

## **BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DA PECUÁRIA: IMPACTOS AMBIENTAIS E ORDENAMENTO JURÍDICO EM SANTA CATARINA**

Andrieza de Aquino Eslabão<sup>1</sup>  
Reginaldo Geremias<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Universidade de São Paulo*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Santa Catarina*

DOI: 10.47168/rbe.v29i2.728

### **RESUMO**

A pecuária é uma importante atividade econômica no Estado de Santa Catarina. A atividade de geração de biogás a partir de dejetos da pecuária apresenta benefícios ambientais, econômicos e sociais. Entretanto, pode causar impactos que merecem cuidadosa atenção. A presente investigação teve como objetivo geral realizar estudos dos impactos ambientais negativos provocados por plantas de biogás a partir de dejetos da pecuária, bem como avaliar o ordenamento jurídico voltado ao licenciamento do setor. A metodologia constou de pesquisa bibliográfica e elaboração de matriz legislativa orientativa. Os resultados apontam que o setor é capaz de provocar impactos negativos no solo, água, atmosfera e saúde humana. Observou-se, também, que a normatização incidente sobre processo de licenciamento ambiental de plantas de biogás se mostra incipiente. Concluiu-se pela necessidade da regulação do licenciamento ambiental de plantas de biogás como um aspecto importante para o fomento da produção de energia renovável e proteção ambiental.

Palavras-chave: Dejetos da pecuária; Biogás; Impactos ambientais negativos; Licenciamento ambiental.

### **ABSTRACT**

Livestock is an importantly economic activity in the State of Santa Catarina. Producing biogas from livestock waste grants environmental, economic, and social benefits. However, it may cause impacts that deserve careful attention. The present investigation had, as a general objective, to carry out studies of the negative environmental strikes caused by biogas plants from livestock waste and evaluate the legal system which is aimed at licensing the sector. The methodology consisted of bibliographic research and developing an orienting legislative matrix. The results

indicate that this sector is capable of causing negative impacts on soil, water, atmosphere, and human health. It was also observed that the regulation on the environmental licensing process for biogas plants is incipient. It was possible to conclude that regulating the environmental licensing of biogas plants is necessary as a crucial aspect for promoting renewable energy production and environmental protection.

Keywords: Livestock waste; Biogas; Negative environmental impacts; Environmental licensing.

## 1. INTRODUÇÃO

O tratamento adequado das expressivas quantidades de resíduos gerados pelas atividades humanas tem sido um grande problema ambiental. No que diz respeito aos resíduos orgânicos, os mesmos destacam-se como uma grande fonte de contaminação ambiental pois, de acordo com o Guia técnico ambiental de biogás na agroindústria, elaborado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais (2015), quando não tratados adequadamente tornam-se uma potencial fonte de contaminação dos solos e corpos hídricos, multiplicação de vetores e moléstias, geração de mau cheiro e difusão de gases de efeito estufa.

O Brasil é um grande produtor pecuário, possuindo, conforme dados publicados pela Pesquisa Pecuária Municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2019) um efetivo de 214,7 milhões de cabeças bovinas, 40,6 milhões de cabeças suínas, 249,1 milhões de cabeças de galinhas, dentre outros animais.

O Estado de Santa Catarina possui um papel proeminente nesse contexto. Segundo dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI (2021), é o maior produtor de carne suína do Brasil, o segundo maior produtor de frango e o décimo terceiro maior produtor do país de carne bovina. Em termos nacionais, o Estado possui a participação de 27,2% do total de toneladas de carne suína produzida, 14,3% de carne de frango e 2,59% da carne bovina produzida em território nacional.

Segundo o estudo realizado pelo projeto “Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira” – GEF Biogás Brasil (2019), em Santa Catarina são gerados 10,1 milhões m<sup>3</sup>/ano de efluente pelo rebanho total de suínos, 8,2 bilhões de m<sup>3</sup> de efluentes pelo rebanho bovino, 316 mil toneladas de cama aviária e dejetos de aves de corte por ano e 380 mil m<sup>3</sup>/ano de resíduos de aves de postura.

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura - FAO (2020) alerta para o fato de que o conjunto da pecuária (bovinos, ovinos, caprinos, suínos e aves) é responsável por

cerca de 18% das emissões de gases de efeito estufa no mundo. Sendo assim, é urgente que se melhore a eficiência no uso de recursos da produção pecuária, bem como reduzir as externalidades negativas associadas à atividade.

A alta concentração de carbono e nutrientes nos resíduos da produção de proteína animal indica a necessidade de estratégias de tratamento diferenciadas para o seu gerenciamento. Apesar da farta literatura no que diz respeito ao tratamento de efluentes de esgoto sanitário, existe pouco conteúdo produzido tratando especificamente das cadeias de produção animal e seus efluentes. Conforme Kunz et al. (2019), o tema é importante e requer atenção, já que muitas unidades produtivas podem apresentar impacto ambiental equivalentes a cidades de médio porte (KUNZ et al., 2019).

A cartilha “Conceitos para o licenciamento ambiental de usinas de biogás”, produzida pelo projeto PROBIOGÁS, uma parceria entre o Ministério das Cidades e organizações alemãs de fomento ao biogás (2016), indica que os resíduos da pecuária apresentam um grande potencial de geração de biogás, dando tratamento adequado aos mesmos, o que mitiga os problemas ambientais decorrentes, e resultando na geração de energia que pode ser utilizada pelo próprio produtor, ou pode ser comercializada.

Na maioria dos casos, os dejetos da pecuária são utilizados diretamente como fertilizantes do solo. No entanto, Gleber e Palhares (2007) apontam que o grande volume gerado pode ocasionar um excesso de elementos químicos contaminantes e agentes biológicos, causando problemas de ordem ambiental e de saúde pública.

Rasapoor et al. (2020) indicam que a biomassa possui um enorme potencial para contribuir com o fornecimento total de energia nas próximas décadas. A partir da utilização de tecnologias integradas, matérias primas como dejetos animais, esterco bovino, suíno e aviário, resíduos agrícolas, e resíduos orgânicos provenientes dos aglomerados urbanos ou da indústria podem ser aproveitados para geração de energia. A biomassa pode ser utilizada para gerar energia de forma direta, para gerar calor, ou indiretamente para gerar produtos como álcool ou o biogás, que é gerado a partir de um processo de digestão anaeróbia.

Conforme estudos realizados por Pasqual et al. (2018), garantir um cenário de segurança alimentar, hídrica e energética, de forma sustentável e equitativa, é um desafio central a ser enfrentado por gestores, governantes e população mundial, já que esses três fatores estão intimamente relacionados. Nesse contexto, vem crescendo o interesse pela possibilidade de gerar energia através de resíduos orgânicos de diversas atividades (pecuária, indústria alimentícia e resíduos sólidos urbanos) que podem, se não manejados corretamente, causar

danos ambientais. Tais processos ainda geram como subproduto um fertilizante que pode ajudar no melhor aproveitamento do solo e produção de alimentos, o que concilia essas três prioridades e apresenta um grande potencial na busca por um futuro sustentável.

Nas últimas décadas, houve um crescimento considerável da oferta de energia a partir de fontes renováveis. No entanto, de acordo com dados extraídos do Balanço Energético Nacional, divulgado pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2020), o consumo de energia e o aumento populacional fazem com que demanda seja cada vez maior, e, apesar do aumento da geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, a utilização dos combustíveis fósseis e a emissão de gases de efeito estufa também continuam subindo.

Na Contribuição Nacionalmente Determinada (2016), firmada voluntariamente pelo Brasil na Conferência de Paris, o país comprometeu-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005 até 2025 e, subsequentemente, em 43% abaixo dos níveis de 2005 até 2030. Para que isso ocorra, foi prevista na referida INDC, para o setor de energia, a meta de alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030.

Para tanto, pretende-se a expansão do uso de fontes renováveis, além da hídrica, na matriz total de energia, para uma participação de 28% a 33% até 2030, através da expansão do uso doméstico de fontes de energia não fóssil e pelo aumento da participação eólica, biomassa e solar. Pretende-se ainda alcançar 10% de ganhos de eficiência energética no setor elétrico até 2030.

À medida que crescem as possibilidades e as tecnologias de aproveitamento da biomassa se tornam mais acessíveis, cresce também a necessidade de planejamento e regulações para que a tentativa de solucionar o problema da crise climática e do aumento constante na demanda de energia não venham a criar outros problemas futuros. Nesse contexto, Trennepohl e Trennepohl (2020) alertam que o licenciamento ambiental exerce um papel primordial, sendo um importante instrumento de efetivação da proteção ao meio ambiente, uma vez que as atividades de utilização de biomassa para fins energéticos estão sujeitas a causar riscos e efeitos maléficos em suas cadeias de produção.

A Lei nº 17.542, de 12 de julho de 2018, que institui a Política Estadual do Biogás em Santa Catarina, prevê, como um de seus instrumentos de efetivação, a prioridade e simplificação dos licenciamentos para empreendimentos da cadeia produtiva do biogás por meio de regulamento próprio dos órgãos estaduais competentes.

No entanto, tal termo normativo ainda não foi criado, o que corresponde a uma lacuna regulamentar que pode gerar insegurança jurídica para os agentes envolvidos na cadeia produtiva e para os ór-

gãos ambientais licenciadores.

Partindo destes pressupostos, o presente artigo teve como objetivo geral realizar estudos dos impactos ambientais negativos provocados por plantas de geração de biogás a partir de dejetos da pecuária, bem como do ordenamento jurídico voltado ao licenciamento ambiental do setor no Estado de Santa Catarina. Estes estudos são de relevância, pois podem contribuir para a ampliação da geração de energia de fonte renovável e mitigar os problemas ambientais e sanitários decorrentes da atividade econômica da pecuária.

A metodologia constou de pesquisa bibliográfica e análise dos principais impactos ambientais negativos vinculados à produção do biogás a partir de dejetos da pecuária, considerando a necessidade de adoção de medidas mitigadoras aos impactos próprios da atividade. Além disso, elaborou-se uma matriz legislativa orientativa das normas incidentes sobre o licenciamento do setor em Santa Catarina com vistas a subsidiar a criação de um instrumento que regulamente a matéria no Estado.

## **2. PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DA PECUÁRIA**

Conforme Rasapoor et al. (2020), de maneira genérica, biomassa pode ser conceituada como toda a matéria orgânica produzida biologicamente. O termo biomassa compreende as produções agrícolas e florestais, bem como resíduos derivados da produção agrícola, agroindustrial e domésticos. Estima-se que sejam gerados mundialmente cerca de 146 bilhões de toneladas de biomassa por ano.

Tomalsquim (2016) aponta que a biomassa é a fonte mais antiga de obtenção de energia, sendo que se estima que a utilização da madeira para a cocção de alimentos remonta mais de um milhão de anos.

No entanto, Cardoso e Parente (2018) assinalam que recentemente a utilização da biomassa como fonte de obtenção de energia passou a ser aprimorada como uma opção à crise ambiental, oferecendo uma alternativa para os combustíveis fósseis, especialmente o petróleo, mitigação dos problemas do tratamento dos resíduos sólidos orgânicos e redução da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, notadamente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>), por atividades que possuem grande potencial poluente.

Além disso, conforme sinalizam Kapoor et al. (2020), questões relacionadas ao melhor aproveitamento dos recursos naturais, integrando-os a avançados mecanismos e tecnologias de eficiência, mitigando danos ambientais e integrando agentes sociais, estão no centro da discussão do planejamento de uma economia circular.

A biomassa pode ser submetida ao processo de biodigestão anaeróbia, com consequente produção de biocombustíveis. Esse processo, conforme preconiza Rasapoor et al. (2020), é comum na natureza, ocorrendo, por exemplo, em fundos de lagos, esterqueiras, pântanos e no rúmen de animais ruminantes.

A biodigestão anaeróbia, demonstrada na Figura 1, intitulada “Esquema da digestão anaeróbia”, adaptada pela autora da cartilha Conceitos para o licenciamento de usinas de biogás do projeto PRO-BIOGÁS (2010), pode ser dividida em quatro etapas, quais sejam, hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, sendo que cada uma é realizada por grupos de microrganismos que podem requerer condições ambientais específicas (KUNZ et al., 2019).

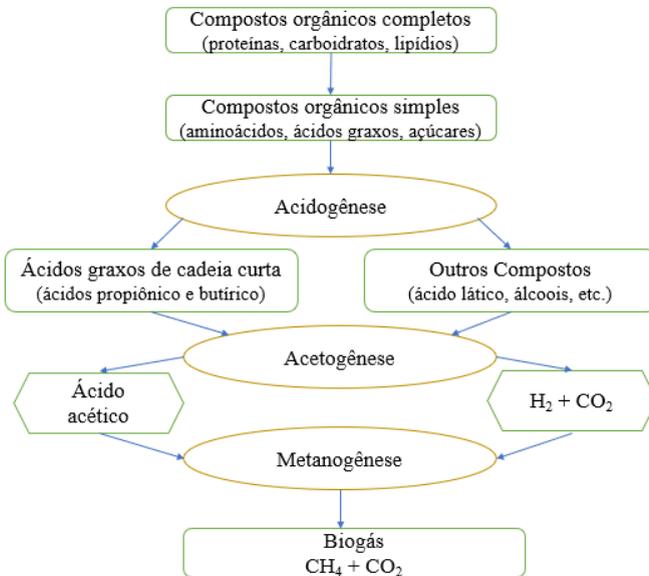


Figura 1 - Esquema da digestão anaeróbia

Conforme a cartilha do PROBIOGÁS, já mencionada (2010), na etapa da hidrólise, compostos orgânicos complexos como proteínas, carboidratos e lipídios são decompostos por bactérias hidrolíticas, transformando-os em substâncias menos complexas, como aminoácidos, açúcares e ácidos graxos. Na etapa da acidogênese, os compostos formados são decompostos em ácidos graxos de cadeia curta, ácido láctico e álcoois, sob a ação de bactérias fermentativas acidogênicas. Na etapa da acetogênese, ocorre o processo de formação do

ácido acético pelas bactérias acetogênicas. Por fim, na etapa da metanogênese, as metanogênicas transformam, principalmente, o ácido acético, o hidrogênio e o dióxido de carbono em metano. No final do processo, tem-se o biogás, o qual é composto principalmente de metano (50% a 70% em volume) e dióxido de carbono (25% a 50% em volume), contendo também pequenas quantidades de hidrogênio, amônia e outros gases, variando de acordo com os substratos utilizados, a técnica de fermentação aplicada e as diferentes tecnologias de construção.

O biogás pode ser utilizado para geração de energia térmica, elétrica, como combustível para automóveis ou substituição do gás de cozinha, dentre outras utilidades, como enumeram Kapoor et al. (2020).

Tabatabei et al. (2020) ainda prescrevem que o biogás pode ser elevado a composições similares às do gás natural, quando é purificado, podendo chegar a conter cerca de 96-97% de metano. Diversas inovações tecnológicas para potencializar a qualidade do biogás estão sendo aprofundadas a partir de técnicas biológicas, como a utilização de aditivos biológicos, a codigestão anaeróbia e a produção integrada de biogás. Além disso, estão sendo desenvolvidas algumas técnicas menos convencionais de remoção das impurezas contidas no biogás gerado pela digestão anaeróbica (ex: CO<sub>2</sub>, água e sulfeto de hidrogênio-H<sub>2</sub>S), uma vez que essas impurezas podem ameaçar a saúde humana e causar impactos adversos, tais como baixa capacidade, corrosão e emissões de gases de efeito estufa.

Além do biogás, sinaliza Tabatabei et al (2020), o processo de digestão anaeróbia produz um resíduo sólido e líquido rico em nutrientes, chamado de digestato, que pode ser utilizado na agricultura como fertilizante de solos. A composição do digestato depende da composição da matéria prima e dos fatores ambientais e tecnológicos utilizados para seu processamento. Normalmente, o digestato contém cerca de 1,92% de matéria inorgânica, 6.08% de matéria orgânica e 92% de água.

Mais especificamente, indicam Tabatabei et al. (2020), a parte sólida do digestato (cerca de 8%) pode conter matéria orgânica dissolvida, nitratos (NO<sub>3</sub>-), amônia (NH<sub>4</sub>+), fósforo (P), potássio (K) e sódio (Na), além de microelementos como boro, cobre, manganês, ferro e zinco, geralmente esgotados do solo como resultado das práticas agrícolas intensivas.

Conforme Kapoor et al. (2020), o digestato pode ser utilizado diretamente nas produções agrícolas como fertilizante, como matéria prima para cama de animais ou processado e vendido como fertilizante com valor nutricional para o solo. Além das aplicações agrícolas, a parte líquida do digestato pode ser utilizada como fonte de nutrientes

para produção de algas, sendo que a parte sólida do digestato pode ser utilizada para produção de bioetanol ou como combustível em processos térmicos como combustão, ou convertido em carvão ativado através de um processo de pirólise.

### 3. SETOR DO BIOGÁS NO BRASIL E EM SANTA CATARINA

De acordo com dados extraídos da International Energy Agency - IEA (2020), nas últimas décadas houve um aumento das fontes renováveis em todo mundo, com destaque para as fontes eólica, solar e biocombustíveis.

A matriz energética brasileira também acompanhou essa tendência. Conforme o Balanço Energético Nacional - BEN (2020), publicado pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE, ilustrado pela Figura 2, a oferta interna de energia mostra uma participação das energias renováveis de 46,1%, distribuídas entre biomassa da cana, hidráulica, lenha e carvão vegetal e outras renováveis. Dentre as outras energias renováveis, que representam 7% da oferta interna de energia, o biogás é responsável por 1,3%, tendo crescido 31,8% de 2018 para 2019.

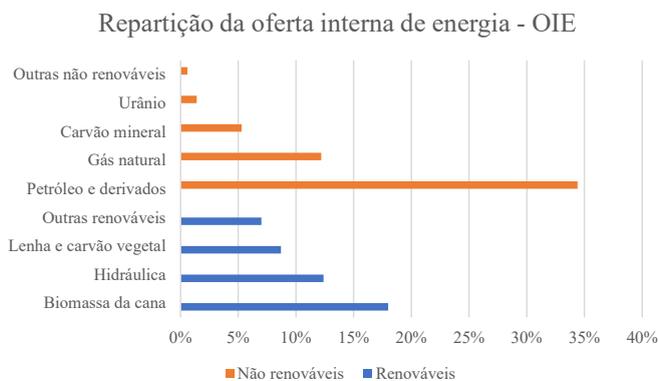


Figura 2 - Elaborada pelos autores com base nos dados do Balanço Energético Nacional (BEN) 2020

Tabela 1 - Elaborada pelos autores com base nos dados do Balanço Energético Nacional (BEN) 2020

Outras renováveis	2018	2019	2018/2019
Lixívia	9.553	8.948	-6,30%
Biodiesel	4.391	4.878	11,10%
Eólica	4.169	4.815	15,50%

Tabela 1 - Elaborada pelos autores com base nos dados do Balanço Energético Nacional (BEN) 2020 (cont.)

<b>Outras renováveis</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2018/2019</b>
Outras biomassas	1.134	1.149	1,40%
Solar	298	572	92,20%
Biogás	204	269	31,80%
Gás industrial de carvão vegetal	88	81	-8%
Total	19.837	20.712	4,40%

A análise de conjuntura, publicada pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2018), sinaliza que a grande disponibilidade de insumos dispersos por várias regiões do país, tais como resíduos de unidades de saneamento e da pecuária, podem contribuir para um aumento considerável do uso do biogás no Brasil nos próximos anos. O estudo ressalta que, além de uma opção para oferta energética, obtêm-se uma solução para o problema ambiental da disposição dos resíduos advindos da produção animal. Nesse sentido, o estudo aponta a oportunidade criada pelo Novo Mercado de Gás, indicando que a produção de biogás pode servir para aumentar a oferta de gás natural, bem como para diminuir a pegada de carbono, evidenciando uma sinergia positiva entre o combustível fóssil e o renovável para uma transição gradual. Nesse sentido, a produção de biogás amplia tanto a capacidade de atendimento à demanda quanto a abrangência da oferta, podendo ser inclusive inserido nos gasodutos.

Já o Relatório Final do Plano Nacional de Energia 2050 da Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2020) aponta para o potencial de descentralização da produção de biocombustíveis líquidos e biogás em plantas de pequena escala, o que representa uma mudança de paradigma para o setor, com benefícios que extrapolam o setor energético. No entanto, conforme instrui a cartilha “Conceitos para o licenciamento ambiental de usinas de biogás”, do projeto PROBIOGÁS (2010), a concretização destes cenários depende de alguns fatores, como a competitividade dos recursos e a superação de diversos desafios.

O estudo realizado pelo projeto “Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira” – GEF Biogás Brasil (2019), desenvolvido em conjunto com diversos organismos internacionais, instituições privadas e entidades governamentais, avaliou o potencial de produção de biogás dos três estados do sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), com base em dados quantitativos e qualitativos colhidos através do Censo Agro do IBGE de 2017. Os resultados obtidos pelo projeto indicam o potencial de geração de energia para o Estado de Santa Catarina na suinocultura, bovinocultura e avicultura.

Segundo o mesmo estudo, o Estado de Santa Catarina possui um rebanho de 8.070.236 cabeças de suínos com 90% destinados à suinocultura de engorda e 10% para matrizes fêmeas e machos, a maior parte localizada na região oeste do Estado. Estima-se que 10,1 milhões de m<sup>3</sup>/ano de efluente são gerados pelo rebanho total de suínos que, se convertidos em biogás, teriam capacidade para abastecer 309.782 residências com energia elétrica (817,9 GWh/ano).

O rebanho bovino atinge 2,8 milhões de cabeças, sendo que 75% correspondem a bovinos de corte e 25% a bovinos leiteiros. Com base nesses quantitativos, o estudo estima que o plantel de bovinos catarinense possa gerar, anualmente, 8,2 bilhões de m<sup>3</sup> de efluentes. Apenas na região sudoeste são, aproximadamente, 1,4 bilhões de m<sup>3</sup>/ano de efluentes. Considerando que esses substratos fossem utilizados em sistema de biodigestão, seria possível produzir 546 milhões m<sup>3</sup>/ano de biogás.

O biogás gerado a partir desse substrato poderia ser destinado à produção de energia elétrica, gerando 793 GWh/ano, o que seria capaz de abastecer cerca de 300.378 residências. Sendo convertido em biometano, poderia substituir 203 milhões de litros de diesel ou 243 milhões de L/ano de gasolina comum.

Ainda, segundo o estudo, o Estado de Santa Catarina conta com 168 milhões de aves, dos quais 94% correspondem a avicultura de corte e 6% a avicultura de postura. Os resíduos gerados nesta atividade (316 mil toneladas por ano de cama aviária e dejetos de aves de corte e 380 mil m<sup>3</sup>/ano de resíduos de aves de postura) têm capacidade de produzir 82 milhões m<sup>3</sup>/ano de biogás.

O biogás produzido a partir da avicultura poderia produzir cerca de 65 milhões de m<sup>3</sup>/ano de biometano que poderiam ser empregados na substituição de 94 milhões de litros de álcool hidratado.

A página eletrônica do Data Sebrae biogás (2021) também traz estimativas de potencial pecuário do biogás para todos os estados brasileiros, valendo citar os dados obtidos a partir do painel interativo para o potencial de geração de biogás a partir das atividades pecuárias no Estado de Santa Catarina, por municípios. Tais estimativas foram elaboradas considerando dados do censo agropecuário de 2017 do IBGE e fatores de conversão entre cabeças de rebanho e metros cúbicos de biogás fornecidos por CIBiogás. No entanto, não obstante o grande potencial de Santa Catarina para produção de biogás, estima-se que sejam gerados apenas 18.84 m<sup>3</sup>/ano.

#### **4. IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS**

A geração de biogás a partir de dejetos da pecuária tem um grande potencial para mitigar problemas ambientais decorrentes da ati-

vidade, agregando benefícios ambientais, econômicos, sociais e à saúde humana. No entanto, a atividade também apresenta uma série de pontos que, se não manejados adequadamente, podem vir a ocasionar problemas ambientais.

Na Tabela 2, elaborada pela autora a partir de diversas referências bibliográficas (POESCHL; WARD; OWENDE, 2012a POESCHL; WARD; OWENDE, 2012b; FEAM, 2015, DEBONI; FEILSTRECKER; TARSO, 2017, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016, SINSUW; WUISANG; CHU, 2021, ZHANG et al., 2021), são elencados os principais impactos relacionados à produção de biogás a partir de dejetos da pecuária citados pela literatura.

Tabela 2 - Impactos ambientais relacionados à produção do biogás

MEIO	IMPACTOS
ABIÓTICO	Emissões atmosféricas: CO <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , NMVOC, PM10, N <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> S, gases de efeito estufa e material particulado.
	Emissão de odores.
	Contaminação de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos. Eutrofização. Ecotoxicidade.
	Contaminação do solo. Sobrecarga de nutrientes como fósforo e nitrogênio.
	Esgotamento de recursos.
	Explosões ou incêndios.
	Geração de ruídos.
Formação de siloxanos.	
BIÓTICO	Perda de biodiversidade na flora.
	Perda de biodiversidade na fauna.
SAÚDE HUMANA	Toxicidade humana, resistência a antibióticos pelo uso de fertilizantes provenientes da pecuária, intoxicação, asfixia e/ou queimaduras por contato e/ou aspiração de gases ou substâncias tóxicas.
SOCIOECONÔMICO	Efeitos socioeconômicos no entorno das plantas de biogás.

Sendo assim, para que haja uma efetiva proteção ao meio ambiente, é de suma importância que exista um regramento claro e abrangente, de forma que o procedimento de licenciamento transcorra gerando segurança para os produtores interessados na sua instalação, para os órgãos ambientais e, principalmente, para o meio ambiente.

## 5. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL DO SETOR DO BIOGÁS EM SANTA CATARINA

Dentre os instrumentos instituídos pela Política Nacional de Meio Ambiente, Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981),

o licenciamento ambiental de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras exerce um papel relevante como um dos mais importantes mecanismos do poder público para garantia da qualidade de vida das presentes e futuras gerações, visando à preservação do direito fundamental e inalienável a um meio ambiente ecologicamente equilibrado preceituado pelo artigo 225 da Constituição da República Federativa do Brasil (TRENNEPOHL; TRENNEPOHL, 2020).

Pode-se afirmar que uma combinação coerente entre os múltiplos mecanismos políticos e suas interações é necessária para lidar com as barreiras enfrentadas pelas medidas de transição de sustentabilidade (KANDA et al., 2022).

O procedimento de licenciamento ambiental, enquanto um desses mecanismos e verdadeiro gargalo das iniciativas de projetos, carece de higidez e segurança jurídica para que possa alicerçar a expansão do setor de geração de energia a partir de fontes alternativas (TRENNEPOHL; TRENNEPOHL, 2020).

A produção do biogás, conforme prescreve a cartilha de “Conceitos para o licenciamento ambiental de usinas de biogás” do projeto PROBIOGÁS (2010), da mesma forma que todas as instalações industriais, está sujeita à observância de aspectos ambientais e de segurança.

A Política Nacional do Meio Ambiente, Lei nº 6.938/81, de 31 de agosto de 1981, prevê, entre os instrumentos destinados à consecução dos seus objetivos, no inciso IV “o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;”

O artigo 10 da referida Lei menciona que a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais que possam, efetiva ou potencialmente, causar poluição ou degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento ambiental.

Conforme conceituado pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (2016), o licenciamento ambiental é um importante mecanismo de controle sobre as atividades humanas que interferem nas condições ambientais por meio do qual se busca a conciliação do desenvolvimento econômico com o uso dos recursos naturais, de modo a assegurar a sustentabilidade dos ecossistemas em suas variabilidades físicas, bióticas, socioculturais e econômicas.

Visando regulamentar e efetivar a utilização do licenciamento ambiental como um instrumento de gestão ambiental, conforme instituído pela lei n. 6.938 de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente, em 19 de dezembro de 1997 foi publicada a Resolução nº 237 pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, que, posteriormente, veio a ser complementada e alterada pela Lei Complementar nº 140/2011.

A Resolução define o licenciamento ambiental como um procedimento administrativo necessário às atividades consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, no qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

Tal procedimento costuma ser instruído com estudos ambientais apropriados à avaliação dos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, permitindo uma análise técnica nos impactos ambientais do empreendimento.

São considerados estudos ambientais, conforme a Resolução nº 237, o relatório ambiental, o plano e projeto de controle ambiental, o relatório ambiental preliminar, o diagnóstico ambiental, o plano de manejo, o plano de recuperação de área degradada e a análise preliminar de risco.

Conforme o Guia de Licenciamento publicado pela ABiogás (s/d), quando analisadas as referências legais e normativas específicas sobre o biogás, percebe-se que ainda não existe uma regulação específica em nível federal para o seu licenciamento ambiental. Dada a competência concorrente da União e dos Estados da Federação em matéria ambiental, o que se verifica na prática é que cada unidade da federação cria regimentos próprios, havendo divergência considerável nos critérios adotados para enquadramento em cada estado que possui tipologia.

A Constituição do Estado de Santa Catarina (1989) também dispõe da defesa do meio ambiente como sua competência, dispondo, no art. 9º, inciso VI, a competência de, juntamente com a União e os Municípios, proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas.

Com a finalidade de normatizar as diretrizes já traçadas pela Constituição Estadual, o Código Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina, instituído pela Lei 14.675 publicada em 13 de abril de 2009, também traz em seus princípios e instrumentos diretrizes para o exercício da atividade de licenciamento ambiental no contexto dos objetivos da própria Política Estadual do Meio Ambiente.

O artigo 4º da Política Estadual do Meio Ambiente coloca como um de seus princípios, no inciso II, a compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a proteção e preservação da biodiversidade e melhoria da qualidade ambiental. Como um de seus instrumentos, o art. 7º aponta, no inciso I, o licenciamento ambiental e, no inciso II, a avaliação de impactos ambientais. Já o artigo 29 indica que serão passíveis de licenciamento ambiental as atividades conside-

radas pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente - CONSEMA potencialmente causadoras de degradação ambiental.

Além disso, o artigo 31 da Política em pauta esclarece os tipos de estudos ambientais aplicáveis para a avaliação prévia de impactos necessária ao procedimento de licenciamento de atividades potencialmente poluidoras, estabelecendo em seus parágrafos primeiro e segundo algumas diretrizes que devem nortear o empreendedor.

A avaliação prévia dos impactos ambientais é realizada com o auxílio de documentos como o Estudo de Impacto Ambiental - EIA, o Estudo Ambiental Simplificado - EAS, o Relatório Ambiental Prévio - RAP, os quais subsidiam a concessão da Licença Ambiental Prévia e a elaboração dos programas de controle ambiental que podem ser exigidos do empreendimento.

Além disso, o empreendedor deve, conforme recomendam os § 1º e 2º do artigo 31, avaliar a possibilidade de adaptações do processo produtivo visando minimizar a geração de efluentes líquidos, de efluentes atmosféricos, de resíduos sólidos, da poluição térmica e sonora, bem como a otimização da utilização dos recursos ambientais, promovendo a conscientização e treinamento do pessoal da área operacional.

A Resolução nº 98 do Conselho Estadual do Meio Ambiente - CONSEMA, publicada em 5 de maio de 2017, cumpre com o disposto no artigo 29 do Código Estadual do Meio Ambiente, trazendo uma listagem das atividades consideradas potencialmente poluidoras e estabelecendo, segundo o seu porte, o tipo de estudo técnico necessário para a obtenção da licença ambiental.

No código 34.20.00 é disposta a unidade de produção de gás e biogás, com ou sem aproveitamento energético, dispondo de um potencial poluidor/degradador do ar médio, da água pequeno e do solo pequeno, o que resulta em um potencial poluidor/degradador geral, segundo a Resolução, médio.

Ademais, a Resolução estabelece que as unidades de produção de gás e biogás de pequeno porte, ou seja, aquelas cuja vazão de bombeamento seja inferior ou igual a 500 m<sup>3</sup>/h, precisarão da elaboração do Relatório Ambiental Prévio no processo de licenciamento ambiental, assim como as unidades de produção de gás e biogás de porte médio, ou seja, aquelas cuja vazão de bombeamento seja superior a 500 m<sup>3</sup>/h e inferior ou igual a 2000 m<sup>3</sup>/h.

Já as unidades de produção de gás e biogás de grande porte, ou seja, aquelas cuja vazão de bombeamento seja superior ou igual a 2000 m<sup>3</sup>/h, precisarão elaborar o Estudo Ambiental Simplificado, segundo a redação dada pela Resolução do CONSEMA nº 118, de 2017.

Podemos diferenciar o Relatório Ambiental Prévio (RAP), que é um estudo técnico elaborado por profissional habilitado, ou por equipe

multidisciplinar, e que oferece elementos para a análise da viabilidade ambiental de empreendimentos, ou atividades consideradas potencialmente ou efetivamente causadoras de degradação ambiental, do Estudo Ambiental Simplificado (EAS), uma vez que primeiro deve abordar um diagnóstico simplificado da área do empreendimento e seu entorno. Já o EAS, que só pode ser elaborado por equipe multidisciplinar, deve abordar a interação entre elementos dos meios físico, biológico e socioeconômico, buscando a avaliação dos impactos diretos resultantes da implantação do empreendimento a partir de um diagnóstico integrado, estabelecendo medidas mitigadoras, de controle ambiental e compensatórias, quando couber.

Em 13 de julho de 2018 foi publicada a Lei n. 17.542, que institui a Política Estadual do Biogás, cuja justificativa expressa a preocupação com a maciça exploração econômica resultante da criação intensiva de animais que alimenta a agroindústria catarinense, quando seus resíduos não são tratados adequadamente.

A Política reúne um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, ações, incentivos e fomentos a serem adotados pelo Estado, com vistas à produção, à exploração, ao gerenciamento e à comercialização de biogás.

O referido instrumento legal também estabelece como princípios da Política Estadual do Biogás, no artigo 3º, uma visão sistêmica da gestão da biomassa que considere variáveis ambientais, econômicas, culturais, sociais e tecnológicas, buscando ecoeficiência, responsabilidade solidária pela destinação da biomassa, o reconhecimento da biomassa como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor da cidadania, e a satisfação das necessidades humanas e da sanidade ambiental, reduzindo impactos ambientais provenientes da exploração econômica das atividades agropastoris.

Já os objetivos almejados pela Política elencam a proteção da saúde humana e animal e do meio ambiente, minimizando os impactos da produção e exploração comercial da proteína animal, a adoção, o desenvolvimento e o aprimoramento de tecnologias limpas para minimizar impactos ambientais, a redução do volume de biomassa e a biodigestão de dejetos e rejeitos animais, urbanos e industriais, bem como o fomento ao aproveitamento da biomassa por meio do seu uso em escala industrial e comercial, como forma de geração de emprego e renda.

No que diz respeito ao licenciamento ambiental das atividades de produção de biogás, vale ressaltar que a Política Estadual do Biogás prevê, no artigo 5º, a prioridade e a simplificação dos licenciamentos para empreendimentos da cadeia produtiva do biogás por meio de regulamento próprio dos órgãos estaduais competentes.

Com base nas pesquisas sobre as Leis, Decretos, Resoluções, Instruções Normativas, Portarias e normativas técnicas aplicáveis às plantas de biodigestão no Estado de Santa Catarina, a presente investigação elaborou uma matriz orientativa das principais normativas que regulam o licenciamento ambiental de plantas de biogás no Estado, conforme descrito na Tabela 3 elaborada pela autora.

Tabela 3 - Matriz normativa orientativa do licenciamento ambiental de plantas de biogás no Estado de Santa Catarina

Contexto	Área	Legislação
Contexto do empreendimento	Resíduos/ Saneamento/ Energia renovável	Lei Federal nº 12305/2010
		Decreto Federal nº 7404/2010
		Lei Estadual nº 13.557/2005
		Resolução n. 114/2017 do CONSEMA/SC
Licenciamento Ambiental	Critérios/ Diretrizes Gerais	Lei Federal 6.938/81
		Resolução Conama 01/86
		Resolução CONAMA nº 237/1997
		Lei Complementar 140/2011
		Resolução CONSEMA nº 98
		Lei Estadual nº 14.675/2009
		Decreto Estadual nº 2.955/2010
		Lei Estadual n. 17.542/2018
		Resolução n. 143/2019 CONSEMA
Instruções Normativas nº 11, 28, 65 e/ou 69 do IMA		
Controle Ambiental/ Padrões	Efluente/ Recursos Hídricos	Resolução CONAMA n.º 430 de 2011
		Resolução CONAMA nº 357/2005
		Portaria Estadual nº 024/79
		Resolução CONAMA nº 181/2021
	Emissões Atmosféricas	Resolução CONAMA nº 382/2006
		Resolução CONAMA nº 491/2018
	Ruído	Resolução CONAMA nº 001/1990
	Segurança	ABNT NBR 17.505/2013
		NR 06, 09, 10, 12, 20, 23 e 26/1978 Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho
		NSCI/94 Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina

Tabela 3 - Matriz normativa orientativa do licenciamento ambiental de plantas de biogás no Estado de Santa Catarina (cont.)

Contexto	Área	Legislação
Aspectos Locacionais	Flora	CONAMA nº 02/1994
		Resolução CONAMA nº 369/2006
		Lei Federal nº 12.651/2012
		Lei Federal nº 11.428/2006
	Fauna	IN nº 146/2007 do IBAMA
		Lei Federal nº 5.197/1967
Patrimônio Cultural Arqueologia	IPHAN - Instrução Normativa nº 001/2015	
Área de marinha	Decreto Federal nº 5.300/2004	
Regulamentação Subprodutos	Composto	Lei nº 6.894/ 1980
		IN MAPA nº 27/2006
		IN MAPA nº 25/2009
	Biogás/ Biometano	Lei Federal 14.134/21
		Decreto 10.712/21
		Resolução ANP nº08/2015
		Resolução ANP nº 23/2012
		ABNT NBR 14.461/2000 e seguintes.
		ABNT NBR 15.526/2012
	Energia Elétrica	Lei nº 9.074/1995
		Resolução Normativa ANEEL nº 167/2005
		Lei 14.300 de 6 de janeiro de 2022 – Marco Legal da Geração Distribuída
		ABNT NBR 5.410/2004

Como se pode observar, diversas legislações regulamentam questões relevantes da produção, comercialização e implantação de plantas de biogás em áreas diversas. Dessa forma, a existência de uma norma que congregasse as diretrizes relevantes para o licenciamento ambiental de plantas de biogás a partir de dejetos da pecuária tornaria o processo mais simples.

Também foi possível constatar a inexistência de uma normativa própria para a atividade de biogás que congregue parâmetros e definições para o procedimento de licenciamento ambiental, tal como almejado pela Lei 17.542 de 12 de julho de 2018.

Observou-se, portanto, que a legislação ambiental que regulamenta o licenciamento de plantas de biogás a partir de dejetos da pecuária no Estado de Santa Catarina pode ser aprimorada, para que

possa trazer mais segurança e qualidade ambiental para os novos projetos a serem incentivados por políticas de expansão da atividade.

## 6. CONCLUSÃO

Apesar de todos os benefícios ambientais advindos da instalação de unidades de tratamento de dejetos da pecuária através da geração de biogás, a atividade também possui uma série de impactos e riscos atrelados que merecem cuidadosa atenção.

Tais instalações possuem caráter industrial, associando a recepção e tratamento de resíduos e efluentes, a produção e valorização do biogás, que é um gás inflamável, e o procedimento e expedição do material digerido. Alguns dos principais impactos ambientais dessas usinas são a geração de emissões de odorantes, de gases causadores de efeito estufa e de material particulado, a proliferação de vetores e a possibilidade de contaminação do solo e corpos hídricos (FEAM; GIZ, 2015). Outras questões, como a geração de ruídos, o risco de explosões e a destinação final adequada do material digerido (digestato), também são variáveis específicas da atividade que requerem cuidados.

Por estarem listadas na Resolução n. 98 do CONSEMA de Santa Catarina como uma das atividades que necessitam da realização do licenciamento ambiental, tais unidades dependem de tal procedimento para sua instalação, variando o tipo de estudo ambiental requerido em função do porte do empreendimento.

Verifica-se que incidem sobre os empreendimentos de geração de biogás uma série de normativas esparsas, tais como as que regulam a supressão de vegetação, a destinação de resíduos sólidos, limites de emissões de gases, ruídos, normas técnicas para elaboração de projetos e de segurança do trabalho, dentre outras.

No entanto, a falta de um regramento para o licenciamento ambiental das atividades de geração de biogás a partir de dejetos da pecuária no Estado de Santa Catarina pode ser um fator de atraso na expansão do programa de incentivo à atividade instituído pela Política Estadual do Biogás, além de gerar insegurança jurídica para as partes envolvidas e deixar lacunas que podem acabar em situações danosas ao meio ambiente e às pessoas envolvidas na operação.

Como referência normativa, pertinente citar a Resolução n. 8/2021 da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável - SE-DEST do Estado do Paraná, que sai na frente dos demais estados brasileiros ao criar uma norma específica para a fonte (ABiogás, s/d).

Uma regulação clara e assertiva é importante para garantir a efetividade do processo de licenciamento ambiental e, por consequência, contribuir para a segurança técnica do empreendimento e mitigação de passivos ambientais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIOGÁS - Associação Brasileira do Biogás (ABiogás). Guia de licenciamento. Sem data. Disponível em: [https://uploads-ssl.webflow.com/632ab10950c5e334290bfadf/6390e020a5fea59db1b4ea53\\_guia-licenciamento-abiogas.pdf](https://uploads-ssl.webflow.com/632ab10950c5e334290bfadf/6390e020a5fea59db1b4ea53_guia-licenciamento-abiogas.pdf). Acesso em: 03 de abril de 2023.

AGENDA 2030. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/>. Acesso em: 18 set 2022.

BIOGÁS BRASIL. Potencial de geração de biogás no sul do Brasil. Projeto GEF Brasil. Foz do Iguaçu/PR: 2019. Disponível em: [https://datasebrae.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Potencial-de-produ%C3%A7%C3%A3o-de-biog%C3%A1s-Sul-do-Brasil\\_OK\\_revRCFM-v-2-min.pdf](https://datasebrae.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Potencial-de-produ%C3%A7%C3%A3o-de-biog%C3%A1s-Sul-do-Brasil_OK_revRCFM-v-2-min.pdf). Acesso em: 20 de julho de 2022.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 5 ago. 2022.

BRASIL. Lei nº 9.478, de 06 de agosto de 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. Brasília: Presidência da República [1997]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9478.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9478.htm). Acesso em: 29 ago. 2022.

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. Brasília: Presidência da República [1981]. Disponível em: [150 http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm). Acesso em: 29 ago. 2022.

BRASIL. 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. Brasília: Presidência da República [2010]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 29 ago. 2022.

BRASIL. Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. Brasília: Presidência da República [2011]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp140.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm). Acesso em 29 de ago. 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2050 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

BRASIL. NDC Contribuição Nacionalmente Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. UNFCCC, v. 9, p. 6, 2016. Disponível em: <https://unfccc.int/NDCREG>. Acesso em 20 de julho de 2022.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. Conceitos para o licenciamento ambiental de usinas de biogás / Probiogás ; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) ; autores, Felipe Correa de Souza Pereira Gomes ... [et al.]. – Brasília, DF : Ministério das Cidades, 2016. p.:147 p. : il. – (Desenvolvimento do mercado de biogás; 3). Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/probiogas/licenciamento-usinas-biogas.pdf>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

CARDOSO, M. T.; PARENTE, V. A importância do aproveitamento energético de resíduos para descarbonização da economia na Sueca. Revista Brasileira de Energia, v. 24, n. 2, p. 07–22, 2018.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Publicada no DOU no 247, de 22 de dezembro de 1997, Seção 1, páginas 30841-30843. Disponível em: [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=237](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=237). Acesso em 20 de julho de 2022.

CONSEMA - Conselho Estadual de Meio Ambiente. Resolução nº 98 de 5 de maio de 2017. Aprova, nos termos do inciso XIII, do art. 12, da Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009, a listagem das atividades sujeitas ao licenciamento ambiental, define os estudos ambientais necessários e estabelece outras providências. Florianópolis: Conselho Estadual de Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.sde.sc.gov.br/index.php/biblioteca/consema/legislacao/resolucoes/2017/2212-resolucao-consema-n-98-2017/file>. Acesso em 20 de julho de 2022.

DEBONI, F. V.; FEILSTRECKER, M.; TARSO, P. DE. Licenciamento ambiental de plantas de biodigestão de resíduos: critérios de diretrizes para o estado do Paraná. Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, p. 78, 2017.

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina; CEPA – Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2019 - 2020. p. 172, 2021. [https://docweb.epagri.sc.gov.br/website\\_cepapublicacoes/Sintese\\_2019\\_20.pdf](https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepapublicacoes/Sintese_2019_20.pdf). Acesso em 20 de julho de 2022.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Décima Edição Da Análise De Conjuntura Dos Biocombustíveis – Ano 2020. Publicado em: Julho de 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/analise-de-conjuntura-dos-biocombustiveis-2020>. Acesso em 20 de julho de 2022.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético 2020 - Relatório Síntese / Ano base 2019. p. 73, 2020a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>. Acesso em 20 de julho de 2022.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020 - Ano base 2019. Empresa de Pesquisa Energética, p. 256, 2020b. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20EI%C3%A9trica%202020.pdf>. Acesso em 20 de julho de 2022.

ESTADO DE SANTA CATARINA. Constituição (1988). Constituição do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, SC: Assembleia Legislativa. Disponível em: [http://leis.alesc.sc.gov.br/html/constituicao\\_estadual\\_1989.html#:~:text=CONSTITUI%C3%87%C3%83O%20DO%20ESTADO%20DE%20SANTA%20CATARINA%20DE%201989&text=O%20povo%20catarinense%2C%20integrado%20%C3%A0,-do%20Estado%20de%20Santa%20Catarina](http://leis.alesc.sc.gov.br/html/constituicao_estadual_1989.html#:~:text=CONSTITUI%C3%87%C3%83O%20DO%20ESTADO%20DE%20SANTA%20CATARINA%20DE%201989&text=O%20povo%20catarinense%2C%20integrado%20%C3%A0,-do%20Estado%20de%20Santa%20Catarina). Acesso em: 20 de julho de 2022.

ESTADO DE SANTA CATARINA. Lei nº 14.675 de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. Florianópolis, SC: Governo do Estado de Santa Catarina. Disponível em: [http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2009/14675\\_2009\\_Lei.html](http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2009/14675_2009_Lei.html). Acesso em: 20 de julho de 2022.

ESTADO DE SANTA CATARINA. Lei nº 17.542, de 12 de julho de 2018. Institui a Política Estadual do Biogás e dá outras providências. Florianópolis, SC: Governo do Estado de Santa Catarina. Disponível em: [http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2018/17542\\_2018\\_Lei.html#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2017.542%2C%20de%2012%20de%20julho%20de%202018&text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Estadual%20do%20Biog%C3%A1s%20e%20estabelece%20outras%20provid%C3%AAncias](http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2018/17542_2018_Lei.html#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2017.542%2C%20de%2012%20de%20julho%20de%202018&text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Estadual%20do%20Biog%C3%A1s%20e%20estabelece%20outras%20provid%C3%AAncias). Acesso em: 20 de julho de 2022.

FAO. Pecuária sustentável e mudanças climáticas na América Latina e no Caribe. Disponível em: <http://www.fao.org/americas/prioridades/ganaderia-sostenible/pt/>. Acesso em: 1 dez. 2020.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM), Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ). Guia técnico ambiental de biogás na agroindústria. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ), [2015]. Disponível em: [http://www.feam.br/images/stories/2015/PRODUCAO\\_SUSATEN-TAVEL/GUIAS-TECNICOS-AMBIENTAIS/Guia\\_Biog%C3%A1s.pdf](http://www.feam.br/images/stories/2015/PRODUCAO_SUSATEN-TAVEL/GUIAS-TECNICOS-AMBIENTAIS/Guia_Biog%C3%A1s.pdf). Acesso em 1 dez. 2020.

GLEBER, L.; PALHARES, J. C. P. Gestão Ambiental na Agropecuária. Embrapa, p. 314, 2007.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento. 3. ed. rev ed. São Paulo: Edusp, 2012.

GUSSOLI, F. K. Relative and supraconstitutional hierarchy of international human rights treaties. *Revista de Investigações Constitucionais*, v. 6, n. 3, p. 703–747, 2019.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Licenciamento Ambiental. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/licenciamento-ambiental>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa da Pecuária Municipal - PPM - Séries históricas 1974 - 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=series-historicas>. Acesso em: 14 abr. 2021.

IEA – International Energy Agency. Data & Statistics. Disponível em: [https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLD&fuel=Energy supply&indicator=TPESbySource](https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource). Acesso em: 24 set. 2021a.

IMA Instituto de Meio Ambiente de Santa Catarina. Instrução Normativa nº 65 de 10 de fevereiro de 2020. Defini a documentação necessária ao licenciamento e estabelecer critérios para apresentação dos planos, programas e projetos ambientais para implantação das atividades listadas no Anexo 1 desta Instrução Normativa. Instituto de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, SC. Disponível em: [file:///C:/Users/User/Downloads/in65\\_44\\_20200210.pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/in65_44_20200210.pdf). Acesso em 15 de julho de 2021.

JUNIOR, E. S. DA S. Direito constitucional: Hierarquia das normas constitucionais. Jusbrasil, 2021. Disponível em: <https://eliassouzadsj.jusbrasil.com.br/artigos/1201884938/direito-constitucional-hierarquia-das-normas-constitucionais>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

KAPOOR, R. et al. Valorization of agricultural waste for biogas based circular economy in India: A research outlook. *Bioresource Technology*, v. 304, n. February, p. 123036, 2020.

KUNZ, A. et al. Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato. Concórdia: EMBRAPA, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1108617/fundamentos-da-digestao-anaerobia-purificacao-do-biogas-uso-e-tratamento-do-digestato>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2023.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. DE. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. *Revista de Política Agrícola*, p. 28–35, 2006.

LENZA, P. Direito Constitucional Esquematizado. 19a ed. São Paulo: 2015.

MAO, C. et al. Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 45, p. 540–555, 2015.

NASCIMENTO NETO, J. O. DO. Políticas Públicas e regulação socioambiental. Governança, estratégias e escolhas públicas: energia e desenvolvimento em pauta. Curitiba: Íthala, 2017.

PASQUAL, J. C. et al. Assessment of collective production of biomethane from livestock waste for urban transportation mobility in Brazil and the United States. *Energies*, v. 11, n. 4, p. 1–19, 2018.

POESCHL, M.; WARD, S.; OWENDE, P. Environmental impacts of biogas deployment - Part I: Life Cycle Inventory for evaluation of production process emissions to air. *Journal of Cleaner Production*, v. 24, p. 168–183, 2012a.

POESCHL, M.; WARD, S.; OWENDE, P. Environmental impacts of biogas deployment - Part II: Life Cycle Assessment of multiple production and utilization pathways. *Journal of Cleaner Production*, v. 24, p. 184–201, 2012b.

RASAPOOR, M. et al. Recognizing the challenges of anaerobic digestion: Critical steps toward improving biogas generation. *Fuel*, v. 261, n. September 2019, p. 116497, 2020.

RIFKIN, J. A terceira revolução industrial: como o poder lateral está transformando a energia, economia e mundo. São Paulo: M.Books do Brasil Editora Ltda., 2012.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. DataSebrae Biogás. Disponível em: <https://painéis-lai.sebrae.com.br/single/?appid=bc75184c=943-f4156--b85c305915943-ebd&sheet-fb74886d-b41f-40a1-a4df-485782d9fda7&opt=cursel%2Cctxmenu&select=clearall>. Acesso em: 15 set. 2021.

SINSUW, A. A. E.; WUISANG, C. E.; CHU, C. Y. Assessment of environmental and social impacts on rural community by two-stage biogas production pilot plant from slaughterhouse wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, v. 40, n. October 2020, p. 101796, 2021.

SOUZA, I. S. DE; AQUINO, R. F. DE. Análise do princípio da proteção ao meio ambiente na Política Energética Nacional. *Direito Energia*, v. 7, p. 106–128, 2013.

TABATABAEI, M. et al. A comprehensive review on recent biological innovations to improve biogas production, Part 2: Mainstream and downstream strategies. *Renewable Energy*, v. 146, p. 1392–1407, 2020.

TOMALSQUIM, M. T. Energia Renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

TRENNEPOHL, C.; TRENNEPOHL, T. Licenciamento Ambiental. 8a Edição ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2020.

ZHANG, Y. et al. Dispersion of Antibiotic Resistance Genes (ARGs) from stored swine manure biogas digestate to the atmosphere. *Science of the Total Environment*, v. 761, p. 144108, 2021