata, o processo de desenvolvimento é impactado pelo modo como as instituições operam e a efetividade obtida de seus resultados, com uma ligação direta com fatores extra econômicos, como por exemplo, o capital social. Esta dimensão aborda os principais pontos de perda do patrimônio cultural, a desterritorialização, a concentração urbana próxima aos empreendimentos hidrelétricos, a manipulação da opinião pública, a mudança nas estruturas sociais locais existentes, o impacto no equilíbrio social e ambiental e a essencialidade da constituição de uma rede sócio-técnica (SOUZA, 2016).

Deste modo, a dimensão institucional corresponde aos temas de instituições de apoio e fomento ao desenvolvimento tecnológico, instituições ambientais, os contrastes entre o planejamento do Estado, políticas sociais e ambientais, a atual estrutura burocrática e institucional, o corporativismo das ações empresariais, as medidas regulatórias e a influência das políticas regionais (SOUZA, 2016). Também, a autora destaca que as instituições são ainda pouco efetivas nesse contexto devido à priorização de interesses empresariais e necessidade de amadurecimento no campo da geração de energia (SOUZA, 2016).

Conforme apontado por Almeida (2016), as categorias governança, vulnerabilidade, resiliência e política, apresentadas no estudo, contribuem para a geração de informações que podem ser associadas às dimensões espacial/geográfica e cultural, de modo institucional. Essas categorias englobam a relação do governo com a sociedade, legislações, regulamentos, e formas de resolução de problemas, implicando assim em elementos como território, poder e costumes da sociedade por meio de indicadores que contribuam para a redução das incertezas na tomada de decisão, estimulando a criação de leis voltadas para ações sustentáveis, ou mesmo, a revisão destas direcionando à sustentabilidade (ALMEIDA, 2016). De acordo com Kisel et al. (2016), os aspectos de estabilidade política e corrupção são as principais formas como as decisões de política

energética dos países são influenciadas, e que se todos esses indicadores pudessem ser reunidos pelos países para uma base de dados comum, também forneceria uma base forte para avaliações e desenvolvimentos da política de segurança energética.

Nessa perspectiva, pode-se considerar que ao se tratar da constituição da matriz energética de um território, diversos aspectos devem ser analisados. Gomes (2017) destaca em seu estudo diretamente o conflito ambiental em torno de projetos de pequenas centrais hidrelétricas, que são presentes no início do processo de licenciamento ambiental, aplicado ao estado do Paraná. De forma indireta, são abordadas questões institucionais e econômicas que acabam impactando o meio ambiente e a sociedade, como o descumprimento de regras no setor energético, sendo o principal fator de geração de conflitos decorrentes do desenvolvimento do setor privado, da flexibilização do Estado e de interesses econômicos, seguidos de uma má gestão em todo o processo (GOMES, 2017).

Almeida (2016) mostra que dimensão social é abordada pelos indicadores energéticos diante ao perfil socioeconômico da população, acesso à energia, mortalidade em decorrência da cadeia de combustíveis e elementos mais abrangentes envolvendo questões institucionais da dinâmica social. De acordo com a autora, é necessário que tais indicadores tenham uma análise associada a outros indicadores, como os da dimensão ambiental, mas que ainda direcionam a ações distantes de objetivos sustentáveis. Como Kisel et al. (2016) alertam, é importante uma análise das ferramentas, pois indicadores enganosos podem ser usados por organizações e formuladores de políticas, para levar a avaliações inadequadas de política energética, decisões de investimento inadequadas ou a projetos e regulamentações do mercado de energia de visão limitada.

Dentre as dimensões analisadas, percebe-se que ao se tratar da dimensão ambiental, os aspectos do contexto energético são mais bem direcionados para a sustentabilidade do que se comparado às demais dimensões, como a econômica e social, apontadas por Gomes (2017), Almeida (2016) e Souza (2017). Nesta questão em que o foco é direcionado para interesses econômicos, Rodrigues (2018, p. 45) destaca que

O crescimento econômico não é suficiente para resolver todos os problemas sociais, pelo contrário, dependendo de sua qualidade e trajetória, tende a gerar desigualdades na distribuição da renda e problemas ambientais severos. A melhoria no bem-estar da população, deve ser a fonte última dos objetivos de um governo e sociedade de um país. Ter um foco excessivo no

crescimento econômico, e não olhar para a dimensão social e ambiental inerentes ao processo, pode causar sérios e irreversíveis transtornos para desejáveis trajetórias de desenvolvimento perseguidas pelos países e suas regiões (RODRIGUES, 2018, p. 45).

Dessa forma, nota-se que o cenário da constituição de matriz energética segue um alinhamento priorizando o desenvolvimento econômico, ainda mais em situações com grande dependência econômica do setor de energia, impactando fortemente o desempenho econômico e estabilidade geral de países com este perfil (KISEL et al., 2016). De acordo com Kisel et al. (2016), o objetivo geral de um país a fim de minimizar a impacto do setor energético para uma estabilidade política, deveria ser o equilíbrio entre receitas de exportação e custos de importação. Além da questão da segurança energética, que também se torna crítica para uma avaliação do contexto do país.

Sendo assim, percebe-se que para a construção de uma matriz energética alinhada com as dimensões econômica, social, ambiental e institucional, é necessário superar grandes barreiras presentes no atual cenário, como a intensificação ou totalização do uso de fontes renováveis de energia. Nogueira et al. (2015) destacam que é fundamental a análise do uso de fontes não renováveis de energia e suas implicações ambientais, servindo como meio de estímulo ao desenvolvimento de tecnologias renováveis para o fornecimento de energia sustentável.

2.3 BIOMASSA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL

Com o crescimento da população e o aumento dos padrões de vida, a demanda por bens de consumo e energia também aumenta, e por consequência, aumenta a demanda por proteína animal, crescendo o manejo pecuário e assim, aumentando a geração de resíduos de animais. Dado que o valor médio de aquecimento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é de aproximadamente 10 MJ/kg (megajoules por quilograma), sendo congruente usar resíduos como fonte de energia, o desperdício de energia tem sido associado ao seu direcionamento para a incineração. No entanto, o termo é muito mais amplo, abrangendo vários processos de tratamento de resíduos gerando energia, por exemplo, na forma de eletricidade

e/ou calor ou produzindo um combustível derivado de resíduos (MALINAUSKAITE et al., 2017).

Dentre as energias renováveis existentes, a biomassa é a principal fonte energética pois possui maior flexibilidade de suprir energéticos em processos modernos com elevada eficiência tecnológica em todos os setores da sociedade, para produção de eletricidade, transporte, aquecimento, refrigeração e processos industriais (CORTEZ; LORA; AYARZA, 2008; WORLD ENERGY COUNCIL, 2017). É nesse contexto que o uso da biomassa contribui para a eliminação de resíduos e o aumento da produção de energia, haja vista que as fontes de biomassa são abundantes (resíduos agrícolas, florestais e resíduos urbanos, ou até mesmo por meio culturas energéticas podem ser cultivadas para energia) e a demanda energética mundial é latente (BERNDES; SMITH, 2013).

Ning et al. (2013) reforçam que é necessário também avaliar os custos, os benefícios, a eficiência e os efeitos ambientais da bioenergia como energia alternativa para um desenvolvimento sustentável próspero a fim de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e a dependência de combustíveis fósseis. A biomassa como recurso energético tem uma classificação em categorias de biomassa energética florestal; biomassa energética agrícola; agro energéticas das atividades agrícolas, agroindustriais da produção animal; e rejeitos urbanos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007).

O uso da biomassa é ainda muito questionado pelo fato de o processo de conversão em energia liberar emissões de partículas nocivas ao meio ambiente e à sociedade. Porém, como retratam Brandelet et al. (2017) e o Plano Nacional de Energia 2030 (2007), a conversão da biomassa aliada à eficiência energética e tecnológica, representa uma fonte de energia com baixo impacto ambiental se realizada a exploração de forma racional, podendo ser praticamente anulada quando a biomassa volta a crescer no sistema produtivo.

Isto ocorre porque a biomassa, antes de se tornar um insumo para a geração de energia, na condição de vegetal (lenhoso e não lenhoso) captura CO₂ (dióxido de carbono) do ar durante a sua fase de crescimento, produzindo, durante o ciclo de vida completo, emissões de carbono inferiores, mesmo considerando o processo de conversão em energia, ao contrário do processo dos combustíveis fósseis (MOREIRA, 2014). Assim como a biomassa, na condição de resíduo sólido orgânico, integra uma significativa parcela no cenário de toda a geração de resíduos sólidos de um território, tanto no aspecto de volume, como também pela

interferência negativa que pode provocar no processo (TAIA et al., 2011). Este tipo de resíduo possui destaque por suas particularidades, caso o seu gerenciamento seja realizado de modo inadequado pode comprometer a reciclagem e o reuso dos demais resíduos e torná-los inaproveitáveis (BRASIL, 2010).

Assim, há a geração de impactos ambientais e sociais adversos, como a disposição inadequada que gera chorume, emissão de metano na atmosfera e a proliferação de vetores de doenças (BRASIL, 2010). Como Machado (2014) salienta, os resíduos sólidos orgânicos não permitem que se possa fazer reciclagem ou reaproveitamento, para os mesmos fins para que foram gerados, sendo essencial considerar primeiramente a não geração e redução nos processos produtivos do país. Dentre as classificações de tipos de biomassa, os resíduos orgânicos são os que mais se sobressaem de modo positivo no aproveitamento energético.

Os resíduos orgânicos, aqueles considerados úmidos, passam por um processo chamado digestão anaeróbica, semelhante ao da compostagem, em que o gás metano liberado na decomposição é transformado em energia (BERNDES; SMITH, 2013). Já os resíduos orgânicos secos, com exceção do que pode ser reciclado, são incinerados e também transformados em energia (BERNDES; SMITH, 2013). A partir da classificação dos resíduos orgânicos como agropecuários, agroindustriais e urbanos, é viável analisar particularmente cada classificação e os respectivos impactos positivos resultam.

Os resíduos agropecuários são os materiais que resultam da produção agrícola e pecuária, que a princípio sobram no processo. Os resíduos agrícolas são propriamente constituídos de palha (folhas e caules), já os pecuários consistem em dejetos animais provenientes de diferentes práticas culturais e tipos de rebanhos, utilizados para a geração de biogás (INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2017). Estes resíduos impactam o meio natural pois liberam dióxido de carbono e metano na atmosfera, provocando maior aquecimento e intensificação do efeito estufa (BERNDES; SMITH, 2013).

O biogás é um dos resultantes do aproveitamento energético dos resíduos orgânicos, oferecendo uma solução para equilibrar o fornecimento e demanda de eletricidade, combustível de motores estacionários e cocção de alimentos, sem ser necessário gerar um maior impacto no meio natural e possibilitando a redução de uso de recursos naturais para gerar energia além de propriedades fertilizantes do solo (JAIN et al., 2015). Ao passo que outro aspecto positivo do uso da biomassa retratado tanto por Goldemberg e Lucon (2007) como por Sachs (2001), tem sido a

maior oportunidade de geração de empregos adicionais no meio rural, estimulando atividades direcionadas para a promoção do aproveitamento energético provenientes de recursos renováveis, evitando o desenvolvimento de espaço de atividades que degradam o meio natural.

A biomassa proveniente dos resíduos orgânicos urbanos, dos quais constituem a maior parte dos resíduos gerados em qualquer tipo de território urbano, pode ser utilizada por meio de dois tratamentos da fração orgânica por processos biológicos (BRASIL, 2010). Citam-se a compostagem, sendo um processo de conversão aeróbia da parte orgânica tendo por produto final um condicionador do solo (adubo, composto) e a digestão anaeróbia, que estabiliza a matéria orgânica com a produção de biogás (TADA et al., 2013).

Ambos os processos contribuem para o reaproveitamento dos resíduos orgânicos sem que estes interfiram no gerenciamento dos demais resíduos sólidos urbanos. No que se refere à compostagem, Siqueira e Assad (2015) propõem dois modelos de gestão alternativos para compostagem: o centralizado e o descentralizado. O modelo centralizado consiste em Usinas de Triagem e Compostagem e em Usinas de Adubo Orgânico, ambas contribuem no atendimento de um coletivo de agentes geradores destes resíduos (SIQUEIRA; ASSAD, 2015). Já no modelo descentralizado de compostagem, há iniciativa por parte de pequenos grupos ou de ações mais individualizadas na geração de composto e adubo orgânico para os próprios agentes executores (SIQUEIRA; ASSAD, 2015).

O tratamento gera produção de compostos fertilizantes e conversão energética, como a queima, a gaseificação e a biodigestão, utilizados em outros processos produtivos, como a agricultura, sem provocar danos ao meio natural (INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2017). É importante destacar que todo o processo de aproveitamento energético gera impactos ao meio no qual está inserido, principalmente o natural, sendo essencial para a intensidade com o qual ocorre o uso dos insumos e seus resultados.

Quando se trata de energia renovável, a maioria se refere a impactos positivos ao meio ambiente, mas que merece contínua avaliação do processo para a manutenção da sustentabilidade e eficiência energética do seu aproveitamento. Um dos principais aspectos mais mencionados por diversos autores como crítica ao uso da biomassa é a incineração, a maior fonte de energia doméstica em países em

desenvolvimento e que produz altos níveis de poluição ao meio natural, como citam Gurung e Oh (2013) e Mondzozo (2013).

Entretanto é importante considerar que a biomassa deve ter sua exploração de maneira racional, uma vez que para a agricultura pode ser interessante para proteger o solo da erosão e repor os nutrientes extraídos pelas plantas, já que estes resíduos são basicamente constituídos de palha (folhas e caules) (INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2017). Ou seja, seu uso merece cautela para que não haja intensa exploração dos recursos naturais essenciais à manutenção do desenvolvimento de culturas agrícolas e até mesmo na manutenção de florestas e biomas.

Como a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2002) também salienta, a regulação da oferta de energia deve buscar formas de suprimento energético compatíveis com as potencialidades energéticas, as necessidades naturais e socioeconômicas do território, para a maximização dos benefícios proporcionados e a minimização dos impactos negativos ao meio ambiente e à sociedade. Reforçando o que afirmam Brandelet et al. (2017) e Moreira (2014), este processo de aproveitamento energético aliado à eficiência energética e tecnológica, representa uma significativa fonte de energia, e com baixo impacto ecológico e ambiental, mas como qualquer processo de aproveitamento, a exploração deve ocorrer de modo racional, considerando que ao longo do ciclo de vida, os mínimos impactos são anulados, pois há o processo circular da biomassa no sistema produtivo.

É notável que mesmo que haja vários aspectos limitantes para o uso da biomassa, os aspectos potenciais que transcendem na análise são os evolutivos, que proporcionam ilustrar a viabilidade para o uso desta fonte energética. Contudo os aspectos limitantes são extremamente importantes a serem considerados, pois são eles que direcionam a busca para uma maior eficiência energética de modo a impactar cada vez menos o meio ambiente as dimensões da energia (BLEY JÚNIOR, 2015). Portanto, é nesse contexto que a contínua análise de seu uso diante de decisões em um planejamento energético é necessária, para que estes aspectos limitantes e percebidos como negativos sejam sanados.

2.4 POLÍTICAS PÚBLICAS E DECISÕES EM ENERGIA

A intensificação do desenvolvimento econômico do mundo contemporâneo tem gerado diversos resultados, tanto positivos como negativos a toda sociedade. Ao passo que a população tem maior acesso a tecnologias e facilidades decorrentes da modernidade, a intensificação do desenvolvimento econômico conduz a desafios coletivos, como por exemplo, desigualdades sociais, injustiças e impacto ao meio ambiente. Ao considerar o Estado como o principal agente deste processo, a necessidade de políticas públicas com eficiência e a equidade em suas ações, sob a óptica da sustentabilidade, torna-se um instrumento essencial para a tomada de decisão. Política pública tem um propósito coletivo e em benefício da sociedade, porém realizada a partir de decisões que o governo define. Entretanto, os cidadãos possuem interesses pessoais fortes e que podem ser, ao mesmo tempo, diversos e conflitantes (KRAFT; FURLONG, 2010).

A ideia de sustentabilidade aplicada a um Estado, conforme Lopes (2016) busca ressaltar, está ligada aos conceitos que se embasam em um padrão de desempenho sustentável das cidades diante da simbiose entre todas as dinâmicas e todos os elementos que envolvem o território. É nesta questão que a proposta de se estabelecer ações que contemplem eficiência e equidade nas estratégias de políticas públicas se tornam pilares direcionadores para a busca da sustentabilidade no Estado. Neste aspecto, Frey (2000) propõe que as peculiaridades socioeconômicas e as políticas das sociedades em desenvolvimento não podem ser tratadas apenas como fatores institucionais e processuais específicos, mas é preciso uma adaptação do conjunto de instrumentos da análise de políticas públicas às condições peculiares das sociedades em desenvolvimento.

Primeiramente, no que se refere à eficiência de um Estado a partir de suas políticas públicas, Souza (2006) aponta que novos formatos de gestão pública foram introduzidos nas políticas públicas a partir da influência do “novo gerencialismo público” e da política fiscal restritiva de gastos. Gelinski e Seibel (2008) explicam que pela influência do gerencialismo público e das políticas restritivas a gastos, as políticas públicas se focalizam na busca da eficiência. Souza (2006) destaca que, assim, a eficiência se tornou o principal objetivo de qualquer política pública, aliada à importância do fator credibilidade e à delegação das políticas públicas.

Frey (2000) aborda que essa necessidade de uma reorientação da análise de políticas públicas segue a tendência do neo-institucionalismo, que trata da contribuição para o aumento da capacidade dos atores políticos em compreender o funcionamento das instituições políticas e, por conseguinte, oferecer uma direção de forma mais eficiente. Neste ponto, Gelinski e Seibel (2008) ressaltam que os trabalhos nessa linha contemplam fortemente questões como a eficiência e racionalidade das políticas públicas via desregulamentação, privatização e reformas no sistema social.

Entretanto, Lobato (2006) traz uma reflexão de que se é necessário superar análises de estudos, que se dedicam à formulação e implementação de políticas segundo os padrões de eficácia, eficiência e efetividade. A autora apresenta uma visão mais ampla e que pode ser considerada de extrema importância para o acompanhamento de metas institucionalmente definidas. Esse enfoque de padrões de eficácia, eficiência e efetividade, segundo Lobato (2006), mostra-se insuficiente para abranger a complexidade que constitui o longo processo que engloba a proposição de uma determinada política pública.

Gelinski e Seibel (2008) demonstram que a ênfase na eficiência nasceu da necessidade diante das políticas públicas influenciadas por visões redistributivas ou distributivas, sendo desprezada a questão da eficiência. Da mesma forma como Frey (2000) aponta, o neo-institucionalismo, tratado em sua obra, busca dirigir a atenção não somente para as instituições, e sim incluindo os próprios atores políticos. É neste impasse que surge o desafio de eficiência de um governo em suas políticas públicas, uma vez que é fundamental considerar uma gama de relações e decisões em políticas de natureza distributivas e redistributivas e o conflito que tais podem gerar na sociedade.

Por isso, Frey (2000) explica que políticas distributivas são caracterizadas por um baixo grau de conflito dos processos políticos, pois políticas de caráter distributivo aparentemente distribuem vantagens e não acarretam custos diretamente percebíveis para outros grupos. Já políticas redistributivas, ao contrário, são orientadas para o conflito objetivo é o desvio e o deslocamento consciente de recursos, sendo que o processo político que visa a uma redistribuição costuma ser polarizado e repleto de conflitos (FREY, 2000).

Kraft e Furlong (2010) sugerem aos cidadãos, analistas e decisores políticos precisam estar cientes dos múltiplos critérios que podem ser utilizados para julgar o mérito ou o valor das políticas públicas e de alternativas propostas. À vista disso, os

autores sugerem a utilização dos critérios mais utilizados para começar uma avaliação de política pública proposta, estando entre elas a eficiência e equidade. Mas é importante considerar a atuação essencial do Estado na sociedade, em diversas esferas, partindo de sua função social chegando até em questões de regulação de mercado, e como os aspectos de eficiência e equidade podem ser considerados em políticas públicas neste contexto.

Gelinski e Seibel (2008) trazem um importante ponto de reflexão da função de políticas públicas, pois questionam o caráter de "público", se deve apenas promover equidade, saúde ou educação ou também deve promover e aperfeiçoar o funcionamento do mercado. Para todos os efeitos, Dye (2011) segue uma abordagem da qual indaga se a análise de políticas pode "resolver" problemas, uma vez que a luta por uma sociedade melhor deve seguir com a percepção de que as soluções para problemas podem ser muito difíceis encontrar. O autor cita alguns dos principais problemas vividos na América, como crimes, pobreza, desigualdade social, saúde, poluição, congestionamentos em meios urbanos, entre outros, que afetam e prejudicam a sociedade (DYE, 2011). Tais aspectos citados por Dye (2011) estimulam o trabalho dos governos para uma sociedade livre desses problemas, sendo as políticas públicas seus principais instrumentos para atingimento de propostas de melhorias para a população por meio de decisões bem estruturadas.

Lopes (2016) apresenta algumas metas para municípios visando contemplar eficiência e equidade, como por exemplo, a necessidade de reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles a adoção de políticas, em especial a fiscal, salarial e de proteção social, visando alcançar progressivamente uma maior igualdade; como também uma maior abertura e representação dos países em desenvolvimento para tomadas de decisão globais, a fim de produzir instituições mais eficazes, críveis, responsáveis e legítimas. É válido destacar, como reforça Lobato (2006), que o processo de implementação de políticas públicas inclui uma gama de relações e decisões que extrapolam quaisquer análises previstas em estratégias que se possa ter quando se trata de políticas públicas.

Heidemann (2009) destaca que para a elaboração de estratégias, visando o progresso e o desenvolvimento de um Estado, sendo o progresso visto como a forma de promover a redenção das grandes camadas sociais excluídas do bem viver, e o desenvolvimento como a operacionalização de políticas públicas decididas pelo conjunto dos atores sociais que compõem o meio. Kraft e Furlong (2010) destacam que neste processo estratégico, as políticas públicas destinadas ao

crescimento urbano, transporte, qualidade de ar e água, recreação, oportunidades, e a localização da nova indústria e negócios, habitação e escolas, entre outras, são cada vez mais merecedoras da atenção da administração pública.

É para este cenário que a necessidade que a busca por eficiência e equidade ganham espaço à medida que se deseja atingir a sustentabilidade no processo decisório. Pois, o papel do governo é desenvolver políticas para garantir sua continuidade ou sustentabilidade, sendo que sem governo, o público provavelmente esgotaria os bens da sociedade (HEIDEMANN, 2009). Lopes (2016) retrata que a ampla exposição das cidades à agenda da sustentabilidade, voltada para a integração de políticas públicas, acabaram por exigir uma abordagem temática mais abrangente e de caráter federativo e territorial. Assim, o autor mostra a questão conflitante sobre a perspectiva de sustentabilidade, pois a cidade é ainda espaço de combate de atores e de projetos, que poderão estar mais ou menos (des)alinhados entre si, ficando ao encargo do Estado fazer juízo de valor e arbitrar em prol dos mais vulneráveis.

Ou seja, assim como a eficiência e equidade, a sustentabilidade será sempre um projeto em construção, seguindo um conjunto de atributos tangíveis (LOPES, 2016). Parte-se desse cenário a ideia de progresso, desenvolvimento, Estado, políticas públicas e os principais processos políticos-administrativos que caracterizam decisões na formulação, implementação, avaliação de programas e projetos de desenvolvimento, sendo cada vez mais, o desenvolvimento sustentável almejado nas estratégias dos governos (HEIDEMANN, 2009).

Um importante instrumento indicado por Januzzi (2002) seria o indicador social, pois fornece subsídio às atividades de planejamento público e formulação de políticas sociais nas esferas de governo, para monitoramento por parte do poder público e da sociedade civil, das condições de vida e bem-estar da população e permitem o aprofundamento da investigação acadêmica sobre a mudança social e os determinantes dos diferentes fenômenos sociais. Entretanto, o autor considera que, muitas vezes, a sofisticação da técnica e a busca por sintetização das medidas deixam em segundo plano a profundidade dos diagnósticos da realidade social e do processo de formulação das políticas públicas (JANUZZI, 2002).

Por isso, quando se trata de utilizar indicadores, Lopes (2016) aponta que apesar dos indicadores sociais terem melhorado recentemente, esse processo foi marcado ainda pela exclusão social, que gerou uma sociedade desigual, resultando

em padrões diversos das respostas exigidas das unidades de governo para solução de problemas urbanos.

Kraft e Furlong (2010) analisam as principais justificativas racionais ou de intervenção do governo na análise nos processos decisórios de formulação de políticas governamentais, além da necessidade dos cidadãos pensarem criticamente sobre como as fontes do governo são usadas para justificar ou desafiar a ação política. As principais ações estratégicas por parte dos Estados mostram que estes novos formatos, que guiam decisões de políticas públicas ainda são pouco incorporados nas pesquisas empíricas, mas trabalhados fortemente na literatura, tornando necessária a disseminação destes estudos à sociedade por meio de projetos e estímulo à interação prevista em legislações.

2.4.1 Políticas públicas brasileiras para uso da biomassa

Andrade e Lorenzi (2015) apontam que a política energética de um país depende de várias condicionantes institucionais, do mesmo modo que também depende de elementos dispersos por várias redes que se processam no contexto social. As políticas públicas brasileiras voltadas para uso de energia renovável, mais especificamente, a biomassa, têm sido conduzidas no objetivo de garantir sustentabilidade e eficiência energética. Muitas abordam a questão dessa fonte de energia indiretamente, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, por meio da Lei 12.305 de 2010, já outras instituem obrigações diretas, como a Lei 12.490 de 2011, incluída na Política Nacional Energética – PNE (BRASIL, 2010; 2011). Em 2007 foi elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE, o Plano Nacional de Energia 2030- PNE 2030 visando o planejamento energético integrado do país, sendo base de diversas análises no cenário econômico-energético de longo prazo do governo federal. Como Vila (2014, p. 24) aponta:

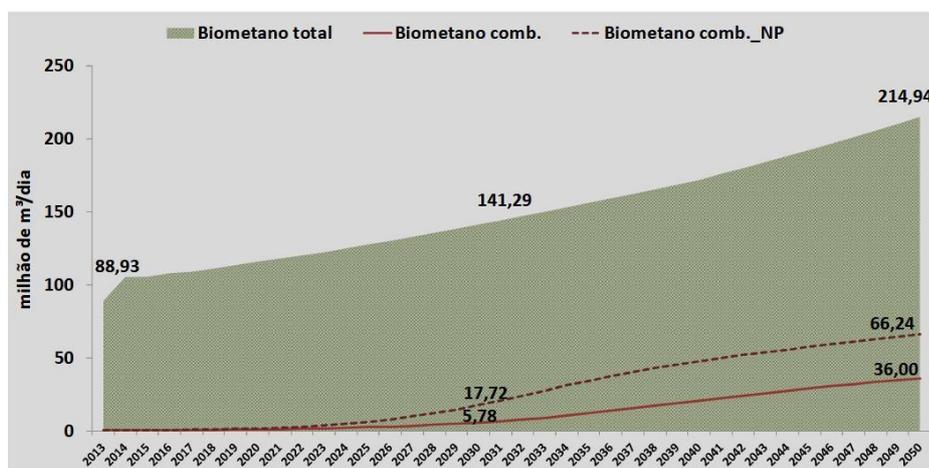
O planejamento energético é uma ferramenta de extrema importância, pois serve de apoio na elaboração de políticas públicas e diretrizes, indicativas ou determinativas, para os agentes públicos e privados de oferta e consumo de energia e órgãos governamentais de regulação voltados para o gerenciamento de indicadores de eficiência, de qualidade e do meio ambiente entre outros (VILA, 2014, p. 24).

Também o PNE 2030 contribui para análises sobre energia de várias categorias com interesse no desenvolvimento do setor energético brasileiro. Em decorrência desse estudo, em 2016 foi elaborado o Plano Nacional de Energia 2050 - PNE 2050, sendo o segundo estudo de longo prazo realizado pela EPE. De acordo com a Fundação Getúlio Vargas Energia (FGV Energia) (2015), no Brasil, o planejamento tem característica de indicativo, uma vez que a sua implementação depende do investimento de recursos dos vários atores do setor, indicados pelo Estado como prioritários (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS ENERGIA, 2015).

Assim, o PNE 2050 aponta que a exigência de redução de impactos em dimensões locais e globais da disposição dos resíduos orgânicos estimula o desenvolvimento de modelos que tenham por objetivo a correta destinação destes resíduos e assim, o seu aproveitamento. Tal fato apresenta um cenário favorável, mostrando uma garantia na ofertados energéticos da biomassa, aumentando assim a relação de confiança de investidores e consumidores, facilitando a difusão da produção e uso dos biocombustíveis. As projeções desses mercados realizadas pelo PNE 2050 abordam a geração da produção de biometano, biocombustíveis sólidos e biogás.

De modo particular, para a produção de biometano segue uma projeção ascendente, em que em 2050 atinge o volume de 36 milhões de m³ por dia, ocorrendo de modo mais intenso a partir de 2030 (Gráfico 02). De acordo cm PNE 2050, devido ànecessidade de adaptação de usos finais, os anos iniciais apresentarão baixo volume de produção de biometano. Aliado à sensibilidade de “Novas Políticas”, a análise abordou condições institucionais para o maior grau de aceitação dos produtores de biomassas.

Gráfico 02 - Evolução da penetração do biometano combustível versus potencial teórico



Fonte: Adaptado de Empresa de Pesquisa Energética (2016, p. 236).

Dessa forma, tais constatações indicam que para a geração distribuída de eletricidade, a produção de biometano também necessita que questões institucionais sejam estabelecidas promovendo um ambiente adaptado a investimentos, uma vez que a produção de biometano seguirá lógica de geração de eletricidade de pequenas e médias escalas, viabilizando mercados consumidores. Como o PNE 2050 destaca, faz-se essencial de que modelos sejam construídos para facilitar a difusão dos agentes de mercados de serviços de energia nestes setores, rural e público.

Sob a análise da Constituição de 1988, na abordagem indireta da biomassa como fonte de energia, desde a Lei 9.427 de 26 de dezembro de 1996, que institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências, tendo por finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal, muitas outras legislações foram criadas e alteradas (BRASIL, 1996). O principal destaque para esta legislação é a imposição de redução de tarifas a empreendimentos com base em fontes solar, eólica e biomassa.

Outra política pública de destaque é a Lei 9.478 de 06 de agosto de 1997, que traz incentivo à geração de energia elétrica a partir da biomassa e de subprodutos da produção de biocombustíveis, pelo fato da característica limpa, renovável e complementar à fonte hidráulica, além de abordar a biomassa como fonte para a produção de biocombustível (BRASIL, 1997). Assim como a Lei 9.648 de 27 de maio de 1998, a abordagem da geração de energia elétrica a partir de fontes eólica, solar, biomassa e gás natural, para ser implantada em sistema elétrico isolado e que substitua a geração termelétrica (de utilização de derivados de petróleo) ou com a operação voltada para atendimento do mercado (BRASIL, 1998).

A Lei 9.991 de 24 de julho de 2000 institui o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - Proinfa, visando promover a competitividade da energia produzida e o aumento da participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos, provindos de fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, no Sistema Elétrico Interligado Nacional (BRASIL, 2000). A Lei 10.762 de 11 de novembro de 2003 estabelece para os empreendimentos hidroelétricos e com base em fontes solar, eólica, biomassa e co-geração qualificada, cuja potência instalada seja menor ou igual a 30.000 kW, a ANEEL estipula o percentual de redução não inferior a 50% para aplicar às tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição

(BRASIL, 2003). Também, outro ponto de destaque dessa legislação seria o fato de que o produtor de energia alternativa adquire um crédito complementar, calculado pela diferença entre o valor econômico correspondente à tecnologia específica de cada fonte, valor este a ser definido pelo Poder Executivo, e o valor recebido da Eletrobrás, para produção concebida a partir de biomassa (BRASIL, 2003).

As Leis 10.848 de (15/03/2004) e 11.097 (de 13/01/2005) também citam a biomassa como uma fonte renovável de energia a ser incluída na política em discussão, com destaque para a substituição do uso de fontes não renováveis, como os combustíveis fósseis (BRASIL, 2004; 2005). A Lei 12.111 de 09 de dezembro de 2009 que dispõe sobre os serviços de energia elétrica estipula que os sistemas isolados terão sua produção adquirida mediante leilão específico para biomassa (BRASIL, 2009).

Com a instituição da Lei 12.783 de 11 de janeiro 2013, o caráter estratégico é acentuado com o objetivo descrito de “promover a competitividade da energia produzida a partir de fontes eólica, termossolar, fotovoltaica, pequenas centrais hidrelétricas, biomassa, outras fontes renováveis e gás natural” por meio de incentivos limitados a pequenos geradores para desenvolvimento (BRASIL, 2013). Assim como é estabelecido na Lei 3.360 de 17 de novembro de 2016, na Lei 13.203 de 8 de dezembro de 2015 que, dentre outros, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica, e a Lei no 13.299 de 21 de junho de 2016 que dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (BRASIL, 2015; 2016a; 2016b).

A mais recente legislação, Lei 13.576 de 26 de dezembro de 2017 que dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências, destaca a importância da agregação de valor à biomassa brasileira, como na preservação ambiental, para a promoção do desenvolvimento, inclusão econômica e social do país (BRASIL, 2017). Nota-se que há mais de uma década o país vem abordando de modo mais direto o uso da biomassa, dentre outras fontes renováveis de energia, entretanto para que as ações sejam efetivas, é essencial que as políticas tenham readaptação a inúmeros critérios de acordo com o território e o momento vivenciado para desenvolvimento.

Foi possível constatar ações que impactam de modo indireto, mas fortemente, relaciona-se com a política pública brasileira quanto à energia. De forma breve, um exemplo é a elaboração do projeto entre a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e a usina de ITAIPU Binacional, do qual contempla a

geração de biogás através de dejetos de animais pelas novas práticas para produção e utilização dos biofertilizantes orgânicos em sistemas de produção que envolvam biodigestores, assim como no próprio aprimoramento da elaboração e composição de fertilizantes (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2018).

2.5 BIOMASSA E DESENVOLVIMENTO NAS DIMENSÕES DA ENERGIA

A intensificação da busca por alternativas sustentáveis no setor energético brasileiro estimula que as ações desenvolvidas no país sejam pautadas por impactos positivos em todos os aspectos. Souza (2016) destaca em seu estudo as dimensões ambiental, econômica, social e institucional como as principais preocupações da academia, haja vista que constam como objeto de pesquisa nos principais programas de planejamento energético brasileiro. No que se refere ao contexto do uso da biomassa como fonte energética, no cenário do país, também se torna válida a análise e identificação das principais dimensões e seus pesos a partir do que consta na literatura.

2.5.1 Trabalhos relacionados a esta pesquisa (2012-2018)

A seleção das variáveis foi realizada utilizando a pesquisa bibliográfica e documental. Entre as obras utilizadas na fundamentação e seleção das variáveis, há destaque para os seguintes trabalhos: Andrea et al. (2014), Avaci et al. (2013), Bonfante (2010), Bühring e Silveira (2018), Cherubini et al. (2015), Cunico, Gouvea e Freitas (2015), Fernandes (2012), Korth, Ohl e Hartung (2015), Pessuto et al. (2016) e Silva et al. (2018).

Estes artigos e trabalhos foram destacados porque possuem semelhança com o tema desta pesquisa, em especial no que se refere à metodologia e aos objetivos. Em geral, as pesquisas utilizadas para a seleção das variáveis possuem relação com as dimensões da energia voltadas ao aproveitamento energético por

meio da biomassa suína e uso de biodigestores, além de contarem com levantamentos estatísticos. Os trabalhos abordam temáticas do Brasil e de outras localidades no mundo.

Desse modo, a busca considerou de maneira ampla, variáveis que estariam atuando direta ou indiretamente nas dimensões da energia com o aproveitamento energético de biodigestores. A identificação e consideração das variáveis foi realizada com a repetição dos elementos encontrados na pesquisa bibliográfica e documental. Os resultados encontrados no uso de biodigestores e as dimensões da energia, suas descrições, bem como as referências estão descritas a seguir.

A flexibilidade da biomassa como fonte energética renovável contribui para que os resultados do seu uso sejam cada vez mais positivos em todos os setores da sociedade, dentro de diversos processos, como geração de eletricidade, transporte, aquecimento, refrigeração e processos industriais (CORTEZ; LORA; AYARZA, 2008). A discussão dos efeitos do uso da biomassa no contexto energético necessita de uma dinâmica que possibilite a argumentação em diferentes esferas, haja vista sua interposição em todas as áreas de um território, visando um consenso alinhado entre os atores envolvidos. É nessa visão que os resultados da ciência são oriundos de uma construção coletiva, cuja abrangência vai muito além dos laboratórios, considerando diversos fatores sociais essenciais na pesquisa para descrever o sucesso ou o fracasso de uma tecnologia, como políticas governamentais, alianças com a universidade e o setor privado, disputa de recursos, entre outros (ANDRADE; LORENZI, 2015).

Bonfante (2010) analisa em seu estudo a viabilidade de implantação de biodigestores para tratamento de resíduos da suinocultura em diferentes escalas considerando dois cenários: a inserção da atividade do projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo (artigo 12 do Protocolo de Quioto) e a geração própria de energia elétrica a partir do biogás, considerando sistemas de produção. A pesquisa foi realizada por meio de documentos e também com entrevistas com profissionais do mercado de carbono. Com análise de indicadores financeiros, a autora realizou comparações para os dois cenários propostos, tendo por resultado que a rentabilidade financeira é maior no cenário de geração própria de energia elétrica a partir do biogás do que para o projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo.

Cunico, Gouvea e Freitas (2015) realizaram três estudos de caso, por meio de indicadores ambientais, para identificar os resultados obtidos a partir da implementação de tecnologia de biodigestores em fecculárias, pautado

principalmente em políticas ambientais e também como uma vantagem competitiva para essas organizações. Por resultados, os autores apontam que a implementação dos biodigestores gera resultados com desempenho ambiental, social e econômico positivos, como redução da queima de combustíveis fósseis, de custos e não emissão de gás metano para atmosfera.

Fernandes (2012) realizou um estudo visando avaliar o manejo da biomassa residual gerada em um sistema produtivo de suínos no que se refere ao consumo de água, o consumo de ração e produção de dejetos, durante quatro meses, a fim de gerar índices de produtividade relacionados ao sistema produtivo. Por resultados da pesquisa, foram obtidos índices relativos ao consumo de água diário por suíno que entre 1,2 a 2,4 litros, o consumo de ração diário por suíno de 1,90 kg e a produção diária de dejetos por suíno ficou em 7,3 litros. Assim, a conclusão que esse estudo ressaltou foi que a unidade produtora apresentou características de um manejo eficiente, possuindo eficácia na minimização do consumo de água, na parametrização da nutrição animal e no controle de produção de biomassa residual.

O estudo de Avaci et al. (2013) buscou determinar a viabilidade da produção de eletricidade baseada no biogás, ao estudar a economia de escala em cenários de produção, produção de biogás e energia elétrica, venda de créditos de carbono, e custo de investimento com o período de amortização estimado. Ao analisar a produção de biogás oriundo de suínos, os autores concluíram que, se não houver estímulo do poder público, a produção de biogás não é economicamente viável para o pagamento de créditos energéticos (AVACI et al., 2013).

Andrea et al. (2014) realizaram uma análise do fluxo de energia para avaliar e melhorar a sustentabilidade da produção agrícola de sistemas, representados pela economia de recursos energéticos e outros insumos traduzidos em termos de energia, já que esse tipo de análise contempla a visão econômica, contribuindo para sistemas de produção mais eficiente. Os autores focam na avaliação de culturas de produção de alimentos, como milho e aveia, pois acreditam que com uso tradicional de alimentos, pode-se desempenhar um papel importante no fornecimento de energia por meio da biomassa gerada (ANDREA et al., 2014). Na realização do trabalho, Andrea et al. (2014) propõem ferramentas de eficiência energética aplicadas para determinar a demanda de energia, bem como a eficiência da produção de biomassa de diversas culturas forrageiras em sistemas mecanizados.

Para a suinocultura, Andrea et al. (2014) citam que a distribuição de biomassa como material biológico, é mais complexa quando atribuída a algum

conteúdo energético, já que neste a contribuição da natureza do trabalho não está sendo considerada (sol, chuva, transpiração). Pelo fato da abordagem não representar com precisão o conteúdo de energia da biomassa suína, devido aos principais nutrientes em sua composição, não houve um metodologia total adequada para realizar uma comparação com as demais fontes de biomassa (ANDREA et al., 2014).

Pessuto et al. (2016) realizaram um estudo visando a melhoria da produção de biogás, a partir do metano resultante da digestão anaeróbia de dejetos de suínos. Para isso, o experimento se utilizou da adição de microrganismos, selecionados e identificados, de lodo de esgoto, para que aumentassem a conversão dos resíduos em biogás rico em metano (PESSUTO et al., 2016). O experimento possibilitou o aumento da produção de enzimas por microrganismos, que são conhecidos como produtores de enzimas e são frequentemente detectados no ambiente de digestão anaeróbica (PESSUTO et al., 2016). Os autores constataram que a adição de microrganismos aumentou o volume de biogás e a fração de metanemol, mostrando-se ser uma alternativa interessante para melhorar a produção de energia a partir de resíduos de suínos (PESSUTO et al., 2016).

Já Korth, Ohl e Hartung (2015) investigaram os efeitos na produção de biogás e metano de biomassa tratada com inibidor de uréase. Os inibidores da uréase são conhecidos como medida potencial para reduzir a amônia em emissões de biomassa na pecuária (KORTH; OHL; HARTUNG, 2015). Devido à aplicação do inibidor de uréase nas áreas de exercício dentro do sistema que armazena a biomassa, o inibidor é “misturado”, e essa “mistura” permanece inalterada durante o armazenamento da biomassa (KORTH; OHL; HARTUNG, 2015).

O estudo buscou testar se diferentes concentrações de inibidor de uréase misturado com biomassa teriam efeitos (negativos) no biogás e rendimento de metano. Os testes aconteceram em dois substratos de biomassa diferentes, estrume e celulose (KORTH; OHL; HARTUNG, 2015). Ambos os substratos tratados com inibidor de uréase não mostraram mudança significativa na produção de biogás e metano em comparação com os não tratados, sinalizando que a biomassa, ao passar por tal processo, pode ser armazenada por mais tempo para utilização nas usinas de biogás (KORTH; OHL; HARTUNG, 2015).

Bühning e Silveira (2018) realizaram uma análise do aproveitamento dos dejetos para gerar biogás sob a óptica de serviço ecossistêmico, do qual não utiliza recursos diretos dos serviços dos ecossistemas para gerar energia, sendo

classificado como um serviço de provisão e também como um serviço ecossistêmico de regulação, na medida que reduz os efeitos indesejados no ambiente. Bühring e Silveira (2018) apontam que os problemas ambientais decorrentes dos sistemas intensivos de produção pecuária derivam principalmente da sua concentração local, e também da tecnologia e do sistema de gestão adotados. Assim a alta densidade de animais é seguida pela produção de excedentes de excrementos, dos quais impactam o meio ambiente, principalmente pelo volume e composição da biomassa quando indevidamente descartada (BÜHRING; SILVEIRA, 2018).

Os autores apontam que há a ausência de incentivos econômicos e ambientais para o tratamento da biomassa em internalizar os custos ambientais, também que mais resíduos são gerados do que reaproveitados, o que aumenta os riscos associados à poluição da água, do solo e do ar (BÜHRING; SILVEIRA, 2018). Contudo, pelo fato desses resíduos constituírem uma biomassa residual disponível para gerar energia por meio do biogás, podem ser considerados sustentáveis porque não utilizam recursos diretos dos serviços ecossistêmicos e fornecem regulamentação e serviços de provisionamento (BÜHRING; SILVEIRA, 2018). Além da relevância para a compreensão dos impactos das decisões e ações sobre o meio ambiente, a compreensão do biogás nos serviços ecossistêmicos pode auxiliar o aumento da conscientização dos decisores políticos e agricultores diante da importância do tratamento e da geração de recursos renováveis de energia por meio do biogás (BÜHRING; SILVEIRA, 2018).

Já Cherubini et al. (2015) realizaram um estudo para avaliar o impacto ambiental da produção de suínos no Brasil com base no ciclo de vida, comparando quatro sistemas de manejo de dejetos: armazenamento de dejetos líquidos em tanques de chorume; o biodigestor pelo *flare*; o biodigestor para fins energéticos; e compostagem. Os autores também realizaram uma simulação de Monte Carlo para avaliar a incerteza devido a diferentes fatores para estimar se as emissões relacionadas ao nitrogênio no estágio de manejo dos resíduos (CHERUBINI et al., 2015). Os resultados indicaram que a produção suína no Brasil gera 3.53,29 kg de CO₂ (quilogramas de dióxido de carbono) ao ano (CHERUBINI et al., 2015).

Quanto à análise de incerteza, Cherubini et al. (2015) identificaram que as maiores variações na simulação ocorreram, dentre outras, para a queima em biodigestores a fins energéticos pois, os esforços devem ser feitos para reduzir as emissões de metano no armazenamento e amônia na aplicação em campo. Nesse sentido, a avaliação comparativa do ciclo de vida do estudo indicou que o

biodigestor para fins energéticos teve o melhor desempenho ambiental para quase todos os tipos de impactos ambientais, principalmente devido à captura de biogás e ao potencial de economia de energia (CHERUBINI et al., 2015).

Silva et al. (2018) apresentam um estudo diante da eficiência energética de uma unidade de micro geração de eletricidade a partir de biogás da biomassa de suínos. Para isso, os autores buscaram avaliar os parâmetros de produção de biogás, geração, desempenho do grupo gerador na conversão de biogás em energia elétrica e no custo da energia elétrica de uma propriedade de suinocultura. Parâmetros de concentração, produção de biogás e consumo e geração de energia elétrica foram monitorados e as informações geradas foram armazenadas em base de dados (SILVA et al., 2018).

Os resultados indicaram uma produção média diária de 443 m³, com uma média de 0,10 m³ de biogás por suíno e uma concentração média de 68% de metano (SILVA et al., 2018). A média de geração de energia elétrica foi 324,5 kWh/dia, e a eficiência do gerador foi de 17% com uma potência ativa média de 70 kW e uma operação de 6,5 horas (SILVA et al., 2018). O custo evitado pelo autoconsumo da energia elétrica gerada na propriedade foi de R\$ 13.718,20, e durante o período de monitoramento houve uma geração total de energia elétrica de 70,5 MW/h, 26,6 MW/h foram exportados para a rede de distribuição (SILVA et al., 2018).

A partir dos conteúdos dos 10 (dez) trabalhos analisados, percebe-se que a as dimensões ambiental e tecnológica apareceram em 8 (ou 80%) artigos, a dimensão econômica apareceu em 7 (ou 70%) dos artigos analisados. Tal constatação mostra que, apesar das divergências entre as dimensões da energia, estas são os principais objetos de pesquisa quando se refere ao uso da biomassa para geração de energia e que o aproveitamento energético da biomassa é uma questão muito além da econômica, envolvendo fortemente outras questões, como a ambiental e tecnológica.

Para a dimensão ambiental, foi feita a análise diante dos aspectos que a biomassa suína impacta o meio ambiente, como a contaminação da água, do solo e do ar, emissão de metano na atmosfera, e utilização de uma fonte energética renovável. Esta dimensão esteve presente em 8 (ou 80%) dos artigos considerados na análise.

Na dimensão econômica foram abordados temas relacionados a investimentos no desenvolvimento de biodigestores e ausência de incentivos

econômicos, comercialização da energia gerada, redução de custos em propriedades rurais, venda de créditos de carbono, otimização do processo para uma melhor produção em cenários de economia de escala. Esta dimensão esteve presente em 7 (ou 70%) dos artigos analisados.

A dimensão tecnológica, incluída na análise devida sua presença significativa nos trabalhos e que exige elevado desenvolvimento para a otimização da geração de energia por meio da biomassa, também se apresentou como uma dimensão de destaque. Com temas relacionados a eficiência energética, sistemas de manejo de dejetos e de gestão adotados, experimentos para otimização da produção de energia, técnicas de condução do processo. Esta dimensão também esteve presente em 8 (ou 80%) dos artigos analisados.

Quanto à dimensão social, foi constatado que o aproveitamento energético por meio da biomassa suína possibilita à sociedade uma melhor alternativa de equilíbrio social e ambiental, como redução de possíveis doenças ocorridas pela contaminação do ambiente, bem-estar da comunidade, a combinação de propriedades vizinhas formando condomínios agro energéticos, mais qualidade no processo de trabalho com suínos, prática geradora de renda e empregos com a comercialização acessível da energia produzida. Esta dimensão foi identificada em 3 (ou 30%) dos artigos analisados.

A dimensão institucional foi identificada nos artigos por meio da existência de regulamentações, legislações e incentivos por parte dos governos e instituições de apoio ao desenvolvimento do uso de biodigestores, como as companhias de energia. Além de ser listada a contribuição para a tomada de decisões e ações sobre o meio ambiente, a compreensão e o aumento da conscientização dos decisores políticos e agricultores no uso de recursos renováveis. Esta dimensão também esteve presente em 2 (ou 20%) dos artigos analisados.

A partir desses artigos, que contribuíram para a construção do modelo teórico, também foi possível a seleção dos critérios do nível 1, subcritérios do nível 2 e também uma contribuição para a identificação das variáveis de nível 3. É esta a fase da dissertação determinante para orientar a construção dos instrumentos a subsidiar a tomada de decisão em políticas públicas.

Para a dimensão ambiental, tomam-se como critérios do nível 1 os aspectos relacionados à contaminação ambiental e fonte renovável de energia. Para a dimensão econômica, os critérios do nível 1 são os aspectos que se referem a Investimentos em bioenergia e Incentivos econômico-financeiros. Para a dimensão

tecnológica, os critérios do nível 1 foi considerada a Eficiência energética. Para a dimensão social, consideram-se como os critérios do nível 1 os aspectos que envolvem Doenças decorrentes de contaminação e Geração de renda. Para a dimensão institucional, os critérios do nível 1 foram considerados como Regulamentações e legislações e Incentivos para o uso de biodigestores.

Baseado nos artigos selecionados, o Quadro 01 apresenta a sintetização da presença de cada dimensão nos trabalhos analisados sobre o aproveitamento energético de biomassa suína. Desse modo é possível a construção de um modelo teórico proposto para esta pesquisa.

Quadro 01 – Presença das dimensões no aproveitamento energético de biomassa suína

Autores	Ambiental	Social	Econômica	Tecnológica	Institucional
Andrea et al. (2014)	x	x	x	x	
Avaci et al. (2013)			x		x
Bonfante (2010)	x		x	x	
Bühring e Silveira (2018)	x	x	x		x
Cherubini et al. (2015)	x			x	
Cunico, Gouvea e Freitas (2015)	x	x	x	x	
Fernandes (2012)	x		x	x	
Korth, Ohl e Hartung (2015)	x			x	
Pessuto et al. (2016)	x			x	
Silva et al. (2018)	x		x	x	

Fonte: Autoria própria (2019).

Assim as temáticas que se relacionam com as dimensões são apresentadas no Quadro 02:

Quadro 02 – Temáticas presentes nas dimensões da energia para o aproveitamento energético de biomassa suína

Autores	Ambiental	Social	Econômica	Tecnológica	Institucional
Andrea et al. (2014)	Economia de Recursos Naturais	Produção de Alimentos	Sistemas de Produção	Ferramentas de Eficiência Energética	
Avaci et al. (2013)			Economia de Escala		Estímulo do Poder Público
Bonfante (2010)	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo		Indicadores Financeiros	Geração Própria de Energia	
Bühning e Silveira (2018)	Poluição da Água, do Solo e do Ar	Conscientização dos Agricultores	Ausência de Incentivos		Conscientização dos Decisores Políticos
Cherubini et al. (2015)	Redução as Emissões de Metano			Biodigestor para fins Energéticos	
Cunico, Gouvea e Freitas (2015)	Indicadores Ambientais	Resultados com Desempenho Social	Resultados Com Desempenho Econômico	Tecnologia de Biodigestores	
Fernandes (2012)	Consumo de Recursos Naturais		Economia de Recursos	Sistema Produtivo de Suínos	
Korth, Ohl e Hartung (2015)	Inibidor de Uréase			Armazenamento de Biomassa	
Pessuto et al. (2016)	Adição de Microrganismos			Aumento no Volume de Biogás	
Silva et al. (2018)			Autoconsumo da Energia Elétrica	Eficiência Energética	

Fonte: Autoria própria (2019).

Nota-se que a dimensão ambiental é a dimensão mais abordada em todos os trabalhos analisados, haja vista sua relação direta com o impacto ao meio ambiente e também à produção de animais, no caso, os suínos. A dimensão tecnológica também possui destaque na maioria dos trabalhos, envolve todo o processo de transformação do resíduo em energia, e também envolvendo as técnicas adotadas para esta transformação. A dimensão econômica também se faz presente na grande parte dos artigos, sendo justificada de modo geral pelo resultado econômico da atividade de aproveitamento energético que subsidia e matém a atividade, já que se encontra inserida em um sistema econômico capitalista.

Já as dimensões social e institucional não são tão presentes diretamente nos trabalhos analisados, porém é possível considerar que intrinsecamente estas dimensões são relacionadas com as demais. Aparentemente alguns autores destes artigos não as distinguem, mas que são consideradas essenciais para a temática de

aproveitamento energético a partir do uso de biomassa suína. Como exemplos, podem-se citar as pessoas que trabalham na atividade (social) e também as legislações que regem a atividade (institucional). É importante destacar que a delimitação por estes trabalhos seguiu critérios que condizem aos objetivos desta pesquisa, mas que não limitam a existência de outros trabalhos que utilizam as propostas de uso da biomassa suína para aproveitamento energético.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo será apresentado o procedimento metodológico adotado para o desenvolvimento desta pesquisa. O capítulo está dividido em quatro seções, da qual a primeira trata abordagem metodológica, a segunda do planejamento para execução da pesquisa, a terceira da operacionalização da pesquisa, com a análise de conteúdo e seleção das variáveis, a terceira com a definição dos critérios adotados para a identificação dos limites e potencialidades dentro de cada dimensão da energia.

3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A área de conhecimento do presente trabalho, segundo o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), é multidisciplinar. Uma vez que a temática sobre fontes renováveis de energia a partir de biomassa de suínos é um problema transversal e impacta diretamente várias áreas, como: a administração, economia, engenharia, ciências da biologia e tecnologia.

Por tipo de pesquisa, há pesquisas qualitativas e quantitativas, em que se subdividem em pesquisas exploratória ou conclusiva, podendo ser descritiva ou causal, com os dados são primários ou secundários. Esta pesquisa é aplicada, pela qual visa o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos gerados, sendo o tipo de pesquisa que os pesquisadores sociais mais se dedicam (GIL, 2008). Ou seja, problemas existentes diante da temática podem ser resolvidos parcial ou totalmente por meio dos resultados obtidos (MARCONI; LAKATOS, 2003). Para esta pesquisa, uma das aplicabilidades seria a contribuição com as políticas públicas nacionais que envolvem a geração de energia por fontes renováveis e também os resíduos sólidos, por meio de métodos e tecnologias que otimizem o reaproveitamento dos resíduos da biomassa suína e a minimização dos impactos negativos decorrentes da disposição inadequada desses resíduos.

Quanto ao desenvolvimento, esta pesquisa é exploratória, conforme Gil (2008) aponta, pois constitui a primeira etapa de uma investigação mais ampla,

assim como o tema escolhido ser bastante genérico, tornam-se necessários seu esclarecimento e delimitação, o que exige revisão da literatura, e outros procedimentos. Assim, o resultado desse processo se torna um problema mais esclarecido, passível de investigação mediante procedimentos mais sistematizados de característica descritiva (GIL, 2008). Por isso, este trabalho segue a característica de pesquisa exploratória e descritiva a fim de identificar as variáveis que devem ser consideradas por meio levantamento bibliográfico e documental, para assim viabilizar a tomada de decisão em políticas públicas por parte do Estado.

A abordagem desta pesquisa segue o predomínio da pesquisa qualitativa. O caráter qualitativo, como expressa Neves (1996), costuma ser direcionado ao longo do seu desenvolvimento, possuindo um foco de interesse amplo, tendo por objetivo compreender, descrever e expressar os sentidos do mundo social de modo mais subjetivo. Aplicando-se assim, para temática de estabelecer critérios e subcritérios com a finalidade de identificar variáveis relevantes para otimização do reaproveitamento da biomassa suína, a partir dos pontos abordados na literatura e demais documentos institucionais.

Também a escolha dos principais critérios e subcritérios segue o predomínio de pesquisa qualitativa. Após tal ação, os critérios selecionados são ponderados e, a partir daí uma nova abordagem qualitativa é realizada no tratamento das ponderações. A pesquisa será finalizada envolvendo análises de compreensão dos critérios, identificando-se assim os limites e potencialidades dentro das dimensões da energia.

Quanto aos procedimentos técnicos, primeiramente foram utilizadas as pesquisa bibliográfica e a documental. A pesquisa bibliográfica foi elaborada a partir de livros, artigos, dissertações e teses e a pesquisa documental foi realizada a partir de documentos originários do governo estadual e federal, como decretos e leis. Na sequência, será utilizada a análise bibliográfica para o levantamento dos principais critérios presentes na utilização da biomassa suína e uso de biodigestores para a geração de energia.

Assim, a apuração da pesquisa seguirá a metodologia da análise de conteúdo, identificando dentro de cada critério, subcritério, as variáveis preponderantes no contexto do uso energético da biomassa suína. O procedimento possibilita identificar os aspectos predominantes a partir das variáveis que influenciam o uso de biomassa suína como fonte de energética. A análise diante das dimensões econômica, ambiental, social, institucional e tecnológica, possibilita

mapear relações diretas entre as variáveis constituintes e o sistema. Por fim, é formulada uma Matriz SWOT para a identificação do atual cenário dessa fonte de energia, e quais são as principais ações por parte dos Estados e governos no direcionamento de políticas públicas.

3.2 PLANEJAMENTO

Marconi e Lakatos (2003) apontam que para a realização da pesquisa, é essencial que haja um planejamento das diversas etapas de como ela se desenvolve. Como Gil (2008) aponta nove etapas para o planejamento da pesquisa social, sendo elas:

- a) formulação do problema;
- b) construção de hipóteses ou determinação dos objetivos;
- c) delineamento da pesquisa;
- d) operacionalização dos conceitos e variáveis;
- e) seleção da amostra;
- f) elaboração dos instrumentos de coleta de dados;
- g) coleta de dados;
- h) análise e interpretação dos resultados;
- i) redação do relatório.

O autor reforça que a sucessão destas fases nem sempre é rigorosamente observada, ocorrendo que algumas delas não apareçam claramente em muitas pesquisas, entretanto, há geralmente esse encadeamento de fases. O Quadro 03 apresenta a estrutura desta pesquisa com as atividades já desenvolvidas:

Quadro 03 - Estrutura da metodologia de pesquisa

Pesquisa	Técnica	Atividade	Materiais	Informação	Atores-Objeto de pesquisa	Resultado
Fase exploratória/ descritiva	Pesquisa bibliográfica	Revisão da literatura	Livros, artigos, legislações, teses, dissertações	Mudanças tecnológicas contemporâneas	Diversos autores	Capítulo 2
Fase exploratória/ descritiva	Pesquisa bibliográfica	Revisão de literatura	Livros, artigos, teses, dissertações	Sustentabilidade e matrizes energéticas	Diversos autores	Capítulo 2
Fase exploratória/ descritiva	Pesquisa bibliográfica	Revisão de literatura	Artigos, teses, dissertações	Biomassa como alternativa sustentável	Diversos autores	Capítulo 2
Fase exploratória/ descritiva	Pesquisa bibliográfica	Revisão de literatura	Livros, artigos teses, dissertações e documentos institucionais	Políticas públicas e decisões em energia	Órgãos privados e públicos	Capítulo 2
Fase exploratória/ descritiva	Análise de conteúdo	Revisão de literatura	Artigos	Biomassa, desenvolvimento nas dimensões da energia, definição dos critérios e subcritérios em resposta ao objetivo 1 desta pesquisa	Diversos autores	Capítulo 2
Fase explicativa/ analítica	Pesquisa bibliográfica e documental	Revisão de literatura	Livros, artigos teses, dissertações, relatórios, legislações e documentos institucionais	Identificação das variáveis em resposta aos objetivos 1 e 2 desta pesquisa	Diversos autores	Capítulo 3
Fase explicativa/ analítica	Pesquisa bibliográfica e documental	Definições	Livros, artigos teses, dissertações, relatórios, legislações e documentos institucionais	Verificação dos limites e potencialidades para a tomada de decisão em políticas públicas com a biomassa suína na geração de energia em resposta ao objetivo 3 desta pesquisa	Diversos autores	Capítulo 4
Fase explicativa/ analítica	Análise dos resultados	Considerações finais	Análise dos resultados	Considerações finais e recomendações de novos trabalhos	Resultados	Capítulo 5

Fonte: Autoria própria (2019).

3.3 OPERACIONALIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta seção visa descrever os procedimentos adotados para a elaboração da fundamentação teórica, bem como a definição dos critérios e subcritérios, e levantamento das variáveis da pesquisa a partir dos métodos empregados da revisão da literatura.

3.3.1 A análise de conteúdo na abordagem metodológica

De acordo com Bardin (2006), a análise de conteúdo pode ser definida como um conjunto de técnicas de análise das comunicações, utilizando procedimentos sistemáticos no objetivo de descrição do conteúdo das mensagens. Para isso, de acordo com a autora, a finalidade da análise de conteúdo é a dedução de conhecimentos relativos às condições de produção/geração, por meio de (quantitativos ou qualitativos) (BARDIN, 2006).

Para Rossi, Serralvo e João (2014), a análise de conteúdo é uma técnica para análise de dados tanto de forma qualitativa quanto quantitativa. Na abordagem quantitativa, é possível quantificar a ocorrência de palavras e/ou conceitos relevantes para o pesquisador a identificar a importância destes. Já a abordagem qualitativa possibilita análises mais aprofundadas de palavras e/ou conceitos, identificando relações de termos, ou temas, centrais à pesquisa, auxiliando na proposição de hipóteses e constructos (ROSSI; SERRALVO; JOÃO, 2014).

As etapas da análise de conteúdo são constituídas, de acordo com Minayo (2003), em pré-análise, exploração ou codificação do material e tratamento dos resultados obtidos. Desse modo, para a realização desta pesquisa, considerou-se a etapa de exploração, a fim da análise com brevidade de conceitos e/ou palavras expressivas relacionadas às dimensões do tema da bioenergia. Primeiramente, seguiu-se a seleção do grupo de palavras-chave que seriam o ponto de partida para investigar trabalhos relacionados às dimensões da energia (institucional, tecnológica, econômica, social e ambiental). Como critério, adotou-se a identificação

de um grupo de palavras-chave: *swine biomass* e *energy* associadas às expressões *energy policy*; *biomass and energy use*; *environment and biomass*; *bioenergy through swine biomass*; *energy technology*; e *economy and swine biomass*.

A partir desse grupo de palavras-chave, foram selecionados artigos que envolviam pesquisas que se relacionavam a essas palavras-chave, de periódicos nacionais e internacionais, cujas respectivas abordagens se aproximaram do tema desta pesquisa. Para busca dos artigos, foi consultada a base de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), devido à disponibilização e vinculação de textos completos em mais de 38 mil publicações periódicas e científicas, de diversas bases de dados internacionais e nacionais.

Primeiramente foram selecionados artigos publicados entre os últimos 5 a 6 anos, resultando numa busca de 43 artigos com base nas palavras-chave. A seguir, foram selecionados os artigos que não abordavam somente aspectos técnicos de uma determinada área (como construção de experimentos, testes, fórmulas e composições química), mas trabalhos que envolviam questões de maior amplitude interdisciplinar, sendo excluídos da análise 18 artigos. O terceiro critério de seleção se baseou no número de citações dentro da temática de biomassa, quanto eram citados e para quais tipos de trabalhos, resultando em 16 artigos. Por fim, a análise adotou o critério de relação direta com as cinco dimensões da energia institucional, tecnológica, econômica, social e ambiental, de que modo a pesquisa se relacionava com o aproveitamento da biomassa para a geração de energia.

Nesta etapa, foram eliminados seis artigos e validados os 10 utilizados para a análise e levantamento das variáveis, conforme ilustrado no Quadro 04:

Quadro 04 – Critérios utilizados na seleção e filtragem dos artigos

Ordem de seleção	Critérios	Número de artigos
1º Critério	Artigos publicados entre os últimos 5 a 6 anos	43
2º Critério	Trabalhos que envolviam questões de maior amplitude interdisciplinar	25
3º Critério	Maior número de citações	16
4º Critério	Relação direta com as cinco dimensões da energia	10

Fonte: Autoria própria (2019).

Na sequência, foi realizada a seleção das variáveis entre as dimensões da energia e os assuntos abordados em cada uma delas, construindo-se o Quadro 05, para seguimento na metodologia:

Quadro 05 - Dimensões da energia e os principais temas abordados nos artigos

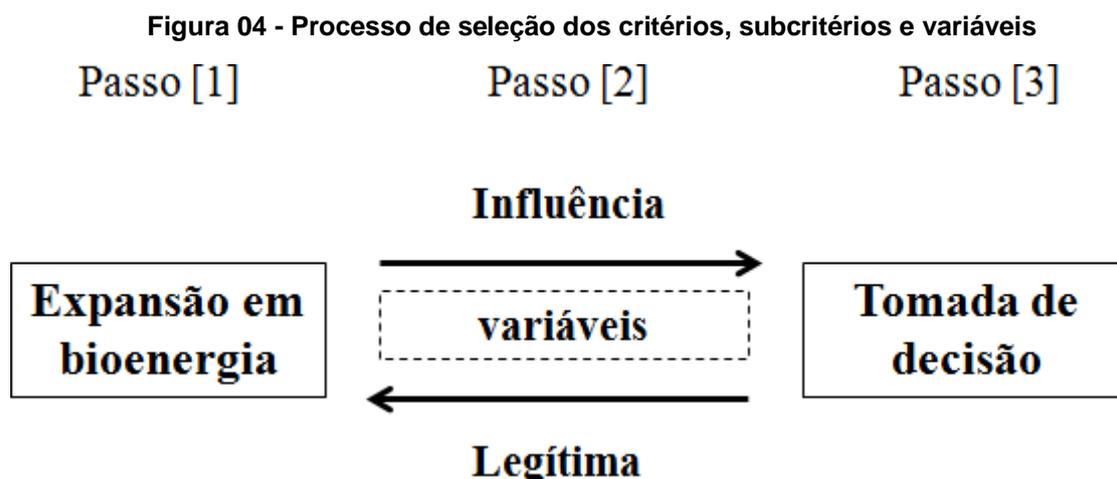
Ambiental	Econômica	Social	Tecnológica	Institucional
Contaminação da água	Investimentos no desenvolvimento de biodigestores	Redução de possíveis doenças ocorridas pela contaminação do ambiente	Eficiência energética	Regulamentações, legislações e incentivos por parte dos governos e instituições
Contaminação do solo	Ausência de incentivos econômicos	Bem-estar da comunidade	Sistemas de manejo de dejetos e de gestão adotados	Contribuição para a tomada de decisões e ações sobre o meio ambiente
Contaminação do ar e emissão de metano na atmosfera	Comercialização acessível da energia produzida	Prática geradora de renda e empregos		Compreensão e o aumento da conscientização dos decisores políticos e agricultores no uso de recursos renováveis
Utilização de uma fonte energética renovável	Redução de custos em propriedades rurais			
	Otimização do processo para produção em economia de escala			

Fonte: Autoria própria (2019).

Para a construção do Quadro 05, empregou-se a produção científica em estudos relacionados à geração de energia a partir do uso de biomassa suína e temas relacionados. Vale destacar que os trabalhos selecionados para esta pesquisa não limitam o tema, sendo possível que demais contribuições possam ser consideradas. Desta forma, o Quadro 05 estabelecido inicialmente, retratando as dimensões da energia e os principais temas abordados nos artigos para cada dimensão, passou por uma decomposição, tendo por direcionamento das temáticas à definição das variáveis, com base na influência e na legitimidade.

Para cada temática geral identificada de cada dimensão, foi observada a ocorrência em nos trabalhos analisados, bem como o destaque dado pelos autores no que se referia ao aproveitamento energético por meio da biomassa suína. Essa análise de cada tema geral possibilitou a construção inicial dos critérios, considerados como os aspectos mais abrangentes de cada dimensão, pois muitas das temáticas se interrelacionavam, possibilitando que houvesse um agrupamento para definição de único critério que melhor exprimia o significado central da temática.

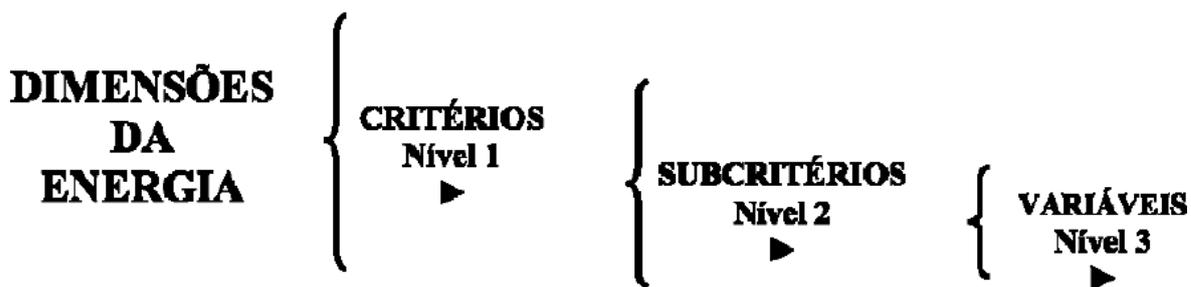
Em seguida, foi realizada a análise para a definição do subcritério com base no critério já estabelecido e a temática por ele abordada, e assim, buscando um estreitamento mais preciso, para a determinação da variável com base na temática geral, nos critérios e também nos subcritérios já identificados. À vista disso, partindo dos principais temas abordados nos artigos, foi estruturada a matriz multicritério contendo todos esses desmembramentos de critérios, subcritérios e variáveis, conforme apresenta o Quadro 07 do início do capítulo 4 deste trabalho.



Fonte: Adaptado de Souza (2016, p.119).

A partir da análise de conteúdo, a segunda etapa do processo de análise segue com base nos pressupostos do Método AHP, ou Processo Analítico Hierárquico. Para esse método, considerou-se que os critérios do nível 1 afetam significativamente as dimensões da energia de forma integral e expressam as preferências dos atores na tomada de decisão, sendo obtidos na literatura cinco principais critérios. Para os subcritérios do nível 2, considerou-se elementos que são influenciados pelos critérios já estabelecidos no nível 1. Para este nível foram selecionados 12 (doze) subcritérios que servem de partida para se estruturar o nível 3. Deste modo, foram identificadas 16 alternativas viáveis para o nível 3 e ilustrada sua decomposição na Figura 05.

Figura 05 - Decomposição do problema



Fonte: Adaptado de Souza (2016, p. 120).

As variáveis do nível 3 foram selecionadas e analisadas pois correspondem aos efeitos positivos ou negativos sobre cada dimensão da energia, podendo direcionar a decisão entre a manter ou estimular o uso dessa fonte de energia.

3.3.2 Seleção das variáveis

A seleção das variáveis foi elaborada a partir da aplicação da técnica de análise de conteúdo, seguindo a estruturação metodológica apresentada no Quadro 06:

Quadro 06 - Estrutura da análise de conteúdo

Tema	Categoria	Subcategoria	Unidade de análise	Contexto
Ações em bioenergia para utilização da biomassa suína	Dimensões da energia	Critérios Subcritérios Variáveis	Artigos de autores nacionais e internacionais	Aproveitamento de biomassa suína Fontes renováveis de energia Políticas Públicas Economia circular Geração de energia

Fonte: Autoria própria (2019).

Deste modo, foi constituída uma seleção de variáveis que serão validadas por meio da análise dos limites e potencialidades. Tanto para a influência quanto a consistência dessas variáveis também são buscadas nessa fase da pesquisa devido ao contato direto na literatura de cada variável com o objeto de estudo. A relação das variáveis com os critérios e subcritérios estão descritas no capítulo 4 desta dissertação.

A partir da seleção das variáveis por meio da análise de conteúdo, foi realizado um estudo bibliográfico de cada subcritério e variável que envolve a área de aproveitamento energético por meio da biomassa, e assim ressaltados os limites e potencialidades dentro de cada dimensão da energia, a partir das variáveis que a tal dimensão abrange.

3.4 LIMITES E POTENCIALIDADES: VALIDAÇÃO DAS VARIÁVEIS

A constituição das variáveis, além de considerar a análise de conteúdo, conta também com a validação dos limites e potencialidades que cada uma das 16 (dezesesseis) variáveis distribuídas em 5 (cinco) dimensões da energia sendo ambiental, econômica, social, tecnológica e institucional. A partir do referencial teórico, foi identificado que essas impactam direta ou indiretamente o processo de tomada de decisão diante do uso da biomassa suína para a geração de energia.

Assim, é possível apontar formas diferentes que garantem uma heterogeneidade na análise de todas as dimensões da energia. Para a aplicação da presente pesquisa, tem-se a análise por meio de dois procedimentos técnicos: a pesquisa bibliográfica e a pesquisa documental. Estes foram utilizados para a elaboração da fundamentação, construção dos critérios, subcritérios, determinação das variáveis, e também para o levantamento dos limites e potencialidades diante do uso da biomassa suína para a geração de energia.

Para a pesquisa bibliográfica, foi utilizada a busca de artigos no portal de periódicos da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), no objetivo de identificar obras, como artigos científicos e livros, que abrangessem a temática de biomassa suína diante das dimensões da energia. Já a pesquisa documental consiste na análise de projetos de lei, legislações, documentos informativos, documentos obtidos na Internet como relatórios institucionais, sites de instituições representativas e de órgãos do Estado. Tanto a pesquisa bibliográfica como a pesquisa documental foram adotadas para identificar os limites e potencialidades de cada uma das variáveis. Desse modo, foi realizada a análise dos subcritérios e variáveis dentro de cada dimensão, resultando no Capítulo 4 desta dissertação.

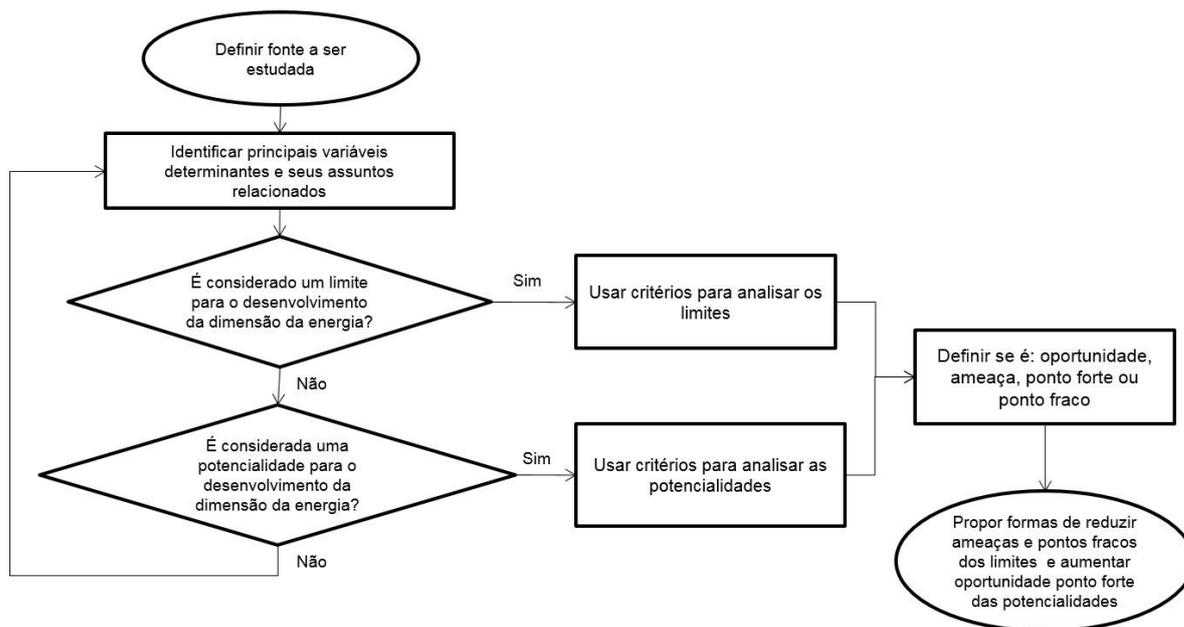
3.4.1 Critérios da análise

Depois da definição dos critérios, subcritérios e variáveis dentro de cada dimensão da energia, foram identificados os principais fatores determinantes para tomada de decisão no uso da biomassa suína como fonte energética, sendo eles internos, estruturais ou sistêmicos, e observados os limites e potencialidades relacionados à cada dimensão. A partir disso, os limites e potencialidades identificados foram classificados conforme a significância do impacto em políticas públicas, sendo uma oportunidade, ameaça, ponto forte ou ponto fraco.

Assim, segue-se com a determinação de uma Matriz SWOT, elaborada pela identificação da natureza que o limite ou potencialidade são relacionados, ou seja, como uma ameaça ou oportunidade. Em uma observação ampliada do ambiente que se encontram as variáveis desta pesquisa, pode-se inferir que a alocação em uma Matriz SWOT dos subcritérios de nível 2, retratam em um melhor desenho o panorama do uso da biomassa suína como fonte energética.

Para a análise de cada limite e potencialidade identificados neste estudo, foram selecionados os quatro componentes da Matriz SWOT, classificados posteriormente em oportunidade, ameaça, ponto forte ou ponto fraco. Os componentes da Matriz SWOT são representados pela sigla em inglês dos termos *Strengths* (pontos fortes), *Weaknesses* (pontos fracos), *Opportunities* (oportunidades) e *Threats* (ameaças) (KOTLER; KELLER, 2006). Desta forma, tomam-se como as ameaças e os pontos fracos os aspectos limitantes identificados nos subcritérios de nível 2, assim como oportunidades e pontos fortes, as potencialidades também identificadas nos subcritérios de nível 2 deste estudo. O fluxograma da Figura 06 apresenta as etapas realizadas nesta fase:

Figura 06 – Fluxograma das etapas para a análise dos limites e potencialidades das dimensões de energia



Fonte: Autoria própria (2019).

Os resultados obtidos são apresentados no capítulo 4 desta dissertação, assim como o levantamento dos limites e potencialidades de cada dimensão da energia. Na sequência há a análise dos subcritérios identificados serão em uma Matriz SWOT, a fim de sintetizar e destacar as ações necessárias diante dos pontos identificados. Os subcritérios foram escolhidos para compor a matriz SWOT devido à sua abrangência com cada tema, e a interligação entre os critérios e as variáveis identificados na pesquisa.

4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os dados e os resultados alcançados com a análise realizada nesta dissertação. As sessões abordam cada uma das dimensões e a análise de cada subcritério e das variáveis. A primeira seção irá expor os dados obtidos na dimensão institucional. A segunda sessão, os dados da dimensão econômica. A terceira sessão os dados da dimensão ambiental. A quarta sessão aborda a dimensão social. E a quinta sessão, a dimensão tecnológica.

O Quadro 07 apresenta os elementos definidos como os critérios, subcritérios e as variáveis, em que a descrição dos subcritérios e das variáveis estão descritos ao longo deste capítulo, e por fim, os subcritérios identificados serão analisados em uma Matriz SWOT.

Quadro 07 - Elementos da matriz multicritério

Continua

Dimensão	Critério Nível 1 ▼	Subcritério Nível 2 ▼	Variáveis Nível 3 ▼
DIMENSÃO INSTITUCIONAL	Regulamentações e legislações	Elaboração e aperfeiçoamento de políticas públicas	<i>Políticas públicas que englobam biodigestores no Estado</i>
		Garantia do bem-comum da sociedade	<i>Benefício comum para todos os atores</i>
	Incentivos para o uso de biodigestores	Apoio do Estado e de organizações	<i>Entidades e organizações representativas</i>
DIMENSÃO ECONÔMICA	Investimentos em bioenergia	Comercialização da energia	<i>Mercado de energia</i>
		Financiamento e subsídios para o processo	<i>Subsídio e investimentos</i>
	Incentivos econômico-financeiros		Economia de escala
DIMENSÃO AMBIENTAL	Contaminação ambiental	Prejuízo aos recursos naturais (como água, solo e ar)	<i>Contaminação da água</i>
			<i>Impacto no solo</i>
			<i>Poluição do ar</i>
	Fonte renovável de energia	Uso excessivo de fontes não renováveis de energia	<i>Uso de fonte renovável</i>
	Geração de renda	Instrução para o trabalho e mercado	<i>Cooperação na estruturação de biodigestores</i>

Dimensão	Critério Nível 1 ▼	Subcritério Nível 2 ▼	Variáveis Nível 3 ▼
DIMENSÃO SOCIAL	Doenças decorrentes de contaminação	Prevenção de doenças e conservação da biomassa	<i>Medidas de prevenção à contaminação pessoas/animais</i>
	Geração de renda	Instrução para o trabalho e mercado	<i>Cooperação na estruturação de biodigestores</i>
DIMENSÃO TECNOLÓGICA	Eficiência energética	Análise de viabilidade e otimização dos recursos	<i>Evolução de tecnologia em biodigestores</i>
		Sistemas de manejo de dejetos e de gestão	<i>Parcerias tecnológicas</i>

Fonte: Autoria própria (2019).

4.1 DIMENSÃO INSTITUCIONAL

Os critérios de nível 1 identificados para a dimensão institucional se referem a regulamentações e legislações e incentivos para o uso de biodigestores. Esses critérios direcionam a análise para a necessidade e aprofundamento de regulamentações, legislações e incentivos por parte dos governos e instituições de apoio ao desenvolvimento do uso de biodigestores para aproveitamento energético. Ademais, estes dois critérios destacam a essencialidade para a compreensão e o aumento da conscientização dos decisores políticos e agricultores no uso de recursos renováveis.

Desse modo, como subcritérios do nível 2 a Elaboração e aperfeiçoamento de políticas públicas e Garantia do bem-comum da sociedade. No Brasil, a utilização do biogás, em especial gerado a partir da biomassa suína ainda é pouco utilizada. Entretanto, percebe-se um avanço, em razão de que biogás/biometano estão fazendo parte das agendas de todas as instituições brasileiras relacionadas com políticas públicas sobre energia (BLEY JÚNIOR, 2015).

4.1.1 Elaboração e aperfeiçoamento de políticas públicas

Um dos principais agentes deste processo de elaboração e aperfeiçoamento de políticas públicas é o Estado, pois por meio da construção de bases conceituais, técnicas e institucionalização, em cada instância e em cada escala territorial, viabiliza possibilidades e condições para a articulação de políticas públicas (LOPES, 2016). Estas políticas públicas, por sua vez, são capazes de incidir de forma conjunta para o reaproveitamento de resíduos na geração de energia como uma ação alternativa e sustentável em todo território e em benefício da sociedade (SILVA et al., 2015). As principais ações tomadas no Brasil por meio de políticas públicas no reaproveitamento de recursos e geração de energia, considerando a biomassa como protagonista nesta questão, têm sido conduzidas no objetivo de garantir sustentabilidade e eficiência energética.

- Políticas públicas que englobam biodigestores no Estado

As políticas públicas de destaque que abordam de forma direta a questão de biomassa e energia em sua estrutura são tomadas de decisão em dimensão institucional que contemplam a fonte biomassa como alternativa para a matriz energética no Brasil: a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305 de 2010), a Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei 12.187 de 2009), a Política Nacional de Saneamento Básico (Lei 11.445 de 2007), a Política Nacional Energética (Lei 9.478 de 1997) e a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938 de 1981) (BRASIL, 1981; 1997; 2007; 2009; 2010). Também em 2007 foi elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE, o Plano Nacional de Energia 2030 - PNE 2030, e em 2016, o Plano Nacional de Energia 2050 - PNE 2050, contemplando o uso de biomassa como fonte energética renovável, incluída a biomassa suína (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2007; 2016).

Entretanto, no *Roadmap* de Energia 2031, o Senai no Paraná (2017) alerta que é comum a descontinuidade de políticas públicas, sendo uma das principais barreiras do avanço no estado Paraná de acordo com especialistas.

Vale ressaltar que se é necessário avançar com as políticas públicas, cabendo tanto ao Estado como a sociedade, garantir a evolução do trabalho planejado.

4.1.2 Garantia do bem-comum da sociedade

As ações tomadas com o processo do aproveitamento da biomassa suína devem considerar todos os aspectos que envolvem o Estado e que impactam à sociedade, meio ambiente e economia.

- Benefício comum para todos os atores

Dessa forma, o estado do Paraná, por meio da Lei 19.500 de 2018, que aborda a Política Estadual do Biogás e Biometano impõe medidas com esta finalidade (PARANÁ, 2018). No capítulo II, no Artigo 3º, sobre os aspectos ambientais e de saúde, designa quanto à Gestão de Resíduos, que todos os membros de uma cadeia produtiva integrada possuem responsabilidade compartilhada e solidária pela gestão ambiental, que deve ser organizada por meio de Planos de Gestão Ambiental, de Acordos Setoriais ou de Termos de Compromisso (PARANÁ, 2018).

O Artigo 4º, que trata do Licenciamento Ambiental e Sanitário, determina que as atividades tanto de transferência como de transporte de resíduos e efluentes, também as de produção de biogás, biometano e de geração de energia elétrica a partir do biogás, serão licenciadas considerando o seu potencial poluidor e o nível de risco sanitário que oferecem, de acordo com o que estiver disposto em regulamento (PARANÁ, 2018).

Já o Artigo 5º, da segurança, estabelece que as operações de produção e comercialização de biogás e de biometano, caso necessário deve passar por vistoria do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado do Paraná, que poderá estabelecer normas de segurança contra incêndios em regulamento próprio, segundo o potencial de risco (PARANÁ, 2018).

Desse modo, é necessário considerar uma avaliação da situação para a garantia de biossegurança humana e animal e evitar possíveis

contaminações e doenças (VIANCELLI et al., 2013). Por se tratar de um processo que gera passivos ambientais, é necessário que ações sejam direcionadas por meio de políticas públicas para garantia do bem comum e interesse da coletividade.

4.1.3 Apoio do Estado e de organizações

As iniciativas existentes em âmbito nacional e estadual são lideradas na maioria por grupos empresariais e instituições particulares, sendo que ainda é incipiente o desenvolvimento de políticas públicas, como a Lei 19.500 de 21 de Maio de 2018, que institui a Política Estadual do Biogás, do Biometano e (PARANÁ, 2018). Tal legislação reforça e consolida a importância do processo de aproveitamento de resíduos e geração de energia, estimulando o setor empresarial, agricultores, e demais organizações a se voltarem para possibilidades desse processo alternativo.

Os resultados efetivos, como os citados por Biasi et al. (2018), a redução de seus custos produtivos ou agregação de renda, além de contribuir para mitigação ambiental. Nota-se também que os recursos disponibilizados pelo Estado vêm aumentando gradativamente para o incentivo do aproveitamento energético da biomassa suína, estimulando e possibilitando avanço desta atividade. De modo direcionado ao uso da biomassa suína para a geração de energia, há organizações que também exercem um papel fundamental para maior destaque dessa fonte de energia no cenário nacional.

- Entidades e organizações representativas

Atualmente muitas frentes buscam o fortalecimento do uso do biogás a partir da biomassa suína, no que diz respeito à inserção na matriz energética nacional e estadual. Pode-se citar como as entidades representativas, a Associação Brasileira do Biogás e do Biometano (Abiogás) e o Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBiogás). Na esfera estadual, muitas organizações se tornaram relevantes, como a Companhia Paranaense de

Energia (Copel), a usina Itaipu Binacional, Programa *Smart Energy* Paraná, Universidades Estaduais, o Sindicato e Organização das Cooperativas do Estado do Paraná (OCEPAR), e a Companhia Paranaense de Gás (Compagas) (BIASI et al., 2018).

A Abiogás é uma importante organização representativa do avanço do biogás no cenário nacional. Foi fundada em 19 de dezembro de 2013, sendo uma organização da sociedade civil, sem fins lucrativos, com objetivo de representar, em caráter permanente, os interesses das instituições e usuários, que atuam na cadeia produtiva do biogás e do biometano (BLEY JÚNIOR, 2016). A Abiogás (2019) tem por missão “Promover a inserção definitiva do biogás e do biometano na matriz energética brasileira, através do desenvolvimento dos diversos segmentos envolvidos em sua produção, regulamentação e utilização” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO BIOGÁS E DO BIOMETANO, 2019).

As instituições fundadoras da Abiogás são: Caterpillar, Soluções Sustentáveis, CIBiogás-ER, Granja Colombari, Compagas, Sulgás, Concert Technologies, Cooperativa dos Citricultivos Ecológicos da Vale do Caí, Companhia Paulista de Força e Luz, Dresser-Rand/Guascor, Eco Biopower, Ecom Comercializadora de Gás, Engine, ER-BR Energias Renováveis, General Electric, Geo Energética, Horus Comercializadora de Energias, Methanum Engenharia Ambiental, Solar Comércio e Agroindústria Ltda., STCP Engenharia de Projetos, Tradener Comercializadora de Energia, Universidade Federal de Pernambuco e Planeta Sustentável (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO BIOGÁS E DO BIOMETANO, 2019).

O CIBiogás (2019) também exerce fundamental apoio no desenvolvimento do uso do biogás no Brasil, tendo por missão “Promover o desenvolvimento sustentável da cadeia do biogás e outras energias renováveis”. O CIBiogás é uma instituição científica, tecnológica e de inovação, constituído como associação sem fins lucrativos, formado por 27 instituições que desenvolvem e/ou apoiam projetos relacionados às energias renováveis. Sua estrutura conta com um laboratório de biogás, no Parque Tecnológico Itaipu (PTI), em Foz do Iguaçu, e com 11 unidades de produção de biogás no Brasil (CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2019).

As 27 instituições que desenvolvem e/ou apoiam projetos relacionados às energias renováveis são: ONUDI, FAO, IICA, Eletrobras, Itaipu Binacional, Parque Tecnológico Itaipu (PTI), Eletrobras Cepel, Governo do Estado do Paraná, Federação das Indústrias do Estado do Paraná (Fiep), FAEP, Sebrae, Copel, IAPAR, CTGAS-ER, Compagas, SulGás, Lar, Prefeitura Municipal de Toledo, Grupo Cataratas, JMalucelli Ambiental, CHP Brasil, FTC, FGV Energia, Grupo Leão, Alsol, Goiásgás, e Instituto Senai (CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2019).

Um dos objetivos do CIBiogás é manter o apoio e articulação do desenvolvimento e da implementação de políticas públicas direcionadas ao aproveitamento e uso de fontes de energias renováveis. Um exemplo dessa articulação foi o 1º Seminário Internacional de Biogás, realizado em 2014, tendo como resultado do Seminário, foram acordadas algumas recomendações para políticas públicas relacionadas à difusão e implementação do uso do biogás em setores como energia, agricultura e meio ambiente (CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2019).

O CIBiogás também trabalha em redes de cooperação com outros centros semelhantes, como o *Task Force 37*, da Agência Internacional de Energia (IEA); a FAO América Latina, Brasil e Escritório Sul; a Onudi; a Unesco e, no Brasil, mantém com a Embrapa e ITAIPU um termo de cooperação “Biogásfert” para tornar o biogás um combustível disponível para a sustentabilidade econômica, ambiental e social (BLEY JÚNIOR, 2016).

A Companhia Paranaense de Energia (Copel) em 2008 foi autorizada pela Resolução Autorizativa Aneel nº 1.482/08, a realizar a compra por Chamada Pública da energia gerada pelos protótipos do Programa Geração Distribuída (GD) da Itaipu/Copele outros parceiros (BIASI et al., 2018). Foi lançado um edital para aquisição de energia elétrica produzida a partir da digestão anaeróbica de resíduos orgânicos (BIASI et al., 2018). Em 2009 foram assinados os primeiros contratos com as quatro empresas que participaram do edital (Companhia Paranaense de Saneamento (Sanepar), a Cooperativa Lar, a Granja Colombari e a Fazenda *Star Milk*), oferecendo energia elétrica de seis unidades por elas operadas, conectando-se com a rede e vendendo energia elétrica excedente (BIASI et al., 2018).

Já o Projeto *Smart Energy* Paraná (PSE Paraná) foi criado por meio do Decreto nº 8.842, pelo Governo do Estado do Paraná para estabelecer estratégias e incentivos para a diversificação de matrizes energéticas (PARANÁ, 2013). Os principais objetivos do Projeto são: promoção da adequação da rede de energia elétrica convencional em rede inteligente; a disseminação da geração distribuída por fontes de energias renováveis; o incentivo a modelos de aplicação para a eficiência energética; o desenvolvimento de competências locais sobre o tema; e a sensibilização e educação da sociedade na utilização dessas novas tecnologias (*SMART ENERGY PARANÁ*, 2019).

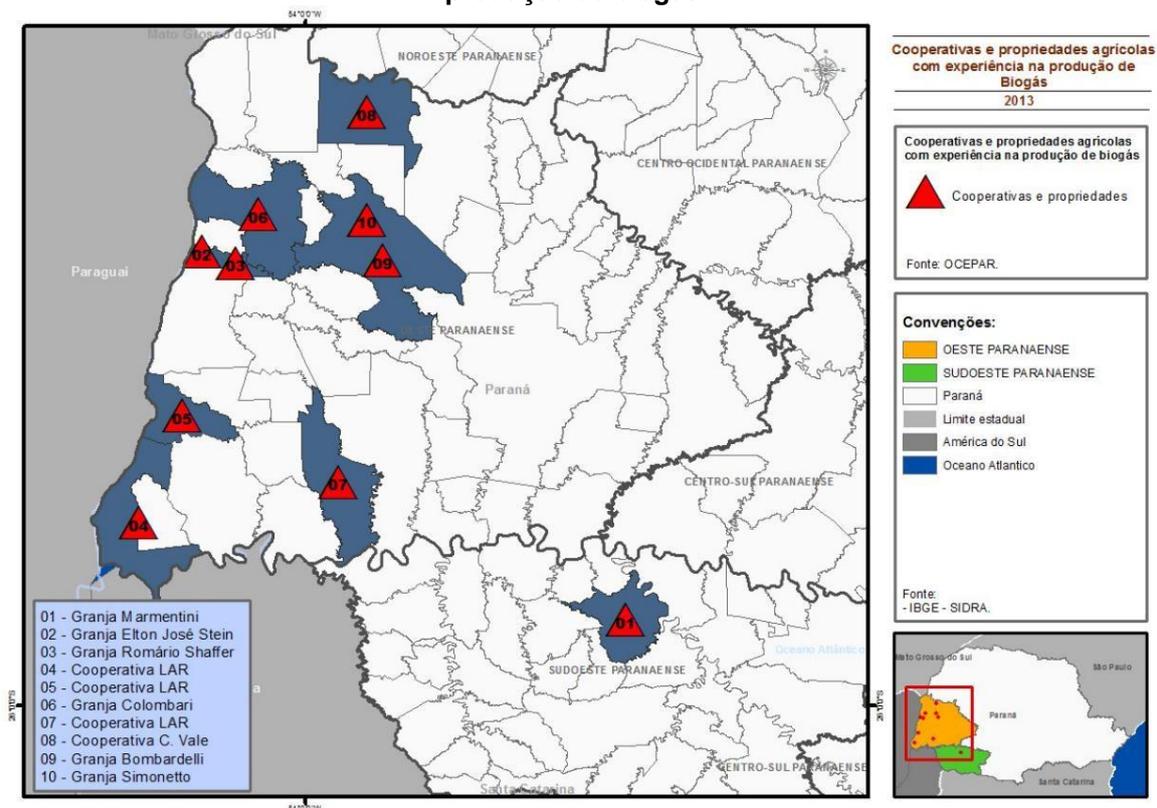
Em sua organização, o Projeto *Smart Energy* é coordenado por um comitê gestor, um comitê científico e uma secretaria executiva, possuindo todas competências bem definidas, porém com atuação integrada. Seus membros são representantes do Governo, do empresariado e de universidades e, juntos realizam o encaminhamento das ações e subprojetos, acompanham a efetividade das normas reguladoras do Projeto (*SMART ENERGY PARANÁ*, 2019).

As Universidades Estaduais também exercem uma importante atuação em pesquisas para o tratamento dos dejetos de animais, principalmente suínos e aves devido ao tamanho dos rebanhos e de resíduos de agroindústrias, muito úteis na produção de biogás e de fertilizantes. Como a Universidade Estadual de Londrina (UEL), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) e a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) (BIASI et al., 2018).

No Sindicato e Organização das Cooperativas do Estado do Paraná (OCEPAR) há uma área designada para estudos e pesquisas sobre as energias renováveis. Esta área engloba o atendimento da demanda das cooperativas e a identificação alternativas que reduzam os aspectos ambientais, tais como a destinação adequada dos dejetos e resíduos, a produção do biogás, a redução dos custos com recursos energéticos para as atividades agropecuárias e industriais, o uso do biogás na agricultura em geral (BIASI et al., 2018).

Também a OCEPAR realiza de pesquisas direcionadas para o aproveitamento dos dejetos de animais, principalmente suínos, uma vez que há no estado do Paraná mais de 25 cooperativas com potencial para tratamento de dejetos e produção de biogás, sendo envolvidas em várias destas as pesquisas da entidade (BIASI et al., 2018). A Figura 07 apresenta as cooperativas e estabelecimentos agropecuários que realizam o tratamento de dejetos e produção de biogás no estado do Paraná:

Figura 07 - Cooperativas e estabelecimentos agropecuários com tratamento de dejetos e produção de biogás



Fonte: Adaptado de BIASI et al. (2018, p. 46).

A Companhia Paranaense de Gás (Compagas) (2017) participa de projetos que visam desenvolver a cadeia do Biogás, estudando a viabilidade técnica e econômica dos projetos que se encontram, em especial, na região Oeste do Paraná, de modo amplo e sistêmico. A Compagas também fez um mapeamento estadual identificando os locais com potencial para produção de biogás, uma vez que há o interesse por parte da concessionária de comprar tanto o biometano como biogás purificado e normatizado realizando a distribuição pela sua rede (BIASI et al., 2018). Desse modo, a Compagas busca se envolver e apoiar projetos e estudos da produção de biogás e

biometano de forma condominial nos municípios paranaenses de Toledo, Entre Rios do Oeste e Castro, a integrando também o CIBiogás (BIASI et al., 2018).

As variáveis analisadas nesta seção, *Políticas públicas que englobam biodigestores no Estado e Benefício comum para todos os atores*, subsidiam a elaboração de análise das limitações e potencialidades na dimensão institucional que envolve a energia. Dessa maneira, a partir das referências utilizadas nesta seção, o Quadro 08 apresenta uma síntese dos principais limites e potencialidades identificados na dimensão institucional:

Quadro 08 - Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na dimensão institucional

Limites	Potencialidades
Interesses de grupos divergentes Há algumas limitação de recursos públicos Monitoramento da prática das leis	Aperfeiçoamento e fortalecimento de políticas públicas Maior participação de proposta de ações da sociedade Intensificação de incentivos para o aproveitamento da biomassa Apuração e mensuração de resultados da prática do uso de biodigestores no estado

Fonte: Autoria própria (2019).

4.2 DIMENSÃO ECONÔMICA

Os critérios de nível 1 identificados para a dimensão econômica se referem a Investimentos em bioenergia e Incentivos econômico-financeiros. Ambos critérios indicam que investimentos no desenvolvimento de biodigestores é fundamental para seu desenvolvimento, mas há a ausência de incentivos econômicos por parte de entidades mais fortes, de modo a alicerçar a comercialização da energia gerada posteriormente. Assim é possível proporcionar a redução de custos em propriedades rurais, venda de créditos de carbono, otimização do processo para uma melhor produção em economia de escala, beneficiando economicamente toda a cadeia produtiva que envolve a criação de suínos.

Desse modo, como subcritérios do nível 2 há a Comercialização da energia, Financiamento e subsídios para o processo e Economia de escala. A agropecuária é um dos principais setores da economia brasileira que contribuem para que o país cumpra as metas de reduzir a emissão de gases do efeito estufa em 37%, até 2025, e 43% até 2030, assumidas durante a 21ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática (COP21), conhecida como Acordo de Paris (BIOMASSA E BIOENERGIA, 2018a). Desse modo, no Brasil, os espaços territoriais são um convite aberto para a economia rural entrar no mundo das energias e com elas encontrar uma nova perspectiva econômica e a sustentabilidade.

4.2.1 Comercialização da energia

O atual cenário do mercado de energia é ascendente, e a geração de energia a partir de dejetos suínos começa a ganhar destaque pelo aproveitamento energético do que antes era descartado, que define a economia circular de recursos. Assim a propagação da atividade amplia oportunidades de comercialização dessa energia gerada a partir da biomassa suína.

- Mercado de energia

Na atualidade, a capacidade brasileira de produção de biogás é de 123 milhões de metros cúbicos por dia, o suficiente para substituir 70% do consumo de diesel ou 35% do consumo atual de energia elétrica (BIOMASSA E BIOENERGIA, 2018c). Essa grande flexibilidade das fontes de energia possibilita a geração de produtos como eletricidade e calor, e também diferentes métodos de utilização (como para auto geração ou venda para a rede elétrica) (BIDART et al., 2014).

No Brasil, em termos de conexão da energia produzida por outros agentes e demais fontes não convencionais, o Proinfa determinou que as conexões de energia gerada por fontes incentivadas seriam realizadas em

subestações de transmissão, possibilitando as conexões (BLEY JÚNIOR, 2015). Uma vez que, em ordem de grandeza, o sistema brasileiro de transmissão mede aproximadamente 110 mil quilômetros, enquanto o sistema de distribuição possui cerca de 4,5 milhões de quilômetros (BLEY JÚNIOR, 2015). Em resumo, a distribuição oferece 45 vezes mais oportunidades para a conexão de geradores, com destaque para os de mini, micro e pequenas escalas e portes (BLEY JÚNIOR, 2015).

O Governo Federal avalia a proposta, encaminhada no Programa Nacional de Biogás e Biometano (PNBB), em que mercados gerem condições favoráveis, para estimular assegurar a produção e as aplicações do biogás e do biometano. Como fontes energéticas renováveis, essas fontes contribuem para o desenvolvimento territorial local e regional de energia, principalmente na geração de energia térmica (como Leilões de Energia Nova e Ambiente de Contratação Livre) (BRASIL, 2015).

Com a geração distribuída, possibilita às atividades produtoras de animais, industriais, ou de subsistência, gerar energia elétrica e de fornecer ao sistema, garantindo a comercialização dessa energia. Tal fato se constitui no passo fundamental para o acesso aos benefícios econômicos do aproveitamento da biomassa suína e da energia do biogás gerada (BLEY JÚNIOR, 2015).

Yazan et al. (2018) apontam que os mercados de biomassa suína enfrentam distorções causadas por consideráveis desequilíbrios entre oferta e demanda, além do impacto das regulamentações ambientais impostas para a proteção do solo e da água. Tais distorções de mercado influenciam a cooperação entre fazendeiros, proprietários rurais e produtores de biogás, causando flutuações preços pagos (ou incorridos) pelos produtos resultantes do manejo de suínos (YAZAN et al., 2018).

Vale ressaltar que o biogás não deve e não pode ser usado ou vendido em estado bruto, sendo assim, o transporte, comprimido ou por gasodutos, deve ser adotado como um transporte de matéria-prima e não de um gás comercializável (BLEY JÚNIOR, 2015).

4.2.2 Financiamento e subsídios para o processo

O setor global de energia registrou uma movimentação recorde no terceiro trimestre de 2018 (mercado de energia global ultrapassa marca de US\$ 241 bilhões no ano), sendo que o Brasil seguiu a mesma tendência mundial ao realizar acordos de comercialização para o desenvolvimento sustentável de fontes renováveis no país (BIOMASSA E BIOENERGIA, 2018b). Esse cenário nacional se destaca e possibilita a arrecadação de investimentos estrangeiros para setor de energia (BIOMASSA E BIOENERGIA, 2018b). No que se refere à fonte de biomassa suína, a atividade é de fundamental importância no contexto socioeconômico do Estado, pois proporciona fonte de renda e emprego em todos os setores da economia, gerando aumento na demanda de insumos agropecuários, ampliação e modernização dos setores de comercialização e das agroindústrias (FERNANDES, 2012).

- Subsídios e investimentos

Os investimentos são grandes impulsionadores do desenvolvimento da geração de energia a partir do biogás, apesar de ser ainda muito baixa na constituição da matriz energética do Brasil (apenas 0,5%). Por isso, cada vez mais é necessário atrair investidores para o setor, aumentando o uso do biogás no país, sendo que em 2018 os investimentos foram aproximadamente R\$ 500 milhões (BIOMASSA E BIOENERGIA, 2018c). Bley Júnior (2015) aponta que as energias geradas com biogás não necessitam de subsídios, pois são competitivas, mas necessitam de regras bem definidas e programas atrativos de fomento.

Os programas de fomento ao biogás estimulam a alavancagem de capital privado produtivo junto às atividades produtoras (BLEY JÚNIOR, 2015). Na proposta do Programa Nacional de Biogás e Biometano (PNBB), são listadas algumas medidas de financiamento voltadas ao impulso do mercado de biogás e biometano a serem desenvolvidas, como as citadas a seguir:

- Fundo garantidor (400 milhões/ano) usando recursos existentes, dois anos de exposição 700 milhões e 1 bilhão para garantia de construção para 80%

do investimento nos primeiros até 2020 e depois reduzindo até 50% até 2030. Garantias: recebíveis, ações, garantia evolutiva; - Meta de financiamento de acordo com o índice de nacionalização: 50% importado e em até 5 anos 90% nacional; - Criação de novas regras para credenciamento de equipamento de biogás no BNDES semelhante ao que acontece com a solar e eólica. No final de 2012 foi divulgada metodologia de Credenciamento de Aero geradores que pode servir como base de credenciamento; - Oferta de financiamento para produção de biogás, refino e aplicações, com base nos ativos energéticos do projeto apresentado para financiamento (BRASIL, 2015, p.8-9).

Xu et al. (2018) realizaram um estudo para a identificação da relação de benefício da utilização de biomassa animal em uma empresa de geração de energia de biogás e fertilizantes, com uma análise dos custos e estimativa dos benefícios ambientais a partir do subsídio governamental. Os subsídios foram focados principalmente no processo de construção e venda de produtos, o que reduziu a pressão sobre o financiamento e vendas, estimulando a entrada na atividade de geração de energia a partir do biogás (XU et al., 2018). Também o governo, da província adotada no estudo, forneceu subsídios para produtores de fertilizantes e também para os usuários destes produtos (XU et al., 2018).

A política de subsídios melhorou os aspectos positivos do uso de fertilizantes orgânicos e promoveu o fluxo suave de fertilizante orgânico no mercado (XU et al., 2018). Subsídios do governo para o bom desenvolvimento de geração de energia de biogás foram de 1,46 milhões de dólares/ano, e os benefícios ambientais geração de energia de biogás foram de 4,36 milhões de dólares/ano (XU et al., 2018). Por resultado final, os subsídios não só promoveram o mercado de geração de energia de biogás, mas também produziu consideráveis benefícios ambientais (XU et al., 2018).

O Centro Internacional de Energias Renováveis - Biogás (CIBiogás) (2016) lista mecanismos de incentivo e financiamento ao biogás no Brasil, que podem ocorrer de modo direto ou indireto, dos quais os de maior destaque são listados a seguir:

- Programa ABC - Programa Agricultura de Baixo Carbono: Disponibiliza crédito para as ações do Plano Agricultura de Baixo Carbono, com uma linha para tratamento de dejetos animais.
- PRONAF Sustentável: Linha de crédito para questões de sustentabilidade ambiental para agricultura familiar dentro das linhas do Programa Nacional para Agricultura Familiar – PRONAF.

- Rede BiogasFert ou Projeto “Tecnologias para produção e uso de biogás e fertilizantes a partir do tratamento de dejetos animais no âmbito do Plano ABC”, parceria entre EMBRAPA e ITAIPU, reúne pesquisadores em biogás e em fertilizantes de diversas universidades e institutos de pesquisa do país.
- CIBiogás, criado em 2013, é uma instituição de pesquisa, desenvolvimento e inovação que tem como objetivo tornar o biogás um produto por meio do desenvolvimento de novos negócios e sua efetiva implementação na matriz energética brasileira.
- Projeto Brasil-Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil - PROBIOGAS: O Ministério das Cidades tem desenvolvido ações, com o governo alemão, para o aproveitamento energético de biogás no Brasil.
 - Retorno de investimento a médio e longo prazo

Ozturk et al. (2017) apontam que a biomassa é uma alternativa recomendada para fornecer sustentabilidade, eficiência e custo eficaz de energia, mas que a política energética de um país exige grande investimento para atender à demanda e ao suprimento. Entretanto, o setor privado possui capacidade financeira limitada, sendo necessárias algumas ações para a garantia de retorno do investimento (OZTURK et al., 2017). De acordo com Bley Júnior (2015), devido às razões pelas quais os processos sanitários para adequação ambiental aparentemente não são geradores de renda, a atração desses projetos é pequena pelos produtores, pois não gera significativo retorno para se pagarem, ou com margens econômicas muito estreitas.

Uma maneira, indicada por Ozturk et al. (2017), é determinar os preços da energia para que haja um equilíbrio justificado entre demanda e oferta, sem subvalorizar o restante do economia e meio ambiente. Quanto ao biogás, Bley Júnior (2015) aponta que o processo de geração é autofinanciável, com ajuste no retorno dos investimentos às rendas geradas com suas aplicações, indicadores econômicos médios para projetos de médio e grande porte com biogás: TIR (Taxa Interna de Retorno) acima de 13% e *Payback* entre 7 e 9 anos.

Os preços da energia também devem ser controlados, mas estes devem refletir o custo imposto pelo pagamento na categoria dos consumidores (OZTURK et al., 2017). Além disso, o preço da energia não deve ser imposto como um instrumento anti-inflacionário, mas de tal forma que não cria qualquer confusão e subsídios cruzados entre consumidores e classes (OZTURK et al., 2017).

4.2.3 Economia de escala

A geração de energia pode ser intensificada quando realizada em escala, uma vez que eleva o potencial energético ao passo que grandes volumes são tratados ao mesmo tempo, como ocorre nos condomínios agro energéticos (ALMEIDA et al., 2017). Cunico, Gouvea e Freitas (2015) apontam que a obtenção de biogás em grandes escalas, possibilita a geração de energia elétrica ou energia térmica, evitando a queima de madeira para utilização nas propriedades rurais.

- Compartilhamento de recursos

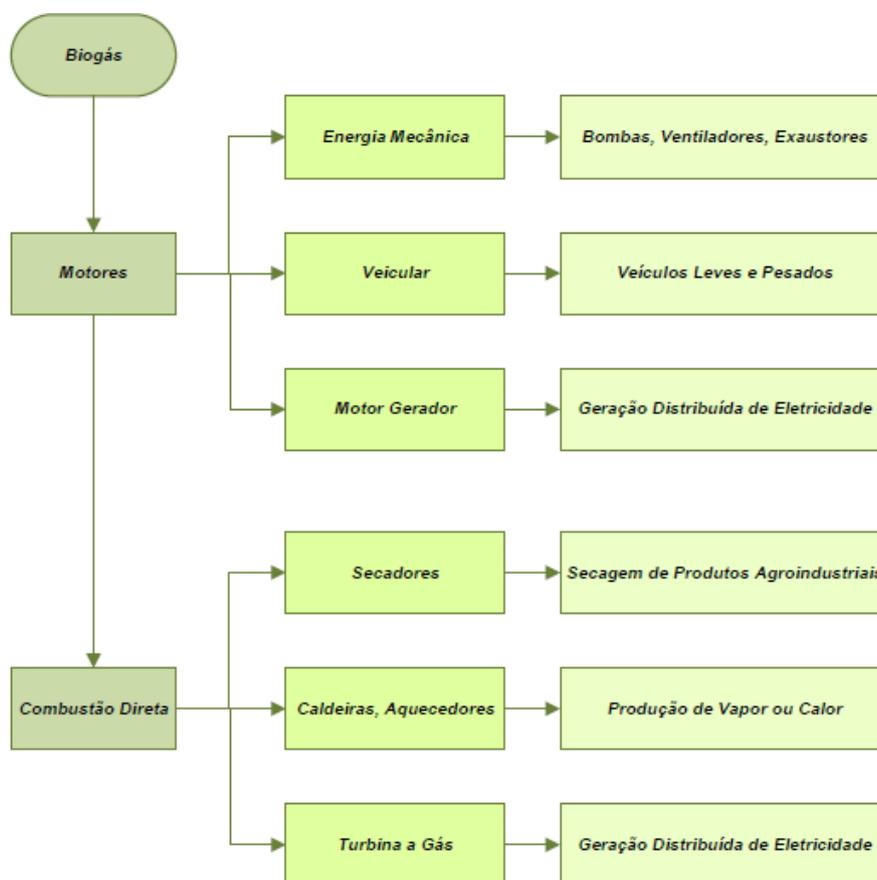
Uma projeção realizada por Lima (2007) aponta que a população brasileira de suínos gere dejetos que produzam cerca de 4 milhões de m³ por dia de biogás. Desse modo, esse biogás tem possibilidade de gerar quase 2 milhões de kwh de energia elétrica por dia, representando 60 milhões de kwh por mês (LIMA, 2007). Assim, considerando uma média mensal de consumo em 170 kwh, poderiam ser atendidas mais de 350 mil residências com a energia elétrica produzida a partir da biomassa suína (LIMA, 2007).

Já Ozturk et al. (2017) indicam que as fontes alternativas de energia são as preferidas pelos produtores rurais e empresários para maximizar os rendimentos e reduzir os custos. De acordo com os autores, existe uma necessidade de reforma das políticas energéticas globais em apoio às fontes de energias “limpas”, em consideração às crescentes demandas, bem como o aumento contínuo do preço dos combustíveis fósseis. Desse modo, atualmente

os esforços são realizados para alcançar um uso mais eficiente da biomassa (OZTURK et al., 2017).

As características do biogás, para a produção de energia, possibilitam novas perspectivas para a economia rural e oportunidades de emprego, desenvolvimento profissional e empresarial (FERNANDES, 2012). Na Figura 08 é representado um fluxograma com as principais possibilidades de uso do biogás em diferentes atividades como um combustível alternativo:

Figura 08 - Fluxograma resumido das possibilidades de utilização do biogás



Fonte: Adaptado de Fernandes (2012, p. 114).

Com as variáveis analisadas nesta seção, *Mercado de energia, Subsídio e investimentos, Retorno de investimento a médio e longo prazo, Compartilhamento de recursos e Parceria para fornecedores e compradores*, tornam-se base para a constituição de limites e potencialidades na dimensão econômica da energia. Partindo das referências utilizadas nesta seção, o

Quadro 09 apresenta uma síntese dos principais limites e potencialidades identificados na dimensão econômica:

Quadro 09 - Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na dimensão econômica

Limites	Potencialidades
Renda extra limitada à produção do rebanho	Negociação com companhias de energia
Elevados custos de implantação e manutenção	Contratos de venda de energia
Retorno de investimento a médio prazo	Redução do preço da energia ao consumidor
Oscilações do mercado	Renda extra ao produtor
	Viabilidade de novos negócios

Fonte: Autoria própria (2019).

4.3 DIMENSÃO AMBIENTAL

Os critérios de nível 1 identificados para a dimensão ambiental se referem à Contaminação ambiental e Fonte renovável de energia. Estes dois critérios apontam aspectos que impactam o meio ambiente, como a contaminação da água, do solo e do ar, emissão de metano na atmosfera, e utilização de uma fonte energética renovável. Assim é possível a redução de poluentes ao meio ambiente e à sociedade, além da prevenção da contaminação dos recursos naturais, utilizando-se de uma matéria-prima que antes era considerada um poluente.

Como subcritérios do nível 2 há Prejuízo aos recursos naturais (como água, solo e ar) e Uso excessivo de fontes não renováveis de energia. Os órgãos de controle ambiental consideram a produção de suínos como uma das atividades que é potencialmente causadora de degradação ambiental, ficando enquadrada como "grande potencial poluidor" (OLIVEIRA, 2004).

Atualmente no Brasil a estratégia adotada predominante de manejo de biomassa suína, que está intrínseca no efluente suíno, é o armazenamento em fossas seguido da aplicação no solo, tendo para o tratamento mais comum, o anaeróbio (VIANCELLI et al., 2013). Todo o efluente suíno é composto por elementos como urina de porco, fezes, derramamento de água, restos de alimentos não digeridos, resíduos de medicamentos antimicrobianos e

microrganismos patogênicos (VIANCELLI et al., 2013). Considerando essas características, recomenda-se que este material seja corretamente manejado antes de sua aplicação no meio ambiente, para evitar possíveis contaminações ambientais (VIANCELLI et al., 2013).

4.3.1 Prejuízo aos recursos naturais

Os dejetos de suínos são um composto multinutriente, mas que seus elementos estão presentes em quantidades desproporcionais em relação aos assimilados pelas plantas. Quando os dejetos são aplicados ao solo com base na demanda total das plantas, de qualquer um dos elementos N-P-K, os demais geralmente estarão em excesso (EMBRAPA, 2003). Com o acúmulo de nutrientes no solo, há o risco de fitotoxicidade às plantas e de perdas de nutrientes por erosão e lixiviação, que poderão causar a poluição das águas e do solo, cuja gravidade será tanto maior (EMBRAPA, 2003).

No que se refere à contaminação dos recursos naturais, Cherubini et al. (2015) apontam que o perfil ambiental da produção suína no Brasil gera 3503,29 kg de CO₂ equivalendo para alterações climáticas, 76,13 kg de SO₂ equivalentes para acidificação terrestre, 2,15 kg de P equivalentes para eutrofização de água doce, 12,33 kg de N equivalentes para eutrofização marinha, 21.521,12 MJ para demanda acumulada de energia, e potencial de danos à biodiversidade e transformação de terras naturais.

Neste sentido, a avaliação comparativa do ciclo de vida indicou que o biodigestor para fins energéticos teve o melhor desempenho ambiental para quase todos os impactos, principalmente devido à captura de biogás e ao potencial de economia de energia (CHERUBINI et al., 2015). No entanto, se o objetivo é diminuir os impactos para a acidificação terrestre e eutrofização marinha, os tanques são os mais indicados em comparação com todas as opções alternativas (CHERUBINI et al., 2015).

Cardoso, Oyamada e Silva (2015) listam os processos de tratamento dos dejetos suínos mais utilizados no Brasil, sendo eles: lagoas de decantação, esterqueiras, bioesterqueiras biodigestores, compostagem e cama sobreposta.

Uma vez que todos possuem a finalidade de minimizar os impactos ambientais causados pelos dejetos e reduzir seu potencial poluidor (CARDOSO; OYAMADA; SILVA, 2015). Desse modo, os autores apresentam um quadro resumindo as vantagens e desvantagens dos principais processos de tratamento de dejetos suínos:

Quadro 10 – Vantagens e desvantagens dos principais processos de tratamento de dejetos suínos

Continua

Processo de tratamento	Vantagens	Desvantagens
Lagoas de decantação	Remoção de DBO	Surgimento de odores desagradáveis nas lagoas anaeróbicas e
	Remoção de patógenos e	Falta de manutenção pode ocasionar crescimento da vegetação
	Construção, manutenção e operação de baixo custo	
Esterqueira	Facilidade operacional e de construção;	Alto custo de armazenagem, transporte e distribuição
	Baixo custo de instalação e	Só deve funcionar em função do aproveitamento dos dejetos e
	Melhor aproveitamento dos dejetos como fertilizante	Não ocorre separação de partes e o dejetos fica mais concentrado, exigindo maiores áreas para sua disposição final como fertilizante
Bioesterqueira	Redução da carga orgânica do dejetos e	Custo 20% superior ao custo de uma esterqueira
	Melhora da qualidade do esterco que serve como adubo para a lavoura	
Biodigestor	Fornecimento de combustível no meio rural por meio do biogás e adubo mediante o biofertilizante	Processo de fermentação anaeróbica lento resultando em longo tempo de retenção dos sólidos e
	Aumenta a valorização dos dejetos para uso agrônomo, por meio da fertirrigação	Necessidade de homogeneização dos dejetos para garantir a eficiência do sistema
	Redução do poder poluente e do nível de patógenos	
Compostagem	Melhora da saúde do solo	Se o composto estiver úmido pode originar uma compactação e impedir a entrada do oxigênio, causando maus cheiros
	Aumento da capacidade de infiltração da água, reduzindo a erosão	Se as pilhas de composto forem maiores, existe a tendência de aquecer rapidamente, enquanto que as pilhas menores não aquecem o suficiente, impedindo que o processo da compostagem ocorra de maneira correta
	Dificulta ou impede a germinação de sementes de plantas invasoras	Existe o risco de atração de animais prejudiciais e de algum impacto visual negativo

Processo de tratamento	Vantagens	Desvantagens
Compostagem	Aumenta o número de minhocas, insetos e micro-organismos desejáveis, reduzindo a incidência de doenças de plantas	Requer monitoramento do sistema para se obter um composto de qualidade
	Mantém a temperatura e o nível de acidez do solo	
	Ajuda na resolução do problema da deposição final de grande parte dos resíduos sólidos urbanos	
	Possibilita a redução do lixo destinado aos aterros	
	Aproveitamento agrícola da matéria orgânica e	
	Economia de tratamento de efluentes	
Cama Sobreposta ou Biológica	É necessária pouca mão de obra para a limpeza da instalação Evita o estresse animal	Grande consumo de água no verão
	Baixo custo de investimento e de instalação	Necessidade de maior ventilação nas edificações para retirada do vapor de água
	Variedade do material que pode ser usado para cama (maravalha, serragem, sabugo de milho triturado, bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz, palha, etc.)	Deve haver um nível sanitário dos animais que impeça a ocorrência de infecções por microbactérias e
	Redução quase total da água contida nos dejetos	Disponibilidade do substrato que servirá de cama
	Melhor aproveitamento da cama como	
	fertilizante agrícola	
	Maior número de animais por lote e	
	Redução do canibalismo caudal e dos problemas de cascos e articulações	

Fonte: Adaptado de Cardoso, Oyamada e Silva (2015, p. 139-140).

No que se refere ao uso de biodigestores, os autores apontam que entre os produtores integrados a grandes empresas, o uso se sobressai devido aos incentivos à produção de biogás, possibilitando ao produtor uma renda com a venda do biogás ou da energia elétrica produzida por ele.

- Contaminação da água, solo e ar

Um dos principais recursos naturais impactados pelo manejo dos suínos, e até mesmo na biodigestão, é a água. Além disso, houve um aumento na geração de dejetos suínos e no consumo de água relacionado aos suínos, sendo estimados que 6 m³ de água sejam necessários para produzir 1 kg de

carne suína (VIANCELLI et al., 2013). Além do processo produtivo, que gera um escoamento superficial de componentes, e muitas vezes, lançados direto dos dejetos nos cursos d'água (OLIVEIRA, 2003).

Devido à biodegradabilidade da biomassa suína, a digestão anaeróbia é uma alternativa interessante para o tratamento dos efluentes gerados (AMARAL et al., 2016). A pouca volatilidade na concentração de sólidos nos dejetos suínos necessita da separação dos componentes líquidos e sólidos para melhorar a capacidade de geração de biogás (AMARAL et al., 2016).

O esterco é uma mistura de frações de urina, fezes e água e sua composição depende de muitos fatores, incluindo método de alimentação, o tipo e a idade dos animais (MAKARA; KOWALSKI, 2015). A fração líquida contém principalmente compostos nitrogenados (incluindo amônia, compostos de amônio, nitratos) e matéria orgânica (MAKARA; KOWALSKI, 2015). Vázquez et al. (2015) realizaram um estudo por meio do método de compostagem para a redução do volume da fração líquida da biomassa suína. Há redução na concentração de poluentes por meio do método de lixiviado, sendo um ponto de grande interesse para se obter um tratamento suficiente de águas residuais que permita a reciclagem de água na propriedade rural (VÁZQUEZ et al., 2015).

A fração sólida contém principalmente compostos fosfóricos e compostos orgânicos (MAKARA; KOWALSKI, 2015). Os nutrientes, como o fósforo (P) e potássio (K), se aplicados em excesso no solo podem provocar por erosão e causar poluição aos corpos d'água se medidas preventivas não forem tomadas (ZAMPARETTI; GAYA, 2004). Uma vez que o fósforo, por exemplo, liberado em altas quantidades nas águas superficiais possibilita que ocorra um crescimento de algas muito rápido, gerando a eutrofização, uma baixa concentração de oxigênio, até a mortalidade de animais aquáticos e proliferação de insetos (ZAMPARETTI; GAYA, 2004).

A parte sólida corresponde por 20 a 30% do volume de biomassa, gerando 40 e 60% da produção total de metano. Já o potencial de metano da fração de lodo sedimentado é duas vezes maior que a fração mais sólida (AMARAL et al., 2016). Há diferenças no rendimento do biogás entre a biomassa bruta nas diferentes fases de produção de suínos, das quais são

relativas à fase de produção (tipo de alimentação, técnicas de alimentação, etc.), como também à gestão do efluente nas instalações.

Bilotta et al. (2017) destacam que a reutilização de água associada ao aproveitamento da biomassa suína em biodigestores requer o controle de parâmetros físicos e químicos de qualidade. Com o definido pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, dependem da decisão do poder público os direitos uso da água. É estabelecido no Artigo 12, que qualquer lançamento de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final em corpo de água, devem estar alinhados em conforme a autorização do poder público (BRASIL, 1997).

Para atender aos limites de regulação recomendados para reutilização de água não potável, é necessária uma avaliação do uso combinado de desinfecção (BILOTTA et al., 2017). Para isso, em uma estação de tratamento de suínos para reutilização da água, deve-se manter o controle alcalino e radiação ultravioleta, visando adequar o parâmetro sanitário do efluente secundário (BILOTTA et al., 2017).

Heaney et al. (2015) apontam que a contaminação da água, por resíduos fecais de suínos está ligada principalmente às operações de alimentação de animais confinados. À medida que há maior fluxo de chuvas em um ambiente de animais confinados, o limite estabelecido de bactérias (coliformes fecais) na qualidade da água se excedem, prevalecendo até 48 horas, com um maior o fluxo de águas (HEANEY et al., 2015).

No que se refere à contaminação do solo, Risberg et al. (2017) apontam que o processo de digestão anaeróbica, além da geração de energia, a biomassa pode ser usada como fertilizante em terras aráveis, permitindo a recirculação dos nutrientes das plantas e reduzindo assim a necessidade de fertilizantes minerais dependentes de combustíveis fósseis. Há vários macronutrientes, micronutrientes vegetais e componentes orgânicos no digerido, mas que a representatividade depende de muitos fatores, como origem do substrato e do gerenciamento do processo de digestão (RISBERG et al., 2017).

O estrume armazenado gera odor devido à decomposição anaeróbica de proteínas, e o teor de nitrogênio determina o grau de fertilização (MAKARA;

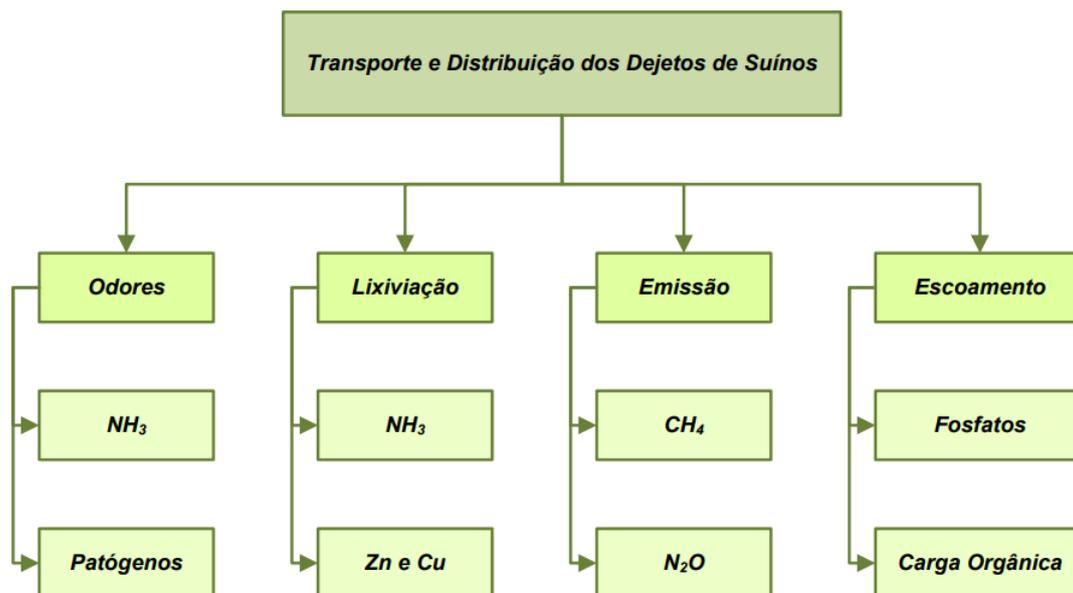
KOWALSKI, 2015). A dispersão de fertilizantes orgânicos em terras aráveis geralmente possui efeitos positivos nas propriedades químicas do solo (RISBERG et al., 2017). No entanto, a biomassa digerida e provinda dos suínos também pode conter metais pesados, diferentes poluentes orgânicos, e resíduos de antibióticos (RISBERG et al., 2017). Assim diferentes fertilizantes gerados pelos efluentes suínos podem induzir efeitos positivos e negativos na comunidade microbiana do solo (RISBERG et al., 2017).

Desse modo, a necessidade considerar o nitrogênio como critério para a aplicação de esterco no solo reside no fato dos adubos nitrogenados possuem elevado custo e são mais poluentes (ZAMPARETTI; GAYA, 2004). Esse tipo de adubo pode ser lixiviado prontamente, devido à ampla mobilidade do nitrato no perfil do solo, ou emitidos para a atmosfera na forma de óxido nitroso (N_2O) ou na forma amônia (NH_3) (ZAMPARETTI; GAYA, 2004). É recomendado que seja realizada a análise do solo para se saber como está a acidez, bem como a composição dos nutrientes que são essenciais para a agricultura e a não contaminação do solo (ZAMPARETTI; GAYA, 2004).

A poluição do ar, decorrente da produção de gases tóxicos dentro das instalações de suínos, pode impactar em fenômenos de poluição atmosférica, devido à emissão de gases do efeito estufa, resultantes dos processos de digestão anaeróbia dos sistemas de armazenamento ou tratamento dos dejetos (GURUNG; OH, 2013; MONDZOZO et al., 2013; SINOTTI, 2005). Esses gases emitidos, desde a fase produtiva dos animais até a geração, manejo e utilização dos dejetos, são: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O) e o nitrogênio (N_2), considerados promotores do efeito estufa e à geração de gases poluentes, como o metano e demais passivos ambientais (GURUNG; OH, 2013; MONDZOZO et al., 2013; SINOTTI, 2005).

A Figura 09, conforme apontada por Oliveira (2003) mostra a estruturação dos principais efeitos que impactam o meio ambiente devido ao manejo inadequado dos dejetos de suínos:

Figura 09 - Riscos ambientais devido ao manejo inadequado dos dejetos



Fonte: Adaptado de Oliveira (2003).

4.3.2 Uso excessivo de fontes não renováveis de energia

De acordo com Betini (2014), é irracional prosseguir com o uso de combustíveis fósseis, devido ao sobreaquecimento do planeta, gerando consequências desastrosas em termos de inundações, perdas de biomas, poluição, derretimento do gelo, causando desastres em todas as dimensões. Desse modo, a busca pela redução das emissões de gases, minimizando os efeitos nocivos ao meio ambiente, tornou-se não apenas como uma obrigação, mas também como fonte de vantagem competitiva (CUNICO; GOUVEA; FREITAS, 2015).

Uma vez que também há a preocupação com o elevado consumo de combustíveis fósseis em atividades agrícolas, sendo necessária a análise do consumo sobre balanço energético na agricultura (CUNICO; GOUVEA; FREITAS, 2015).

- Uso de fonte renovável

O processo de digestão anaeróbica por meio da implementação de biodigestores pode ser considerado um processo interessante. Este processo promove o tratamento de resíduos, gerando energia renovável que pode retornar ao sistema de produção, por meio da conversão da energia química do biogás em energia elétrica ou térmica (NOGUEIRA et al., 2015).

Outro aspecto considerado para o uso da biomassa gerada no processo de criação de suínos é a redução e/ou anulação do uso de fontes não renováveis de energia, como os derivados de petróleo. Nogueira et al. (2015) apontam que a biomassa é considerada uma fonte de energia renovável, pois sua substituição na natureza pode ser feita sem grandes dificuldades, em poucos anos ou até menos, ao contrário dos combustíveis fósseis, que demandam milhares de anos e condições favoráveis.

No Brasil, algumas legislações contemplam a priorização do uso de fontes renováveis, com destaque para a biomassa na geração de energia, como a Lei 13.576 de 26 de dezembro de 2017 que dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências, as Leis 10.848 de (15/03/2004) e 11.097 (de 13/01/2005) citam a biomassa como uma fonte renovável de energia, com ênfase para a substituição do uso de fontes não renováveis, como os combustíveis fósseis (BRASIL, 2004; 2005).

Oliveira (2004) cita os principais resultados esperados com a implantação de biodigestores na questão ambiental: a) substituição do GLP e da lenha, por biogás para aquecimento; b) Substituir o consumo de energias não renováveis por energia renovável (biogás); c) Promover a interação das atividades produtivas na propriedade por meio do manejo dos fluxos de energia e nutrientes; e) Reduzir a emissão de gases de efeito estufa (CH_4); f) Reduzir o uso de fertilizante químico com o uso do biofertilizante; g) Reduzir o nível de odor nas propriedades.

As variáveis apresentadas nesta seção, *Contaminação da água, solo, e ar e Uso de fonte renovável*, embasam a constituição de limites e potencialidades na dimensão ambiental da energia. Com fundamento nas referências utilizadas nesta seção, o Quadro 11 apresenta uma síntese dos principais limites e potencialidades identificados na dimensão ambiental:

Quadro 11 - Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na dimensão ambiental

Limites	Potencialidades
Legislações e licenciamento ambiental Contaminação do meio ambiente Possibilidade de erosão e lixiviação do solo	Redução do uso de combustíveis fósseis Utilização da biomassa suína para geração de energia e fertilizantes Redução da emissão dos gases do efeito estufa Redução de resíduos poluentes ao solo, água e ar

Fonte: Autoria própria (2019).

4.4 DIMENSÃO SOCIAL

Os critérios de nível 1 identificados para a dimensão social envolvem Doenças decorrentes de contaminação e Geração de renda. Ao se trabalhar com esses critérios, é possível garantir um equilíbrio social e ambiental, como redução de possíveis doenças ocorridas pela contaminação do ambiente, bem-estar da comunidade, a combinação de propriedades vizinhas, prática geradora de renda e empregos com a comercialização acessível da energia gerada.

Como subcritérios do nível 2 Prevenção de doenças e conservação da biomassa, Instrução para o trabalho e mercado, que estimulam a partilha de experiências vivenciadas, compartilhamento de conhecimento, capacitação em uma nova atividade e também medidas de prevenção à contaminação de pessoas/animais.

4.4.1 Prevenção de doenças e conservação da biomassa

- Medidas de prevenção à contaminação de pessoas/animais

O destino mais comum do aproveitamento da biomassa suína em todo o mundo é a aplicação da terra, no entanto, os patógenos presentes na biomassa suína podem afetar além da qualidade do solo e da água, a saúde

dos animais e dos seres humanos que trabalham na produção pecuária (VIANCELLI et al., 2013). Essa contaminação pode gerar sérios riscos à saúde humana e de animais que consomem essas águas ou com elas têm contato, podendo adquirir doenças como leptospirose, tuleramia, febre aftosa, hepatite, peste suína clássica, diarreias e gastroenterite (VIANCELLI et al., 2013).

Além do alto conteúdo de sólidos suspensos, matéria orgânica e elevados teores de fósforo e nitrogênio, a biomassa suína possui grandes níveis de populações microbianas (incluindo coliformes totais, *Escherichia coli* e *Salmonella sp.*) e vírus (adenovírus, torque teno vírus, parvovírus e circovírus) (VIANCELLI et al., 2013). Desse modo, é necessário considerar esses microrganismos em uma avaliação da situação para a garantia de biossegurança humana e animal e evitar possíveis contaminações e doenças (VIANCELLI et al., 2013).

A Embrapa (2003) define o termo “biossegurança” como o conjunto de normas e procedimentos direcionados para impedir a entrada de agentes infecciosos (vírus, bactérias, fungos e parasitas) em um rebanho. Também envolve o controle da disseminação entre os diversos setores ou grupos de animais dentro do sistema de produção (EMBRAPA, 2003). A Embrapa (2003) lista as principais medidas preventivas para não contaminação dos suínos por doenças, e que conseqüentemente, podem atingir o ser humano se tratadas de forma incorreta:

Quadro 12 – Manejo de prevenção de doenças em suínos

Continua

Medida preventiva	Ações
Isolamento	Principalmente de outros criatórios ou aglomerados de suínos, de maneira a evitar ao máximo a propagação de doenças
Localização da granja	Escolher um local que esteja distante em, pelo menos, 500m de qualquer outra criação ou abatedouro de suínos e pelo menos 100m de estradas por onde transitam caminhões com suínos. Isto é importante, principalmente, para prevenir a transmissão de agentes infecciosos por via aérea e através de vetores como: roedores, moscas, cães, gatos, aves e animais selvagens.
Acesso	Não permitir o trânsito de pessoas e/ou veículos no local sem prévia autorização. Colocar placa indicativa da existência da granja no caminho de acesso e no portão a indicação "Entrada Proibida". A granja deve ser cercada e a entrada de veículos deve ser proibida, exceto para reformas da granja e, nesses casos, os veículos devem ser desinfetados com produto não corrosivo.
Embarcadouro/ desembarcadouro de suínos	Deve ser construído junto à cerca de isolamento a pelo menos 20m das pocilgas. O deslocamento dos suínos entre as instalações, e das instalações até o embarcadouro (e vice-versa), deve ser feito por corredores de manejo.
Transporte de animais	O transporte de animais deve ser feito em veículos apropriados, preferencialmente de uso exclusivo. Os caminhões devem ser lavados e desinfetados após cada desembarque de animais.
Transporte de rações e insumos	O transporte de insumos e rações deve ser feito com caminhões específicos, preferencialmente do tipo graneleiro. Não usar caminhões que transportam suínos. O descarregamento de rações ou insumos deve ser feito sem entrar no perímetro interno da granja.
Introdução de animais na granja	Introdução de uma doença no rebanho geralmente ocorre por meio da introdução de animais portadores sadios, no processo normal de reposição do plantel. Portanto, deve-se ter cuidados especiais na aquisição desses animais.
Origem dos animais	Adquirir animais e sêmen, para formação do plantel e para reposição somente de granjas com Certificado GRSC (Granja de Reprodutores Suídeos Certificada).
Quarentena	O objetivo da quarentena é evitar a introdução de agentes patogênicos na granja. É realizada através da permanência dos animais em instalação segregada por um período de pelo menos 28 dias antes de introduzi-los no rebanho. O ideal é que a instalação seja longe (mínimo de 500m) do sistema de produção e separada por barreira física (vegetal).
Adaptação	Este período serve para adaptar os animais ao novo sistema de manejo e à microbiota da granja. A falta de imunidade contra os agentes presentes na granja pode levar os animais a adoecerem.
Controle de vetores	A transmissão de doenças por vetores como roedores, moscas, pássaros e mamíferos silvestres e domésticos deve ser evitada ao máximo. Entre as medidas gerais de controle estão: a cerca de isolamento; o destino adequado do lixo, dos animais mortos, de restos de parição e de dejetos; a limpeza e organização da fábrica e depósito de rações e insumos e dos galpões e arredores.

Conclusão

Medida preventiva	Ações
Roedores	O primeiro passo para evitar roedores é criar um ambiente impróprio para a proliferação dos mesmos, ou seja, limpeza e organização, eliminando os resíduos e acondicionando bem a ração e os ingredientes.
Insetos	Para o controle de moscas, recomenda-se o "controle integrado" que envolve medidas mecânicas direcionadas ao destino e tratamento de dejetos, somado ao controle químico ou biológico que eliminam o inseto em alguma fase do seu ciclo de vida.
Destino de animais mortos	Existem várias formas de destino para esse material como a compostagem, a fossa anaeróbia, a incineração.

Fonte: Adaptado de Embrapa (2003).

Fongaro et al. (2016) alertam que não havendo um cuidado com todo o processo de gerenciamento da biomassa, há um risco potencial para a saúde humana. Particularmente, uma variedade de vírus incluindo enterovírus, rotavírus, vírus da hepatite E e circovírus suíno são difundidos nos rebanhos de suínos e excretados nas fezes de suínos causando uma variedade de doenças, desde gastroenterite leve a processos patológicos mais sérios, como hepatite, paralisia ou meningite asséptica (FONGARO et al., 2016).

4.4.2 Instrução para o trabalho e mercado

A atividade de suinocultura brasileira representa o terceiro maior rebanho do mundo, sendo uma atividade que produz alimento, emprega mão-de-obra familiar, gera empregos e renda, sendo um importante instrumento de permanência das pessoas no campo, contribuindo para redução dos problemas sociais decorrentes do êxodo rural (GIROTTI; CHIOCHETTA, 2004). Além da suinocultura ser uma atividade desenvolvida, na maioria, em pequenas propriedades rurais, gera fonte de renda e estabilização social dos agricultores, o aproveitamento da biomassa para fins energéticos também possibilita geração de renda extra na propriedade rural (SILVA; FRANCISCO, 2010). Assim, o aproveitamento da biomassa suína na geração de biogás está entre as atividades do agronegócio com elevado potencial de geração de emprego e renda, tanto para o setor rural quanto para o agroindustrial (FERNANDES, 2012).

Oliveira (2004) aponta que para os suinocultores, o aproveitamento energético da biomassa vem a ser uma alternativa a agregar valor à produção, por ser mais uma fonte de renda; ao governo, como alternativa de recursos em momentos de crise do setor energético; ao meio ambiente devido à redução da poluição. Também o autor aponta que o uso de biodigestores para geração de energia elétrica pode estimular os pequenos suinocultores para um o manejo e tratamento mais adequado dos dejetos dos animais gerados na propriedade.

O Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER (2018) destaca que as alternativas de agroenergia como o biogás e

outras energias de fontes renováveis, são mais adequadas ambientalmente às propriedades familiares por se tratar de fontes renováveis, uma vez que podem ser produzidas em sistemas integrados àqueles de produção já existentes, ou a desenvolver. Desse modo, utilizando-se de fontes energéticas mais baratas e tecnicamente mais ou tão eficientes quanto às fontes tradicionais, possibilita uma melhor rentabilidade das propriedades rurais, viabilizando a inclusão social e o fortalecimento das economias locais e regionais (INSTITUTO PARANAENSE DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 2018).

- Cooperação na estruturação de biodigestores

A produção de energia por meio do biogás em larga escala pode ser facilitada com a cooperação de propriedades vizinhas, formando condomínios agro energéticos, assim há otimização do biogás produzido e na geração de energia (ALMEIDA et al., 2017). Barichello (2015) aponta que a criação de condomínios de agroenergia pode ser uma solução para conciliar escala de produção com escala de consumo. Sendo que a criação destes arranjos produtivos está fortemente associada ao acréscimo na renda dos agricultores, preservação dos recursos naturais, redução das Emissões dos Gases do Efeito Estufa e mudanças no contexto social (BARICHELO, 2015).

Para Urueña-López e Hidalgo-Nuchera (2014) é essencial a interação de organizações em arranjos produtivos para o desenvolvimento do segmento que atuam, sendo possível constatar que, quanto mais tecnológico e moderno o foco do segmento, mais esta interação é necessária para possibilitar um meio inovador. Barichello (2015) destaca que para a concepção de condomínios agroenergéticos, algumas premissas devem ser levadas em consideração, como: conflitos com outros usos do solo, prioridade de desenvolvimento, impactos ambientais, efeito multiplicador de novos empregos, custo das matérias-primas, além do aumento da segurança energética e outros objetivos de desenvolvimento regional.

Como exemplo, nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, há o Projeto Alto Uruguai, que envolve 29 municípios desenvolvido pela Eletrobrás/ Eletrosul para produção e consumo sustentável de energia elétrica (MATHYAS, 2018). Além de integrar as localidades, todos com criação

intensiva de suínos e aves e com organizações sociais estabelecidas, essas eram localidades com elevados índices de exclusão energética (MATHYAS, 2018). Assim, o Projeto foi desenvolvido com o objetivo de utilizar novas fontes de energia alternativa e geração distribuída, permitindo o acesso e a conservação da energia elétrica (MATHYAS, 2018).

O biogás provindo da biomassa suína foi um dos principais focos do projeto, tendo 35 biodigestores instalados, o projeto tem capacidade de alcançar uma produção anual de 605.952 m³/ano de biogás, suficientes para gerar 984.672 kWh/ano de eletricidade (MATHYAS, 2018). Projetos dessa natureza também demonstram viabilidade de transmutar os passivos ambientais do setor agrícola brasileiro em eletricidade e fertilizantes, trabalhando com o compromisso voluntário de diminuir a emissão de gases de efeito estufa no Brasil até 2020 (COIMBRA-ARAÚJO et al., 2014). Mathyas (2018) reforça que esse potencial deve ser aproveitado em projetos que contemplem também a inclusão social.

Particularmente ao Brasil, Coimbra-Araújo et al. (2014) apontam que as instalações do Condomínio Agro energético Brasileiro se tornam promotoras de uma produção rural sustentável para pequenos agricultores, mostrando a viabilidade de transmutar os passivos ambientais do setor agrícola brasileiro em eletricidade e fertilizantes. Além de que a co-geração com biogás em propriedades rurais de agricultura familiar pode ser observada, não apenas pela produção de energia de baixo custo e independência energética, mas também a viabilidade ambiental na geração (COIMBRA-ARAÚJO et al., 2014).

As variáveis abordadas nesta seção que se referem a *Medidas de prevenção à contaminação pessoas/animais* e *Cooperação na estruturação de biodigestores* contribuem para a constituição de limites e potencialidades na dimensão social da energia. Segundo as referências utilizadas nesta seção, o Quadro 13 apresenta uma síntese dos principais limites e potencialidades identificados na dimensão social:

Quadro 13 - Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na dimensão social

Limites	Potencialidades
Doenças causadas pelo mau acondicionamento da biomassa Qualificação para desempenho da atividade	Geração de emprego e renda Redução do êxodo rural Compartilhamento de experiências Apoio à agricultura familiar Biossegurança humana e animal

Fonte: Autoria própria (2019).

4.5 DIMENSÃO TECNOLÓGICA

O critério de nível 1 identificado para a dimensão tecnológica envolve completamente a Eficiência energética. O aperfeiçoamento tecnológico viabiliza a criação de sistemas de geração de energia mais eficientes, que facilitam manejo de dejetos, aperfeiçoamento de técnicas de condução do processo e que promovendo também a evolução de tecnologias.

Já os subcritérios do nível 2 para a dimensão tecnológica se referem a análise de viabilidade e otimização dos recursos e sistemas de manejo de dejetos e de gestão.

4.5.1 Análise de viabilidade e otimização dos recursos

A tecnologia de digestão anaeróbica em biodigestores possibilita o combate da poluição gerada pela suinocultura, e paralelamente agrega valor as propriedades rurais (BARICHELLO, 2015). A viabilidade e otimização dos recursos são desenvolvidos a partir de tecnologias-chave, que se referem às tecnologias já estabelecidas, em desenvolvimento ou ainda emergentes que devem ser incorporadas assegurando o desenvolvimento e a competitividade do setor de energia (SENAI, 2017). Porém, ainda é perceptível o baixo investimento em tecnologia, sendo considerada uma das barreiras que necessitam ser superadas para que o estado do Paraná se torne reconhecido

como um modelo de eficiência energética para a competitividade no setor de energia (SENAI, 2017).

- Evolução de tecnologia em biodigestores

A tecnologia do processo de aproveitamento da biomassa suína passou por muitas fases e obteve grandes avanços desde o seu início de uso no país. O primeiro biodigestor modelo chinês foi instalado na Granja do Torto em Brasília em 1979, devido à uma crise resultante dos preços do petróleo (CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS - BIOGÁS, 2016). De acordo com Bley Júnior (2015), os grandes erros da operacionalização dos biodigestores estavam na falta de cuidado com a biomassa e o emprego de materiais inadequados na sua construção.

Já na década de 1980, com o avanço da legislação ambiental no Brasil, a biodigestão anaeróbica começou a integrar sistemas e ganhar espaço nos sistemas produtivos da agropecuária, como na forma de lagoas anaeróbicas, seguidas de lagoas facultativas (BLEY JÚNIOR, 2015). Na década de 1990, com a realização da Conferência Rio-92, e iniciativas o pacto global para a redução de emissões de gases de efeito estufa o gás metano, principal componente do biogás, que é 21 vezes mais poluente do que o equivalente gás carbônico, ganhou destaque. Desse modo, foi considerada que a destruição do gás metano poderia ocorrer por queima do biogás, ou poderia ter uso para a conversão em energia. Assim, devida a complexidade do uso do biogás para a geração de energia, estabeleceu-se a solução de simples queima em *flares* como o caminho mais fácil (BLEY JÚNIOR, 2015).

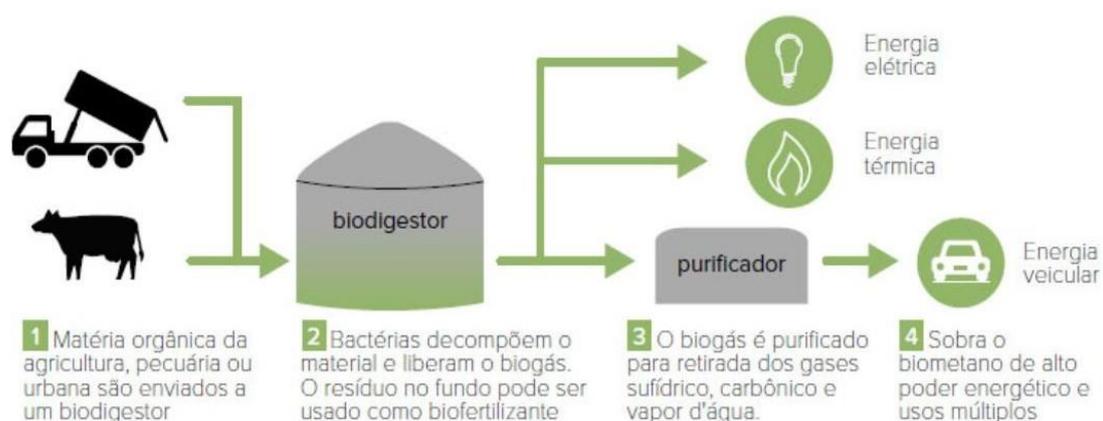
Também nessa época, várias instituições surgiram no mercado brasileiro “comprando” créditos antecipados, e os trocando por biodigestores, como os potenciais produtores principalmente de suínos, que por sua vez encontravam nesta transação financeira, uma alternativa para solucionar os seus problemas ambientais. Tal realidade seguiu ao longo da década, tendo declínio junto com a política do Protocolo de *Kioto* e do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (BLEY JÚNIOR, 2015). Pois o conceito de que para obter créditos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo bastava queimar o biogás gerado, era equivocado (CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS

RENOVÁVEIS, 2016). Ribeiro (2013) aponta que nesta situação, uma significativa parcela de biodigestores implantados no país, foi viabilizada pelos créditos de carbono no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

Recentemente, a utilização de biodigestores para a produção de biogás voltou a ser discutida no Brasil, estimulados aos projetos para a busca pela sustentabilidade e de empresas que buscam melhorias ambientais. Aliado ao grande potencial de produção do Brasil, instituições de governo, de empresas brasileiras e internacionais e centros de pesquisa e desenvolvimento voltaram sua atenção para essa fonte de energia, gerando várias iniciativas de inseri-la definitivamente na matriz energética nacional (CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2016).

O biodigestor é um tanque protegido do contato com o ar atmosférico, onde a matéria orgânica é metabolizada por bactérias anaeróbias (SILVA; FRANCISCO, 2016). Dentro do biodigestor, a matéria orgânica entra em decomposição anaeróbica, liberando gases e é convertida em outro resíduo chamado de material digerido, que pode ser líquido ou sólido, dependendo da tecnologia e do tipo de matéria orgânica (*SMART ENERGY PARANÁ*, 2019). Nesse ambiente é possível obter subprodutos como o biogás, o biofertilizante e um efluente mineralizado. O processo de digestão anaeróbia envolve um complexo de cultura mista de microrganismos e produzir metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e material celular (SILVA; FRANCISCO, 2016). A Figura 10 ilustra esse processo:

Figura 10 – Processo de transformação do biogás



Fonte: Adaptado de *Smart Energy* (2018).

Bley Júnior (2015) aponta que o uso da tecnologia de biodigestores envolve um grande avanço e evolução da atual realidade do produtor rural e consumidor de energia. Uma vez quando são instalados pequenos geradores, a partir de biodigestão, começa-se a produzir energia suficiente para abastecer a propriedade e ainda comercializar excedentes para as redes de distribuição, todo um modelo de energia começa a mudar (BLEY JÚNIOR, 2015). Além dos aspectos de saneamento e geração de energia (térmica e elétrica), além de estimularem a reciclagem orgânica e de nutrientes. Com aproveitamento energético nos sistemas de produção de suínos e aves, em aquecimento, iluminação, geradores de energia elétrica e em motores para transporte de resíduos e do biofertilizante (SILVA; FRANCISCO, 2016).

4.5.2 Sistemas de manejo de dejetos e de gestão

- Parcerias tecnológicas

Silva e Francisco (2016) consideram como uma forte característica da proposta do agronegócio, o foco nos fornecedores de bens e serviços para os produtores rurais, os processadores, os transformadores e distribuidores e todos os envolvidos na geração e fluxo dos produtos de origem agrícola até o

consumidor final da cadeia. Também outra importante característica citada pelos autores é que o agronegócio proporciona, a curto e médio prazo, grandes resultados, devido à troca de conhecimentos e teorias.

O contato com outras propriedades e organizações proporciona ao proprietário de biodigestores evolução com o aprendizado e conhecimento de novas técnicas (CUNICO; GOUVEA; FREITAS, 2015). Ademais, a coletividade nesse processo se torna quase necessária, devido aos custos de investimentos e as parcerias necessárias para a consolidação e efetivação da atividade. Com apontam Avaci et al. (2013) que a produção de biogás só é economicamente viável se direcionada coletivamente para o pagamento de créditos energéticos (AVACI et al., 2013). Como exemplo, pode-se citar a planta do Consórcio Verde Brasil que possui um posto de abastecimento de biometano para os veículos de frota em que são abastecidos, veículos leves dos sócios agricultores e também terceiros (CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2016).

Outro exemplo seria a implantação do Condomínio de Agroenergia Ajuricaba, implantado como referência pela ITAIPU Binacional em Marechal Cândido Rondon/PR, do qual teve como objetivo viabilizar 33 propriedades de agricultura familiar existentes na região (BLEY JÚNIOR, 2015). Esse grupo teve a instalação de um biodigestor em cada propriedade e a construção de um gasoduto para conectar e transportar o biogás produzido nos biodigestores (BLEY JÚNIOR, 2015).

A solução gasoduto foi de singular importância para produtores rurais que agora será possível gerar biogás, mesmo que em escala inviável economicamente, já do perfil de agricultura familiar e mesmo para integrações cooperativadas, com propriedades distribuídas em espaços relativamente próximos ou concentrados (BLEY JÚNIOR, 2015). Assim, os produtores rurais podem estabelecer associações e interligar seus gasodutos a uma só central geradora de energia.

Deste modo, podem-se citar algumas alternativas para ações que viabilizem o destino da energia gerada, como: a venda do biogás entre propriedades vizinhas por meio de canalização, a propriedade autosuficiente com a geração de energia sem conexão com a rede, no ciclo motor-casa-gerador, venda para a companhia de energia elétrica, em que há dois relógios

de monitoramento de consumo, e o excente é direcionado para a rede, gerando os créditos, outra alternativa também seria a comercialização do gás para uso veicular, porém ainda este mercado está incipiente no país.

As variáveis discutidas nesta seção que se referem à *Evolução de tecnologia em biodigestores e Parcerias tecnológicas de biodigestores* contribuem para a constituição de limites e potencialidades na dimensão tecnológica. Com base nas referências utilizadas nesta seção, o Quadro 14 apresenta uma síntese dos principais limites e potencialidades identificados na dimensão tecnológica:

Quadro 14 - Síntese dos principais limites e potencialidades identificados na dimensão tecnológica

Limites	Potencialidades
Ausência de informações iniciais	Evolução contínua da tecnologia
Desinteresse para parcerias	Compartilhamento de experiências
Limitações de instrução técnica	Expansão do uso de biodigestores
Elevado custo inicial da tecnologia de biodigestores	Economia e aproveitamento da tecnologia
Oscilação da produção	Apoio tecnológico de grandes organizações
	Abertura para desenvolvimento tecnológico

Fonte: Autoria própria (2019).

4.6 ANÁLISE SWOT: LIMITES E POTENCIALIDADES EM BIOENERGIA

A análise dos limites e potencialidades, identificados nesta pesquisa, possibilita listar aspectos que são imprescindíveis na determinação de políticas públicas. A Matriz SWOT, representada na Figura 11, ilustra e resume os principais resultados desta pesquisa sobre o uso da biomassa suína para a geração de energia, a serem estabelecidas ações em políticas públicas que desenvolvam e estimulem o uso dessa fonte de energia:

Figura 11 – Matriz SWOT para proposição de políticas públicas em biomassa suína

POTENCIALIDADES	PONTOS FORTES	PONTOS FRACOS	LIMITES
	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração e aperfeiçoamento de políticas públicas - Economia de escala - Apoio do Estado 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de recursos para financiamento e subsídios - Resistência para mudança 	
	OPORTUNIDADES	AMEAÇAS	
	<ul style="list-style-type: none"> - Bem-comum da sociedade - Apoio de organizações - Prevenção de doenças e conservação da biomassa - Comercialização da energia - Análise de viabilidade e otimização dos recursos - Desenvolvimento de sistemas de manejo de dejetos e de gestão 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso excessivo de fontes não renováveis de energia - Resistência para a instrução para o trabalho e mercado 	

Fonte: Autoria própria (2019).

Como Kotler e Keller (2006) apontam, a avaliação do ambiente possibilita o reconhecimento dos aspectos fundamentais para monitoramento e ações, com base nos acontecimentos ou tendências do ambiente. Assim, as informações geradas pelo estudo no ambiente permitem à organização identificar necessidades, nichos para atuação, oportunidades para oferecer produtos e serviços, tendências de comportamentos em ascensão ou declínio (MAXIMIANO, 2006).

A Matriz SWOT apresentada na Figura 11 representa um cenário a ser considerado pelo poder público diante do estabelecimento de políticas públicas que impactam em diferentes esferas da sociedade e meio ambiente. Os aspectos listados somados às variáveis indicam quais ações mais prementes de ação, como a minimização dos aspectos limitantes, de efeito negativo, e desenvolvimento dos aspectos potenciais, de efeito positivo.

Verifica-se que os limites identificados representam em quantidade, um número inferior ao de potencialidades, porém o grande entrave que estes limites podem gerar e interferir negativamente no estabelecimento de políticas públicas no aumento do uso da biomassa suína como fonte energética é muito significativo. Com destaque para a resistência para mudança, pois se percebe grande dificuldade de inicialização por parte de produtores para se investir em

sistemas tecnológicos, como biodigestores, que demandam elevado investimento, com impacto indireto na produção de suínos e retorno a longo prazo. Dessa maneira, faz-se necessário ainda mais um suporte financeiro, para que haja o estímulo e o interesse para produtores rurais em implementar o uso de biodigestores, aliado à financiamentos e/ou subsídios, possibilitando o compartilhamento de responsabilidades e maior segurança financeira para implementação e uso desta tecnologia.

Outro desafio que compromete o desenvolvimento do aproveitamento energético por meio da biomassa suína é o uso excessivo de fontes não renováveis de energia, como o petróleo e o gás liquefeito de petróleo. Muitas vezes, estão atrelados a contratos de investimentos de grandes companhias privadas para determinada região. Também a falta de conscientização da sociedade por meios alternativos que não utilizem fontes não renováveis de energia para o processo produtivo, ainda é um grande desafio, por ser mais frequentemente ainda mais custoso e menos prático, devido à pouca usabilidade pela população.

Ademais a resistência da instrução para o trabalho e mercado, também pode ser visualizada como uma grande barreira para o desenvolvimento da biomassa suína como fonte energética. Devido à necessidade de readequação da atividade pecuária na propriedade rural, o novo tipo de negociação de um novo “produto” gerado, a atenção com o meio ambiente e saúde, podendo surgir uma resistência para a implementação e uso de biodigestores, antes mesmo do entendimento dos benefícios que esta tecnologia pode proporcionar. Além de que a prática de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo necessitam de certificação, aumento o custo e gerando uma baixa na margem de venda da energia.

No que se refere às potencialidades, uma contribuição fundamental do uso da bioenergia é na elaboração e aperfeiçoamento de políticas públicas, tanto as voltadas para uso da biomassa como fonte energética, como para as demais fontes de energia renováveis, como a solar e eólica. Ao contínuo melhoramento destas políticas, é possível que o Estado atenda da melhor forma a população, e contribua para a redução dos impactos negativos ao meio ambiente decorrentes do uso de fontes energéticas não renováveis. O apoio do Estado abre maior espaço para a atenção e discussão das fontes renováveis

de energia, bem como ações se tornam muito mais viáveis de execução, haja vista a liderança e o protagonismo do Estado na implementação de meios mais sustentáveis também de desenvolvimento ambiental e social.

Ao se realizar ações direcionadas para benefício social e ambiental, também são possíveis ações de benefício econômico, como a geração de energia e aproveitamento de recursos por meio da economia de escala. Uma vez que o Estado tenha despendido recursos para a implementação de estruturas que viabilizem o uso da biomassa suína para geração de energia, tais recursos podem e/ou devem ser compartilhados coletivamente, possibilitando uma maior aproveitamento e redução de todos os tipos de custos fixos que possam incorrer.

Essas ações, que partem como pontos fortes para proposição de políticas públicas em bioenergia, viabilizam as oportunidades listadas, pois estão direcionadas para: o bem-comum da sociedade, aumentam a atenção de outras entidades e organizações que compartilham dos mesmos ideias e oferecem apoio, também há a prevenção de doenças e conservação da biomassa, há comercialização da energia e geração de renda, há otimização dos recursos, e também há o constante desenvolvimento de sistemas de manejo de dejetos e de gestão desse tipo de resíduo sólido.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar os resultados obtidos diante da definição das variáveis relevantes na proposição de políticas públicas para o uso da biomassa suína como fonte energética, percebeu-se a elevada interdependência das dimensões entre si. Urueña-López e Hidalgo-Nuchera (2014) apontam a importância de uma interação para o desenvolvimento de um processo, pois quanto mais tecnológica a atividade, mais é necessária esta interação para viabilizar um resultado positivo.

Por isso, não se desenvolve uma política pública sem a integração das diversas variáveis em todas as dimensões da energia, e além disso, há a profunda primordialidade de se trabalhar com as potencialidades e limites na cadeia de aproveitamento dos resíduos de suínos (BLEY JÚNOR; 2015; LOPES, 2016). É esta análise fundamental para que decisores políticos desenvolvam medidas efetivas para impulsionar a expansão dessa fonte energética por meio de políticas públicas.

A partir dos artigos selecionados, é notável o destaque de algumas dimensões nos trabalhos em detrimento a outras no que se refere ao uso da biomassa suína para aproveitamento energético (CHERUBINI et al., 2015; FERNANDES, 2012). Pois as dimensões ambiental, tecnológica e econômica são as mais citadas em todos os dez artigos analisados. Entretanto, é perceptível a grande importância das outras duas dimensões, social e institucional, que não eram tão presentes claramente nos trabalhos analisados, mas que são consideradas essenciais para a temática de aproveitamento energético e também para as demais dimensões da energia. Mostrando, sob este aspecto, a profunda interligação e interdependência dessas cinco dimensões da energia .

A relevância do tema abordado se traduz na sinalização dos benefícios do aproveitamento de resíduos de modo a os reinserir no processo produtivo, possibilitando benefícios para a sociedade e meio ambiente, como apontados nesta pesquisa. Podem-se citar algumas limitações a serem desafiadas e trabalhadas para a minimização da interferência no uso da biomassa suína para o aproveitamento energético,

como a ausência de informações iniciais, o elevado custo inicial da tecnologia de biodigestores, monitoramento da prática das leis, elevados custos de implantação, possibilidade de doenças, prevenção da contaminação do meio ambiente por meio de políticas públicas, das quais, a partir das limitações, possam ser desenvolvidas ações que garantam a coletividade e bem-comum de medidas, conforme o perfil dessas limitações.

Vale ressaltar as limitações identificadas que envolvem, com destaque para: a resistência para mudança, devido à dificuldade de inicialização por parte de produtores e a essencialidade do suporte financeiro, para que haja o estímulo à atividade, o uso contínuo e excessivo de fontes não renováveis de energia, a falta de conscientização da sociedade para uso de fontes não renováveis de energia, a resistência da instrução para o trabalho e mercado, devido à necessidade de readequação da atividade pecuária na propriedade rural, além da resistência para este processo, antes mesmo do entendimento dos benefícios que esta tecnologia pode proporcionar.

Assim, direcionam-se meios para o estabelecimento de políticas públicas visando ações mais críticas e prementes na questão do aproveitamento energético da biomassa. Pelo fato da biomassa ser uma fonte energética renovável, que possui grande flexibilidade, elevada eficiência tecnológica, a sua utilização no sistema produtivo contribui para o atendimento da demanda energética e para um impacto positivo ao meio ambiente. Desse modo, a análise de proposição de políticas públicas que contemplem ações direcionadas a estes aspectos, com um olhar mais crítico sobre o atual modelo de economia, o consumo excessivo de bens não renováveis ou reaproveitáveis, o descontrole da poluição ao meio ambiente, entre outros, contribuem para combater e minimizar os impactos negativos de uma forma mais ampla e efetiva.

Em relação às variáveis analisadas, do total das 16, foram listadas por resultado 19 aspectos limitantes e 24 aspectos potenciais para o uso da biomassa como fonte energética. As variáveis que resultaram em aspectos limitantes e potenciais são: *Políticas públicas que englobam biodigestores no Estado, Benefício comum para todos os atores, Entidades e organizações representativas, Mercado de energia, Subsídio e*

investimentos, Retorno de investimento a médio e longo prazo, Compartilhamento de recursos, Parceria para fornecedores e compradores, Contaminação da água, Impacto no solo, Poluição do ar, Uso de fonte renovável, Medidas de prevenção à contaminação pessoas/animais, Cooperação na estruturação de biodigestores, Evolução de tecnologia em biodigestores e Parcerias tecnológicas.

Estas variáveis expressam os principais direcionamentos a serem considerados para a abordagem de políticas públicas em bioenergia, traduzindo de início, os pontos de maior destaque e atenção dos decisores políticos para ações construtivas em geração de energia a partir da biomassa suína. Dessa forma, vale a sinalização de quais os principais aspectos a serem trabalhados em políticas públicas por parte dos Estados e governos, em razão de que se referem a instrumentos relevantes para a constituição efetiva e sustentável da matriz energética nacional.

Além das variáveis, os aspectos limitantes e os potenciais descrevem detalhadamente a situação crítica ou favorável dentro de cada dimensão para uma medida a se fazer evolutiva no contexto da biomassa suína como fonte energética. Os aspectos limitantes de destaque são: *Contaminação do meio ambiente, Possibilidade de doenças, Elevados custos de implantação, Limitação de recursos públicos e Limitações de instrução técnica*, pois se referem a aspectos que se tornam uma entrave para qualquer movimento de desenvolvimento de políticas públicas, impossibilitando o desenvolvimento dos demais. Já os aspectos potenciais de destaque são: *Evolução contínua da tecnologia, Aperfeiçoamento e fortalecimento de políticas públicas, Renda extra ao produtor, Apoio à agricultura familiar e Redução do uso de combustíveis fósseis*, visto que podem ser considerados como os primeiros aspectos a impactar positivamente para qualquer ação tomada, bem como a importância central destes aspectos nas dimensões da energia.

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, podem-se sugerir diversos trabalhos que atendam investigações de diferentes naturezas, como: a validação das variáveis por especialistas ligados diretamente ao manejo e aproveitamento da biomassa suína para a geração de energia; o desenvolvimento de cada limite e potencialidade identificados neste

trabalho em uma pesquisa bibliográfica; a identificação em um estudo de caso para um município ou estado específico diante dos limites e potencialidades para a geração de energia utilizando a biomassa suína. Também, por sugestão de modelo de negócio, têm-se os geradores em propriedades rurais, sob um contrato com demais organizações, exercer a atividade de geração do biogás e assim, adquirir percentuais de lucros a somar na renda da propriedade rural.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Agência Nacional de Energia Elétrica: Brasília, p.153, 2002.

ALMEIDA, Adriana Ripka de. **Indicadores energéticos**: instrumentos de apoio ao desenvolvimento sustentável. 2016. 131 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

ALMEIDA, Claudinei de; BARICCATTI, Reinaldo Aparecido; FRARE, Laercio Mantovani; NOGUEIRA, Carlos Eduardo Camargo; MONDARDO, Andrei Antônio; CONTINI, Leonardo; GOMES, Gláucio José; ROVARIS, Solles Augusto; SANTOS, Kenia Gabriela dos; MARQUES, Felipe. Analysis of the socio-economic feasibility of the implementation of an agroenergy condominium in western Paraná – Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Colorado, v. 75, p. 601–608, 2017.

AMARAL, André Cestonaro do; KUNZ, Airton; STEINMETZ, Ricardo Luis Radis; SCUSSIATO, Lucas Antunes; TÁPPARO, Deisi Cristina; GASPARETO, Taís Carla. Influence of solid liquid separation strategy on biogas yield from a stratified swine production system. **Journal of Environmental Management**, v. 168, p. 229-235, 2016.

ANDRADE, Thales Novaes de; LORENZI, Bruno Rossi. Política energética e agentes científicos: o caso das pesquisas em células a combustível no Brasil. **Revista Sociedade e Estado**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 727-747, 2015.

ANDREA, M. C. S.; TIEPPO, R. C.; GIMENEZ, L. M.; POVH, F. P.; KATSMAN, T. J.; ROMANELLI, T. L. Energy demand in agricultural biomass production in Parana state, Brazil. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, Beijing, Special issue, p. 43–52, 2014.

ANDREWS, Deborah. The circular economy, design thinking and education for sustainability. **Local Economy**, Londres, v. 30, n. 3, p. 305–315, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO BIOGÁS E DO BIOMETANO (Abiogás). **Missão, Visão e Valores**. Disponível em: <<https://www.abiogas.org.br/missao-visao-valores>>. Acesso em: 11Jan. 2019.

AVACI, AngelicaBuzinaro; SOUZA, Samuel Nelson Melegari de; WERNCKE, Ivan; CHAVES, Luiz Inácio. Financial economic scenario for the microgeneration of electric energy from swine culture-originated biogas. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Colorado, v. 25, p. 272–276, 2013.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2006.

BARICHELO, Rodrigo. **Concepção de condomínios de agroenergia: análise e proposta de metodologia para aplicação em áreas de concentração da suinocultura**. 231 p. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção), UFSC, 2015.

BERNDES, Göran; SMITH, C. International Energy Agency. **Tattersall Biomass. Feedstocks for Energy Markets - Research report**. France, 18 p., 2013.

BETINI, Roberto Cesar. Estratégias de Pesquisa e Desenvolvimento para a Redução do uso de Combustíveis Fósseis. In: PEREIRA, Thulio Cícero Guimarães (Org). **Energias renováveis: políticas públicas e planejamento energético**. Curitiba: COPEL, p. 100-114, 2014.

BIASI, Carlos Antônio Ferraro; MARIANI, Leidiane Ferronato; PICINATTO, Abner Geraldo; ZANK, João Carlos Christmann. **Energias renováveis na área rural da região sul do Brasil**. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2018.

BIDART, Christian; FRÖHLING, Magnus; SCHULTMANN, Frank. Livestock manure and crop residue for energy generation: Macro-assessment at a national scale. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Colorado, v. 38, p.537–550, 2014.

BILOTTA, Patrícia; STEINMETZ, Ricardo Luiz Radis; KUNZ, Airton; MORES, Rubia. Swine effluent post-treatment by alkaline control and UV radiation combined for water reuse. **Journal of Cleaner Production**, Knoxville, v.140, p.1247-1254, 2017.

BIOMASSA E BIOENERGIA. **Agropecuária contribui para Brasil cumprir metas climáticas**. Disponível em:

<<https://www.biomassabioenergia.com.br/imprensa/agropecuaria-contribui-para-brasil-cumprir-metas-climaticas/20181018-134859-S937>>. Acesso em: 03 Dez. 2018.

BIOMASSA E BIOENERGIA. **Mercado de energia global ultrapassa marca de US\$ 241 bilhões no ano**. Disponível em:

<<https://www.biomassabioenergia.com.br/imprensa/mercado-de-energia-global-ultrapassa-marca-de-us-241-bilhoes-no-ano/20181214-151916-l283>>. Acesso em: 03 Dez. 2018b.

BIOMASSA E BIOENERGIA. **Brasil pode reduzir uso do diesel com produção de biogás, diz associação**. Disponível em:

<<https://www.biomassabioenergia.com.br/imprensa/brasil-pode-reduzir-uso-do-diesel-com-producao-de-biogas-diz-associacao/20181101-084833-A606>>. Acesso em: 04 Dez. 2018c.

BLEY JÚNIOR, Cícero. **Biogás: a Energia Invisível**. São Paulo: CIBiogás; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2ª ed., 2015.

BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é, o que não é**. São Paulo: Vozes, 2012.

BONFANTE, Talía Manceira. **Análise da viabilidade econômica de projetos que visam à instalação de biodigestores para o tratamento de resíduos da suinocultura sob ópticas do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e geração de energia**. 175 p. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Administração, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2010.

BRANDELET, Benoît; et al, Investigation of the organic carbon ratio analysis on particles from biomass combustion and its evolution in three generations of firewood stoves. **Biomass and Bioenergy**, New York, v. 99, p. 106-115, 2017.

BRASIL. LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**, 1981.

_____. Lei 9.427 de 26-12-1996. **Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências**, 1996.

_____. Lei 9.478 de 06-08-1997. **Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências**, 1997.

_____. Lei 9.648 de 27-05-1998. **Dispõe sobre a remuneração legal do investimento dos concessionários de serviços públicos de energia elétrica, e dá outras providências**, 1998.

_____. Lei 9.991 de 24-07-2000. **Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências**, 2000.

_____. Lei 10.762 de 11-11-2003. **Dispõe sobre a criação do Programa Emergencial e, Excepcional de Apoio às Concessionárias de Serviços Públicos de Distribuição de, Energia Elétrica, altera as Leis nos 8.631, de 4 de março de 1993, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências**, 2003.

_____. Lei 10.848 de 15-03-2004. **Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nos 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências**, 2004.

_____. Lei 11.097 de 13-01-2005. **Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética, brasileira; altera as Leis nos 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências**, 2005.

_____. Ministério de Minas e Energia (MME). **Plano Nacional de Energia 2030** / Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética: Brasília: MME:EPE, 2007.

_____. Lei 12.111 de 09-12-2009. **Dispõe Sobre Os Serviços De Energia Elétrica Nos Sistemas Isolados; Altera As Leis N°S 9.991, De 24 De Julho De 2000, 9.074, De 7 De Julho De 1995, 9.427, De 26 De Dezembro De 1996, E 10.848, De 15 De Março De 2004; Revoga Dispositivos Das Leis N°S 8.631, De 4 De Março De 1993, 9.648, De 27 De Maio De 1998, E 10.833, De 29 De Dezembro De 2003; E Dá Outras Providências**, 2009.

_____. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências, 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 01 Jul. 2017.

_____. Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997. **Lei nº 12.490, de 16 de setembro de 2011**. Conversão da Medida Provisória nº 532, de 2011. Altera as Leis nos 9.478, de 6 de agosto de 1997 (...) e dá outras providências, 2011. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12490.htm#art1>. Acesso em: 01 Jul. 2017.

_____. Lei 12.783 de 11-01-2013. **Dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais e sobre a modicidade tarifária; altera as Leis nºs 10.438, de 26 de abril de 2002, 12.111, de 9 de dezembro de 2009, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e 10.848, de 15 de março de 2004; revoga dispositivo da Lei nº 8.631, de 4 de março de 1993; e dá outras providências**, 2013.

_____. Lei_n_13.203-2015. **Dispõe sobre a repactuação do risco hidrológico de geração de energia elétrica; institui a bonificação pela outorga**, 2015.

_____. Lei_n_13.360-2016. **Altera a Lei nº 5.655, de 20 de maio de 1971, a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, a Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, a Lei nº 12.111, de 9 de dezembro de 2009, a Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013, 2016a.**

_____. Lei_n_13.299-2016. **Altera a Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, a Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, a Lei nº 12.111, de 9 de dezembro de 2009, a Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013, que dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, e a Lei nº 13.182, de 3 de novembro de 2015; e dá outras providências**, 2016b.

_____. Lei_n_13.576-2017. **Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências**, 2017.

_____. **Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://sinir.gov.br/web/guest/2.5-planos-municipais-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 19 Mar. 2018.

_____. Lei 9.433, de 08-01-1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a**

Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, 1997.

_____. **Propostas das Instituições Presentes na Reunião de Construção do Renovabio Biocombustíveis Biogás e Biometano**, 2015.

Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/7948692/COLABORADORES+DIVERSOS_Propostas+para+Biog%C3%A1s+e+Biometano.pdf/1eb097ab2ba34fe192e81788b878d3c2;jsessionid=AC802B166C93389BED1AB445EAB7CD10.srv155>. Acesso em: 04 Jan. 2019.

_____. **Acordo de Paris**, Ministério do Meio Ambiente, 2019. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 22 Mar. 2019.

BÜHRING, Gladis Maria Backes; SILVEIRA, Vicente Celestino Pires. Biogas originated from residual biomass in ecosystem services. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.13, n. 4, p. 1-13, 2018.

CABEZA, Luisa F.; PALACIOS, Anabel; SERRANO, Susana; ÜRGE-VORSATZ, Diana; BARRENECHE, Camila. Comparison of past projections of global and regional primary and final energy consumption with historical data. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Colorado, v. 82, p. 681–688, 2018.

CARDOSO, Bárbara Françoise; OYAMADA, Graciela Cristine; SILVA, Carlos Magno da. Produção, Tratamento e Uso dos Dejetos Suínos no Brasil. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí, v. 13, n. 32, p. 127-145, 2015.

CESARETTI, M. DE A. **Análise comparativa entre fontes de geração elétrica segundo critérios socioambientais e econômicos**. Dissertação de Mestrado, UFABC, São Carlos, 2010.

CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS - BIOGÁS (CIBiogás). **Relatório do grupo AD HOC de biocombustíveis do mercosul (GAHB) sobre biogás e biometano**. Foz do Iguaçu: CIBiogás Editora, 2016.

CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS - BIOGÁS (CIBiogás). **Quem somos**. Disponível em: <<https://cibiogas.org/>>. Acesso em: 11 Jan. 2019.

CHERUBINI, Edivan; ZANGHELINI, Guilherme Marcelo; ALVARENGA, Rodrigo Augusto Freitas; FRANCO, Davide; SOARES, Sebastião Roberto. Life cycle assessment of swine production in Brazil: a comparison of four manure management systems. **Journal of Cleaner Production**, Knoxville, v. 87 p.68-77, 2015.

COIMBRA-ARAÚJO, Carlos H.; MARIANE, Leidiane; BLEY JÚNIOR, Cicero; FRIGO, Elisandro Pires; FRIGO, Michelle Sato; ARAÚJO, Izabela Regina Costa; ALVES, Helton José. Brazilian case study for biogas energy: Production of

electric power, heat and automotive energy in condominiums of agroenergy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Colorado, v. 40, p. 826-839, 2014.

COMPANHIA PARANAENSE DE GÁS (COMPAGAS). **Compagas discute futuro do mercado energético durante conferência internacional, 2017**. Disponível em: <<http://www.compagas.com.br/index.php/noticias-rodape/630-compagas-discute-futuro-do-mercado-energetico-durante-conferencia-internacional/>>. Acesso em: 03 Jan. 2019.

CORTEZ, Luís Augusto Barbosa; LORA, Electo Eduardo Silva; AYARZA, Juan Arturo Castañeda. Biomassa no Brasil e no Mundo. In: CORTEZ, Luís Augusto Barbosa; LORA, Electo Eduardo Silva, GÓMEZ, Edgardo Olivares. **Biomassa para energia**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008.

CUNICO, Eliana; GOUVEA, Josiane Barbosa; FREITAS, Wesley Ricardo de S. Ecoinovação: Implementação da Tecnologia de Biodigestores com Desempenho Ambiental. **Ciências Sociais Aplicadas em Revista**, Cascavel, v.15, n. 28, p. 108-127, 2015.

CUTCLIFFE, Stephen H. La emergencia de CTS como campo académico. In: _____. **Ideas, máquinas y valores: los estudios de ciencia, tecnología y sociedad**. México: Universidade Nacional Autônoma do México, 2003. p. 07-24.

D'AMATO, D.; DROSTE, N.; KETTUNEN, M.; LÄHTINEN, K.; KORHONEN, J.; LESKINEN, P.; B. D. MATTHIES; TOPPINENA, A. Green, circular, bioeconomy: A comparative analysis of sustainability avenues. **Journal of Cleaner Production**, Knoxville, v. 168 p. 716-734, 2017.

DUPONT, Fabrício Hoff; GRASSI, Fernando; ROMITT, Leonardo. Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n.1, p. 70-81, 2015.

DYE, Thomas R. **Understanding public policy**. 13 ed. USA: Pearson Education, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Produção Suínos. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/SP/suinos/biosseguranca.html>>. Acesso em: 27 Dez. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Rede Biogás Fert. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/biogasfert/#rede>>. Acesso em: 05 Ago. 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balço Energético Nacional 2017, Relatório Síntese, ano base 2016**, 61 p. Disponível em:

<https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf>. Acesso em: 31 Mar. 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Série recursos energéticos nota técnica dea 15/14 inventário energético de resíduos rurais**. Ministério de Minas e Energia (Governo Federal), p. 51, 2014.

FAIRLEY, Peter. The energy matrix. **Nature**, New York, v. 551, p. 150-152, 2017.

FEENBERG, Andrew. **Do Essencialismo ao Construtivismo**: a Filosofia da Tecnologia em uma Encruzilhada. Trad. Newton Ramos-de-Oliveira [Título original: "From essentialism to constructivism: The Philosophy of Technology at the crossroads"]. S. l.: S. n., p. 01-60, 2010.

FERNANDES, Dangelia Maria. **Biomassa e Biogás da Suinocultura**. Cascavel, PR: UNIOESTE, 209 p., 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Energia na Agricultura, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.

FONGARO, Gislaine; HERNÁNDEZ, Marta; GONZÁLEZ, María Cruz García; BARARDI, Célia Regina Monte; LÁZARO, David Rodríguez. **Propidium Monoazide Coupled with PCR Predicts Infectivity of Enteric Viruses in Swine Manure and Biofertilized Soil**. **Food Environ Virol**, New York, v.8, p. 79-85, 2016.

FREY, Klaus. Políticas públicas: um debate conceitual e reflexões referentes à prática da análise de políticas públicas no Brasil. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, n. 21, 2000.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS ENERGIA. **Contribuições para o Planejamento Energético 2050**. 32 p., 2015.

GELINSKI, Carmem R. O. G. SEIBEL, Erni J. Formulação de políticas públicas: questões metodológicas relevantes. **Revista de Ciências Humanas**, Florianópolis, v. 42, n. 1 e 2, p. 227-240, 2008.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4. ed. São Paulo: Atlas. 2008.

GIROTTI, Ademir Francisco; CHIOCHETTA, Oldemir. Aspectos Econômicos do Transporte e Utilização dos Dejetos. In: OLIVEIRA, Paulo Armando Victória de (Coord). **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos**: manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energias renováveis: um futuro sustentável. **Revista USP**, São Paulo, n.72, p. 6-15, 2007.

GOMES, Flávia de Faria. **Licenciamento ambiental e a difusão de conflitos:** um estudo multicaso a partir de projetos hidrelétricos do estado do Paraná. 2017. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; ARAYA, Marcela Cecilia GONZÁLEZ; CARIGNANO, Claudia. **Tomada de decisões em cenários complexos.** São Paulo: Pioneira, 2004.

GURUNG, Anup; OH, Sang Eun. Conversion of traditional biomass into modern bioenergy systems: A review in context to improve the energy situation in Nepal. **Renewable Energy**, Lemos, v. 50, p. 206-213, 2013.

HEANEY, Christopher D.; MYERS, Kevin; WING, Steve; HALL, Devon; BARON, Dothula; STEWART, Jill R. Source tracking swine fecal waste in surface water proximal to swine concentrated animal feeding operations. **Science of the Total Environment**, v. 511, p. 676–683, 2015.

HEIDEMANN, Francisco; SALM, José Francisco. **Políticas Públicas e Desenvolvimento:** Bases Epistemológicas e Modelos de Análise. Brasília: Editora Unb, 2009.

INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Grupo de Pesquisa em Bioenergia. **Fontes de biomassa.** Disponível em <<http://www.iee.usp.br/gbio/?q=livro/fontes-de-biomassa>>. Acesso em 28 Jun. 2017.

INSTITUTO PARANAENSE DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (EMATER) **Projeto Agroenergia - Resumo Executivo.** Disponível em: <<http://www.emater.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=83>>. Acesso em 23 Dez. 2018.

JAIN, S.; JAIN, S; WOLFA, I. T.; LEEA J.; TONG, Y. W. A comprehensive review on operating parameters and different pretreatment methodologies for anaerobic digestion of municipal solid waste. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Colorado, v. 52, p. 142–154, 2015.

JANUZZI, Paulo M. Considerações sobre o uso, mau uso e abuso dos indicadores sociais na formulação e avaliação de políticas públicas municipais. **Revista Administração Pública**, Rio de Janeiro, n. 36, v.1, p. 51-72, 2002.

KISEL, Einari; HAMBURG, Arvi; HÄRM, Mihkel; LEPPIMAN, Ando; OTS, Märt. Concept for Energy Security Matrix. **Energy Policy**, Washington, v. 95, p. 1-9, 2016.

KORHONEN, Jouni; NUUR, Cali; FELDMANN, Andreas; BIRKIEA, Seyoum. Circular economy as an essentially contested concept. **Journal of Cleaner Production**, Knoxville, v. 175, n. 20, p. 544-552, 2018.

KORTH, Frauke Hagenkamp; OHL, Susanne; HARTUNG, Eberhard. Effects on the biogas and methane production of cattle manure treated with urease inhibitor. **Biomass and Bioenergy**, New York, v. 75, p. 75-82, 2015.

KOTLER, Philip; KELLER, Kevin. **Administração de marketing**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

KRAFT, Michael E.; FURLONG, Scott R. **Public Policy**: politics, analysis and alternatives. 3 ed. USA: CQ Press, 2010.

LIMA, P. C. R. **Biogás da Suinocultura**. Brasília: Câmara dos Deputados, Consultoria Legislativa, 2007. Disponível em: <<http://bd.Camara.gov/BR/bd/handle/bdcamara/1724>>. Acesso em: 02 Jan. 2019.

LINSINGEN, Irlan von; BAZZO, Walter A.; PEREIRA, Luiz T. V. O que é ciência, tecnologia e sociedade? In:_____. **Introdução aos estudos CTS: ciência, tecnologia e sociedade**. Espanha: OEI, 2003. p. 119-156 (Cadernos de Ibero-América).

LOBATO, Lenaura. Algumas considerações sobre a representação de interesses no processo de formulação de políticas públicas. In: SARAIVA, Henrique. FERRAREZI, Elisabete. **Políticas públicas**: Coletânea - Volume 1, p. 289-313, 2006.

LOPES, Alberto. **Políticas públicas para cidades sustentáveis: integração intersectorial, federativa e territorial**. Rio de Janeiro: IBAM, MCTIC, 2016.

MACHADO, Gleysson B. **O Tratamento de Resíduos Sólidos Orgânicos Urbanos**, Portal Resíduos Sólidos, 2014. Disponível em: <http://www.portalresiduossolidos.com/o-tratamento-de-residuos-solidos-organicos-urbanos/>. Acesso em: 29 Mai. 2017.

MAKARA, A.; KOWALSKI, Z. Pig manure treatment and purification by filtration. **Journal of Environmental Management**, v. 161, p.317-324, 2015.

MALINAUSKAITE, J.; JOUHARA, H.; CZAJCZYNSKA D.; STANCHEV, P.; KATSOU, E.; ROSTKOWSKI, P.; THORNE, R.J.; COLON, J.; PONSÁ, S.; AL-MANSOUR, F.; ANGUILANO, L.; KRZYZYNSKA, R.; LÓPEZ, I.C.; VLASOPOULOS, A.; SPENCER, N. Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. **Energy**, v. 141, p. 2013-2044, 2017.

MARCONI, Marina de A. LAKATOS, Eva M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARCUSE, Herbert. Algumas Implicações Sociais da Tecnologia Moderna. In Tecnologia, **Guerra e Fascismo**, 1998.

MATHYAS, Alessandra. **Biogás**: vantagens ambientais e energéticas. Disponível em: <<http://agetec.com.br/news/47/114/Biogas-vantagens-ambientais-e-energeticas/>>. Acesso em 23 Dez. 18.

MAXIMIANO, Antonio César Amaru. **Teoria Geral da Administração**. São Paulo: Atlas, 2006.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. 22 edição. Rio de Janeiro: Vozes, 2003.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Plano Nacional de Energia 2030** / Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética: Brasília: MME:EPE, 2007.

MONDZOZO; Aklesso Egbendewe; SWINTON, Scott M.; BALS, Bryan D.; DALE, Bruce E. Can Dispersed Biomass Processing Protect the Environment and Cover the Bottom Line for Biofuel? **Environmental Science & Technology**, New York, v. 47, n.3, p 1695–1703, 2013.

MONTEIRO, J. H. P. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**, Rio de Janeiro: IBAM, 2001. Disponível em: <www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/manualrs/indice.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2017.

MOREIRA, José R. Biomass energy and the implications for climate and food: The Brazilian response. **Bulletin of the Atomic Scientists**, Chicago, v. 70, n. 1, p. 12–15, 2014.

NEVES, José Luis. Pesquisa Qualitativa – Características, Usos e Possibilidades. **Cadernos de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 3, 1996.

NING, Shu-Kuang; HUNGA, Ming-Chien; CHANG, Ying-His; Lee Hom-Ti; SHIH, Ruey-Fu. Benefit assessment of cost, energy, and environment for biomass pyrolysis oil. **Journal of Cleaner Production**, Knoxville, v. 59, n. 15, p. 141-149, 2013.

NOGUEIRA, Carlos Eduardo Camargo; SOUZA, Samuel Nelson Melegari de; MICUANSKI, Viviane Cavaler; AZEVEDO, Ricardo Lessa. Exploring possibilities of energy insertion from vinasse biogas in the energy matrix of Paraná State, Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Colorado, v. 48, p. 300-305, 2015.

NOWAKOWSKI, Geórgia A. A. **Critérios para análise de limites e potencialidades da sustentabilidade de fontes de energia**: estudo de caso da cadeia produtiva das pequenas centrais hidrelétricas no Brasil. 2015. 192 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

OLIVEIRA, J. C. S. From Transport and Storage to Control of the Process: The Challenge of Biodigestion from Drawings of Swine in Agroindustrial Scale. **Independent Journal of Management & Production**, New York, v. 8, n.5, p. 747-766, 2017.

OLIVEIRA, P. A. V. Impacto Ambiental Causado Pela Suinocultura. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, V. CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA, XII, 2003, Uberaba. **Anais...** Uberaba: ZOOTEC, 2003. p. 143-161.

OLIVEIRA, Paulo Armando Victória de (Coord). **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos**: manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004.

OZTURK, Munir ; SABA, Naheed; ALTAY, Volkan; IQBAL, Rizwan; HAKEEM, Khalid Rehman; JAWAID, Mohammad; IBRAHIM, Faridah Hanum. Biomass and bioenergy: An overview of the development potential in Turkey and Malaysia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Colorado, v. 79, p. 1285–1302, 2017.

PARANÁ. **Decreto nº 8.842**, Dispõe sobre a criação do Projeto *Smart Energy* e dá outras Providências, 2013. Disponível em:

<<https://www.documentos.dioe.pr.gov.br/dioe/consultaPublicaPDF.do?jsessionid=FC05956AF05A5835995EE54D5401FB03?action=pgLocalizar&enviado=true&numero=&dataInicialEntrada=25%2F08%2F2013&dataFinalEntrada=25%2F09%2F2013&search=decreto+8.842&diarioCodigo=3&submit=Localizar&localizador=>>>. Acesso em: 03Jan. 2019.

_____. **Agência Estadual de Notícias - Governo institui a Política Estadual do Biogás e Biometano**, 2018b. Disponível em

<<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/makepdf.php?storyid=98383>>. Acesso em: 10 Jun. 2018.

_____. **Lei 19.500**, Dispõe sobre a Política Estadual do Biogás e Biometano e adota outras providências, 2018. Disponível em:

<<https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=198090&indice=1&totalRegistros=1>>. Acesso em: 12 Dez. 2018.

PEREIRA, Thulio Cícero Guimarães. Política Energética para o Desenvolvimento do Estado do Paraná. In: PEREIRA, Thulio Cícero Guimarães (Org). **Energias renováveis: políticas públicas e planejamento energético**. Curitiba: COPEL, p. 86-99, 2014.

PESSUTO, Jayna; SCOPEL, Bianca Santinon; PERONDI, Daniele; GODINHO, Marcelo; DETTMER, Aline. Enhancement of biogas and methane production by anaerobic digestion of swine manure with addition of microorganisms isolated from sewage sludge. **Process Safety and Environmental Protection**, Manchester, v. 4, p. 233–239, 2016.

POTTING, José; HEKKERT, Marko; WORRELL, Ernest; HANEMAAIJER, Aldert. **Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain**. 1 ed. NL: PBL Netherlands Environmental Assessment, 2017.

QUEIROZ, Wendell Lamas de; GIACAGLIA, Giorgio Eugenio Ocare. The Brazilian energy matrix: Evolution analysis and its impact on farming. **Energy Policy**, Washington, v.63, p. 321-327, 2013.

RIBEIRO, Maria de Fátima dos Santos; RAIHER, Augusta Pelinski. Potentialities of energy generation from waste and feedstock produced by the agricultural sector in Brazil: The case of the State of Paraná. **Energy Policy**, Washington, v. 60, p. 208-216, 2013.

RISBERG, Kajsa; CEDERLUND, Harald; PELL, Mikael; ARTHURSON, Veronica; SCHNÜRER Anna. Comparative characterization of digestate versus pig slurry and cow manure – Chemical composition and effects on soil microbial activity. **Waste Management**, Washington, v.6, p. 529–538, 2017.

RODRIGUES, Waldecy. Capital Social e Desenvolvimento Regional no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 14, n. 1, p. 43-60, 2018.

ROSSI, George Bedinelli; SERRALVO, Francisco Antonio; JOÃO, Belmiro Nascimento. Análise de Conteúdo. **Revista Brasileira de Marketing**, São Paulo, v. 13, n. 4, p. 39-48, 2014

RUTTER, Paul; KEIRSTEAD, James. A brief history and the possible future of urban energy systems. **Energy Policy**, Washington, v. 50, n. 4, p. 72-80, 2012.

SACHS, Ignacy. Brasil rural: da redescoberta à invenção. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 75-82, 2001.

SENAI NO PARANÁ. **Oportunidades da Cadeia Produtiva de Biogás para o Estado do Paraná**. Curitiba: Senai/PR, p.73, 2016.

SILVA, Christian L. da; SOUZA, Andréa; POIT, Daniel R.; NASCIMENTO, Décio E. Do; ROCHA JÚNIOR, Weimar F. Da. O dilema (*tradeoff*) do desenvolvimento de políticas de incentivo às fontes de energias renováveis e às fontes de energia não renováveis no Brasil. In: PEREIRA, Thulio Cícero Guimarães (Org). **Energias renováveis: políticas públicas e planejamento energético**. Curitiba: COPEL, p. 86-99, 2014.

SILVA, Christian; FUGII, Gabriel M.; BASSI, Nadia S.; SANTOYO, Alain H. O que é relevante para planejar e gerir resíduos sólidos? Uma proposta de definição de variáveis para a formulação e avaliação de políticas públicas. **Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales**, Barcelona, vol. XX, n. 1114, 2015.

SILVA, Felipe Pinheiro; SOUZA, Samuel Nelson Melegari de; KITAMURA, Danilo Sey; NOGUEIRA, Carlos Eduardo Camargo; OTTO, Rodrigo Bueno. Energy efficiency of a micro-generation unit of electricity from biogas of swine manure. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Colorado, v. 82, p. 3900–3906, 2018.

SILVA, Nivaldo Pereira da; FRANCISCO, Antonio Carlos de. Geração De Energia Elétrica A Partir De Dejetos Suínos: Um Estudo De Caso Em Uma Propriedade Rural Na Região Oeste Do Estado Do Paraná. **Nucleus**, Ituverava, v.7, n.2, p. 65-82, 2010.

SILVA, Rodrigo Corrêa da; MARCHI NETO, Ismael de; SEIFERT, Stephan Silva. Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Colorado, v. 59, p. 328-341, 2016.

SINOTTI, A. P. S. **Avaliação do Volume de Dejetos e da Carga de Poluentes Produzidos por Suíno nas Diferentes Fases do Ciclo Criatório**. 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

SIQUEIRA, Thais Menina Oliveira de; ASSAD, Maria Leonor Ribeiro Casimiro Lopes. Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de São Paulo (Brasil). **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. XVIII, n. 4, p. 243-264, 2015.

SMART ENERGY PARANÁ. Sobre Smart Energy Paraná. Disponível em: <<https://smartenergy.org.br/portal/smartenergy-parana/>>. Acesso em: 03Jan. 2019.

SOUZA, Andréa de. **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) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SOUZA, Celina. Políticas Públicas: uma revisão da literatura. **Sociologias**, Porto Alegre, n. 16, p. 20-45, 2006.

STAHEL, Walter R. The circular economy. **Nature**, New York, n. 531, p. 435-438, 2016.

TADA, A. M.; ALMEIDA, A. M. G.; GONÇALO JR, P. R.; KIMURA, W. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Florianópolis, Editora Rima Artes e Textos, 2013.

TAIA, J.; ZHANG, W.; CHE, Y.; FENG, D. Municipal solid waste source-separated collection in China: a comparative analysis. **Waste Management**, Washington, v.31, n.8, p.1673-1682, 2011.

URUEÑA-LÓPEZ, A.; HIDALGO-NUCHERA, A. Políticas Públicas de Desarrollo de la Industria de Contenidos Digitales: Una Prospectiva Internacional. **El Profesional de la Información**, Barcelona, v. 23, n. 2, p. 119–125, 2014.

VACCAREZZA, Leonardo Silvio. Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en América Latina. **Revista do Observatório do Movimento pela Tecnologia Social da América Latina**, v. 01, n. 01, p. 42-64, jul. 2011.

VÁZQUEZ, M.A.; VARGA, D. DE LA; PLANA, R.; SOTO, M. Integrating liquid fraction of pig manure in the composting process for nutrient recovery and water re-use. **Journal of Cleaner Production**, Knoxville, v. 104, p. 80-89, 2015.

VIANCELLI, A.; KUNZ, A.; STEINMETZ, R.L.R.; KICH, J.D.; SOUZA, C.K.; CANAL, C.W.; COLDEBELLA, A.; ESTEVES, P.A.; BARARDI, C.R.M.. Performance of two swine manure treatment systems on chemical composition and on the reduction of pathogens. **Chemosphere**, v. 90, p.1539–1544, 2013.

VILA, Clodomiro Unsihuay. Planejamento Energético e as Políticas Públicas: Aspectos Conceituais e Metodológicos. In: PEREIRA, Thulio Cícero Guimarães (Org). **Energias renováveis: políticas públicas e planejamento energético**. Curitiba: COPEL, p. 24-44, 2014.

WORLD ENERGY COUNCIL. **Recursos Energéticos: Biomassa**. Disponível em: <<https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/biomass/>>. Acesso em: 01 Jun. 2017.

_____. **World Energy Resources: Bioenergy**. World Energy Council, p. 24, 2013.

WU, X. F.; CHEN, G.Q. Global primary energy use associated with production, consumption and international trade. **Energy Policy**, Washington, v.111, p. 85-94, 2017.

XU, X., MA, Z., CHEN, Y. et al. Circular economy pattern of livestock manure management in Longyou, China. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 20, n. 2, p. 1050–1062, 2018.

YAZAN, Devrim Murat; FRACCASCIA, Luca; MES, Martijn; ZIJM, Henk. Cooperation in manure-based biogas production networks: An agent-based modeling approach, **Applied Energy**, v. 212, p. 820–833, 2018.

ZAMPARETTI, Adilson; GAYA, João Paulo. O uso racional dos dejetos como adubo orgânico. In: OLIVEIRA, Paulo Armando Victória de (Coord). **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004.