

REGULAÇÃO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE UNIDADES GERADORAS DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DA PECUÁRIA

REGULATION OF ENVIRONMENTAL LICENSING OF BIOGAS GENERATING UNITS FROM LIVESTOCK WASTE

Andrieza de Aquino Eslabão¹
Reginaldo Geremias²

¹ Universidade de São Paulo (USP). E-mail: andriezaeslabao@gmail.com

² Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). E-mail: reginaldogeremias@gmail.com

RESUMO: O aproveitamento da biomassa para geração de biogás tende a crescer, com o implemento de fontes renováveis na matriz energética. Este estudo tem como objetivo a proposição de normativa para o licenciamento ambiental de unidades geradoras de biogás a partir de dejetos da pecuária. A metodologia aplicada consiste em pesquisa bibliográfica e legislativa, de caráter exploratório, com finalidade analítica e propositiva. Foi possível identificar a importância de que se estabeleça referência nacional para parametrizar as regulações estaduais da atividade, com consequente segurança jurídica e ambiental do setor.

Palavras-chave: Aproveitamento energético. Licenciamento ambiental. Regulação.

ABSTRACT: The use of biomass for biogas generation tends to grow, with the implementation of renewable sources in the energy matrix. The objective of this study is to propose regulations for the environmental licensing of biogas generating units from livestock waste. The applied methodology consists of bibliographic and legislative research, of an exploratory nature, with analytical and propositional purposes. It was possible to identify the importance of establishing a national reference to parameterize the state regulations of the activity, with consequent legal and environmental security of the sector.

Keywords Energy use. Environmental licensing. Regulation.

Sumário: Introdução – 1 O biogás no Brasil e impactos ambientais – 2 Licenciamento ambiental de unidades geradoras de biogás – 3 Proposta regulatória de licenciamento ambiental – Considerações – Referências.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui papel de destaque na produção pecuária, notadamente, de suínos, aves e bovinos. Porém, a atividade gera expressiva quantidade de resíduos e dejetos, os quais são capazes de provocar diversos impactos negativos ao meio biótico e abiótico e à saúde humana. Dentre as formas de valoração desses resíduos está o seu aproveitamento como biomassa na produção de biogás para fins energético.

Entretanto, a produção do biogás, da mesma forma que todas as instalações industriais, está sujeita à observância de aspectos ambientais e de segurança. Tem-se, que as usinas de biogás podem promover diversos impactos ambientais, como: geração de emissões de odorantes, gases causadores de efeito estufa e material particulado, proliferação de vetores de doenças e possibilidade de

contaminação do solo e corpos hídricos. Assim como, a geração de ruídos, o risco de explosões e a destinação final adequada do material digerido (digestato), também, são variáveis específicas da atividade e que requerem cuidados.

Neste contexto, o licenciamento ambiental é um importante mecanismo de controle sobre as atividades humanas que interferem nas condições ambientais. Por meio desse instrumento, 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. No entanto, estudos demonstraram a ausência de critérios padronizados para o licenciamento ambiental de unidades de biogás no Brasil. Com esta lacuna, alguns Estados estão criando os seus próprios regulamentos, o que causa divergências e falhas.

Verifica-se, também, que incidem sobre os empreendimentos de geração de biogás uma série de legislações esparsas, tais como as que regulam: supressão de vegetação, destinação de resíduos sólidos, limites de emissões de gases, ruídos e normas técnicas para elaboração de projetos e de segurança do trabalho. Desta forma, a falta de regramento específico para o licenciamento desta atividade pode ser um fator de atraso na expansão do setor, além de gerar insegurança jurídica para as partes envolvidas e deixar lacunas que podem acabar em situações danosas ao meio ambiente e aos trabalhadores envolvidos na operação.

Partindo destes pressupostos, a pesquisa que originou este texto se propôs a elaborar um instrumento de regulamentação do processo de licenciamento ambiental de plantas de biogás oriundo de dejetos da pecuária, com a finalidade de contribuir para a promoção de segurança jurídica aos agentes públicos e privados envolvidos, com consequente fomento dessa atividade econômica.

1 O BIOGÁS NO BRASIL E IMPACTOS AMBIENTAIS

O Brasil tem o maior potencial de produção de biogás do mundo (84,6 milhões de metro cúbico normal - Nm³/ano), mas apenas uma pequena fração tem sido explorada (Kanda; et al, 2022; ABIOGÁS, 2020a). Segundo dados do Balanço Energético Nacional, publicados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a produção de biogás no país representa apenas 0,147% da oferta interna de energia na Matriz Energética Nacional (EPE, 2023). Entretanto, o Plano Nacional de

Energia 2050 indica como base da transição energética no país, os biocombustíveis, a eficiência energética e o gás natural, progressivamente, substituído pelo biogás/biometano (EPE, 2020).

Nos períodos de 2020 a 2021 e 2021 a 2022 o setor do biogás brasileiro cresceu, respectivamente, 20,9% e 16,5% (EPE, 2022, 2023). A publicação 'Panorama do Biogás no Brasil-2021' informa que em 2020 foram gerados 2,3 bilhão de Nm₃ de biogás, a partir das 755 plantas em operação, segundo o Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBIOGÁS, 2022). No Brasil, os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021) indicam que a produção pecuária possui efetivo aproximado de 218,2 milhões de bovinos, 41,1 milhões de suínos, 1,5 bilhão de galináceos, 20,6 milhões de ovinos, 16,5 milhões de codornas, 12,1 milhões de caprinos, 6,0 milhões de equinos e 1,5 milhão de bubalinos.

Estudo realizado pela Associação Brasileira do Biogás (ABiogás, 2020b), tal rebanho resultaria em um potencial de geração de biogás a partir de dejetos animais de cerca de 16,82 bilhões de Nm₃/ano. Embora, a bioenergia seja uma das possibilidades mais promissoras para o futuro energético sustentável do país (EPE, 2020), há uma série de questões conjunturais, lacunas e incoerências nas políticas de desenvolvimento da atividade, que são indicadas pela literatura (Khanda, 2022).

Entretanto, a geração de biogás gera impactos ambientais, positivos e negativos. Os aspectos positivos da produção a partir de dejetos da pecuária são identificados por vasta literatura. Diversos estudos de casos utilizando a metodologia de avaliação do ciclo de vida demonstram consideráveis benefícios na implementação do biogás enquanto fonte de energia em relação à outras fontes (Zhang; Xu, 2020; Pizarro-Loiaza; et al, 2021; Garfí; et al, 2019; Hollas; et al, 2022).

A utilização dos dejetos da produção bovina para geração de biogás contribui para a minimização dos efeitos da dispersão de elementos no solo, atmosfera e recursos hídricos, o que causa, também, consequências na biodiversidade e na saúde humana. Além disso, gera como resultados energia de fonte renovável e um composto (digestato) que pode ser utilizado como um rico fertilizante para produção de alimentos (Instituto 17, 2022).

Entretanto, o processo de geração de biogás possui uma série de etapas, nas quais existem riscos ambientais e gerenciais que merecem cuidado para que possam ser mitigados, maximizando os seus benefícios. O Quadro 1 destaca,

segundo a literatura pesquisa, os principais riscos desta produção nas suas diferentes etapas, destacando-se gases e substâncias, como: sulfeto de hidrogênio (H₂S), dióxido de carbono (CO₂) e gás metano (CH₄).

Quadro 1 - Riscos associados às etapas de produção do biogás

MANEJO DE SUBSTRATOS	
Etapas	Riscos
Transporte de substratos	Derramamento/vazamento de substratos sólidos e líquidos com risco de contaminação do solo e corpos hídricos e Riscos à saúde humana.
Armazenamento, manuseio e introdução de substratos	Intoxicação, asfixia e/ou queimaduras por contato e/ou aspiração de gases ou substâncias tóxicas (H ₂ S, CO ₂ e CH ₄); Vazamento de substratos líquidos de tanques ou tubulações; Vazamento de lixiviado formado durante o armazenamento de substratos e Risco de contaminação do solo, corpos hídricos e à saúde humana.
Armazenamentos de aditivos com especificação de substância perigosa	Intoxicação e/ou queimaduras por contato com substâncias tóxicas (substâncias do sistema de dessulfurização do biogás, aditivos de silagens para conservação dos substratos, por exemplo, ácido propiônico e outros).
LINHA DE BIODIGESTÃO	
Digestor (reator de metanização)	Intoxicação e/ou asfixia por gases tóxicos (H ₂ S, CO ₂ , CH ₄) devido à entrada no tanque para manutenção ou inspeções; Vazamento de lodo do tanque ou tubulações e Faiscas geradas por agitadores submersos.
Gasômetros (acumulador de biogás)	Vazamento de gases tóxicos e inflamáveis (H ₂ S, CO ₂ , CH ₄) com risco de intoxicação asfixia, incêndio ou explosão.
CONDICIONAMENTO E USO DO BIOGÁS	
Tubulação de gás	Vazamento de gases tóxicos e inflamáveis (H ₂ S, CO ₂ , CH ₄), com risco de intoxicação, asfixia, incêndio ou explosão.
Local de instalação do biodigestor	Vazamento de gases tóxicos e inflamáveis (H ₂ S, CO ₂ , CH ₄) com risco de intoxicação, asfixia incêndio ou explosão e Vazamento de óleo do equipamento, com risco de contaminação de solo e corpos hídricos.
Dessulfurização do biogás	Vazamento de gases tóxicos e inflamáveis com risco de intoxicação, asfixia, incêndio ou explosão e Autocombustão de substâncias.
CONDICIONAMENTO DO DIGESTATO	
Pós-tratamento e armazenamento do digestato (sólido-líquido)	Vazamento de efluente líquido de tanques de armazenamento; Vazamento de lixiviado formado durante o pós-tratamento da fração sólida (compostagem) e Risco de contaminação do solo e corpos hídricos e à saúde humana.
OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO EM GERAL	
Manuseio das peças de maquinário (eixos, correias, engrenagens e manivelas)	Risco de esmagamento de membros e engate de roupas em peças rotativas e partes móveis em geral.
Instalações elétricas	Choque elétrico queimaduras e incêndio e Danos variáveis causados por avarias nas linhas subterrâneas.
Vias de circulação	Colisões; Quedas de cargas; Atropelamentos; Acidentes e quedas em geral.
MEDIDAS GERENCIAIS/ORGANIZACIONAIS	
Documentação da unidade geradora	Conduta inadequada devido à falta de conhecimento das instalações, dos procedimentos de rotina e de segurança, ampliando a probabilidade de ocorrência de acidentes e exposição a riscos diversos.

Definição de cargos e responsabilidades	Funções, competências e responsabilidades pouco claras e/ou parcialmente informados à equipe.
Treinamento	Auto exposição e/ou exposição de terceiros a riscos devido à falta de conhecimento das instalações dos procedimentos de rotina e de segurança.
Horário de trabalho	Imprudências e acidentes causados por cansaço, devido ao excesso de trabalho ou horário de trabalho indevido.
Disponibilidade de equipamentos de proteção individual (EPI) e coletiva (EPC)	Conduta inadequada em caso de emergências e Conduta inadequada e/ou atendimento e prestação de socorro insuficiente ou negligente mediante situações emergenciais, como acidentes ou eventos imprevisíveis (intoxicação, eventos naturais extremos e incêndios)

Fonte: adaptado de Ministério das Cidades (2016).

A produção de biogás, também, pode provocar impactos negativos ao meio abiótico, biótico e a saúde humana, como, por exemplo, a emissão para a atmosfera de CO₂, Carbono Monóxido (CO), CH₄, Nitrato (NO₃) e dióxido de enxofre (SO₂), compostos orgânicos voláteis não metano (NMVOC), partículas em suspensão com um diâmetro inferior a 10 micrómetros (PM₁₀), Óxido Nitroso (N₂O) e sulfeto de hidrogênio (H₂S).

O Quadro 2 apresenta os principais aspectos e impactos ambientais que podem decorrer no processo de geração de biogás, a partir de dejetos da pecuária, com base em: Poeschl Ward; Owende, (2012a, 2012b), Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM, 2015), Deboni; Feilstrecker; Tarso (2017), Brasil, PROBIOGÁS (2016), Sinsuw; Wuisang; Chu (2021) e Poeschl; et al (2021c).

Quadro 2 - Aspectos e Impactos ambientais negativos na geração de biogás

MEIO	ASPECTOS AMBIENTAIS	IMPACTOS AMBIENTAIS
ABIÓTICO	Emissões atmosféricas: CO ₂ , CO, CH ₄ , NO ₃ , SO ₂ , NMVOC, PM ₁₀ , N ₂ O e H ₂ S.	Mudanças climáticas; Destruição da camada de ozônio; Formação de material particulado e Formação de ozônio fotoquímico.
	Emissão de odores.	Afastamento de visitantes da região e Desvalorização imobiliária/econômica da região afetada.
	Contaminação de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos.	Eutrofização de água doce (concentração de fósforo); Eutrofização marinha (concentração de nitrogênio); Ecotoxicidade de água doce; Ecotoxicidade marinha e Esgotamento de recursos hídricos.
	Contaminação do solo.	Acidificação terrestre; Ecotoxicidade terrestre; Ocupação de solo agriculturável; Ocupação de solo urbano e Transformação de terras naturais.
	Esgotamento de recursos	Esgotamento de metais e Esgotamento fóssil.
	Explosões ou incêndios	Danos à saúde humana, fauna, flora, solo, e ar.
	Geração de ruídos	Danos à saúde humana. Afastamento de visitantes da região e Desvalorização imobiliária/econômica da região.

	Formação de siloxanos	Danificação de maquinários e risco de causar acidentes.
BIÓTICO	Flora	Toxicidade das plantas. Perda de biodiversidade e Desmatamento para instalação do projeto.
	Fauna	Intoxicação animal; Perda de <i>habitat</i> e Perda de biodiversidade.
SAÚDE HUMANA	Danos à saúde humana	Toxicidade humana; Resistência humana a antibióticos pelo uso de fertilizantes com antibióticos provenientes da produção pecuária; Intoxicação, asfixia e/ou queimaduras por contato e/ou aspiração de gases ou substâncias tóxicas; Risco de esmagamento de membros e engate de roupas em peças rotativas e partes móveis em geral; Choque elétrico, queimaduras e incêndio; Danos variáveis causados por avarias nas linhas subterrâneas; Colisões; Quedas de cargas e Atropelamentos. Acidentes e quedas em geral.

Fonte: Elaborado pelos autores com base na literatura pesquisada (2023).

Portanto, esse processo de aproveitamento energético a partir de resíduos necessita de muito cuidado, sobretudo em termos de proteção ambiental, sendo que aspectos técnicos e legais devem ser levados em consideração.

2 LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE UNIDADES GERADORAS DE BIOGÁS

O licenciamento ambiental é um instrumento de proteção Ambiental previsto pela Constituição da República Federativa do Brasil (CRFB), de 1988 e pela Lei nº 6.938/1981, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), por meio dos quais as atividades efetivas ou potencialmente poluidoras são avaliadas para que sejam adequadas aos padrões e critérios estabelecidos pelos órgãos e normas ambientais.

Neste sentido, as características de cada projeto associadas ao seu potencial degradador podem justificar a necessidade do procedimento de licenciamento ambiental. Assim, é imprescindível para a expansão do setor a identificação e sistematização das normas e diretrizes ambientais que se aplicam aos projetos em todas as suas fases (Brasil, PROBIOGÁS, 2016),

Dada a natureza diversificada de fontes de biomassa, tecnologias e destinações energéticas e do digestato, as unidades de geração de biogás podem ser impactadas por normativas de diversas áreas (FEAM, 2015), sendo que a falta de coerência política pode se tornar uma barreira para expansão do setor (Kanda; et al, 2022). Neste sentido, a falta de uniformização das diretrizes do licenciamento ambiental é citada como uma das barreiras políticas e regulatórias levantadas, o

que aumenta os custos de transação e dificulta a replicabilidade dos projetos, trazendo insegurança aos agentes integrantes do setor (Instituto 17, 2021).

A ABIOGÁS (s/d) identificou que o processo de licenciamento ambiental possui regramentos específicos para cada Estado, sendo que existem grandes disparidades entre eles, tais como os parâmetros de porte do empreendimento para fins de definição do tipo de estudo e licença necessários. Portanto, o estabelecimento de critérios e padrões gerais direcionados ao licenciamento ambiental de unidade de geração de biogás é uma importante demanda, que pode contribuir para a segurança jurídica e consequente fomento à expansão do setor.

3 PROPOSTA REGULATÓRIA DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL

A Lei nº 6.938/1981, Art. 6º, §1º, dispõe que os Estados elaborarão, dentro da esfera de suas competências e jurisdição, normas supletivas e complementares dos padrões que forem estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A Resolução nº 237/1997, do CONAMA conceitua o licenciamento ambiental como o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental autoriza, de acordo com as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis, a atividade de empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou que possam causar degradação ambiental.

Nesse sentido, mostra-se imprescindível o estabelecimento de padrões ambientais adequados que possam servir de referência aos Estados na execução da atividade de licenciamento ambiental. É com essa finalidade que essa pesquisa apresenta uma proposta de instrumento normativo, na forma de Resolução, voltado ao licenciamento ambiental de unidade de geração de biogás, a partir de resíduos da pecuária. Entende-se que esse instrumento é passível de modificações, inclusões, ajustes, complementações e outras alterações que se fizerem necessárias para sua adequação às necessidades técnicas e jurídicas.

A estrutura geral do instrumento proposto compreende: Capítulo I - Definições; Capítulo II - Aspectos Técnicos; Capítulo III - Aspectos Locacionais; e Capítulo IV - Disposições Gerais. Os diferentes capítulos foram elaborados com base na literatura e no arcabouço jurídico que trata da matéria, conforme descrito no Quadro 3.

Quadro 3 - Capítulos da proposta de Resolução e respectivas referências

CAPÍTULO	REFERÊNCIAS
CAPÍTULO I - DEFINIÇÕES	Resolução nº 8, de 23/2021 - Estado do Paraná; Resolução nº 143/2019 - Conselho Estadual de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (CONSEMA/SC); Lei nº 17.542/2018 - institui a Política Estadual de Biogás de Santa Catarina; Instrução Normativa nº 65/2020 - Instituto de Meio Ambiente (IMA) do Estado de Santa Catarina Lei nº 12.305/2010 - institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS); Resolução nº 430/2011 - CONAMA; Tabatabaei; et al, 2020.
CAPÍTULO II - ASPECTOS TÉCNICOS	Seção I - utilizou-se, principalmente, as orientações constantes na cartilha “Conceitos para o Licenciamento de usinas de biogás do PROBIOGÁS, no seu capítulo 5: Aspectos/impactos ambientais e questões de segurança em usinas de biogás (Brasil, PROBIOGÁS, 2016).
	Seção II - utilizou-se os padrões estabelecidos pela Resolução nº 181/2021 - CONSEMA/SC.
	Seção III - elaborou-se, levando em conta a Resolução nº 114/2017 - CONSEMA/SC e Kunz; et al, 2019.
	Seção IV - embasou-se na Resolução nº 382/2006 - CONAMA.
	Seção V – utilizou-se a cartilha “Conceitos para o Licenciamento de usinas de biogás do PROBIOGÁS”, no seu capítulo 5, Aspectos/impactos ambientais e questões de segurança em usinas de biogás” (Brasil, PROBIOGÁS, 2016).
CAPÍTULO III - ASPECTOS LOCACIONAIS	Resolução nº 8/2021 - Estado do Paraná; Lei Federal nº 12.651/2012 e Lei nº 6.320/1983 - institui o Código Sanitário do Estado de Santa Catarina.
CAPÍTULO IV - DISPOSIÇÕES GERAIS	Resolução nº 8/2021 - Estado do Paraná

Com base nestas referências foi possível estruturar uma proposta de regulação para o licenciamento ambiental em unidades geradoras de biogás, tendo como insumo dejetos da pecuária. O Quadro 4 apresenta a proposta de uma Resolução sobre o licenciamento ambiental de unidades geradoras de biogás usando dejetos da pecuária.

Quadro 4 - Proposta de Resolução

RESOLUÇÃO nº XX, de xx de mês de ano
Estabelece as diretrizes gerais para o licenciamento ambiental de unidades geradoras de biogás a partir de dejetos da pecuária.
CAPÍTULO I DEFINIÇÕES
Art. 1º Para efeitos desta Resolução, ficam estabelecidas as seguintes definições:
I - Biodigestão: reciclagem de biomassa, por meio da transformação dos resíduos em novos produtos, alterando-se suas propriedades físicas, químicas e biológicas;
II - Biodigestores: equipamento utilizado para o tratamento anaeróbico da matéria orgânica e geração de biogás;

III - Biomassa: todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizado na produção de biogás;

IV - Biometano: biocombustível gasoso constituído essencialmente de metano, derivado da purificação do biogás, nas especificações definidas pelos órgãos competentes;

V - Biogás: gás bruto obtido da biodigestão;

VI - Cadeia produtiva: conjunto de atividades e empreendimentos ligados entre si por relações contratuais e/ou comerciais que fazem parte de setores da economia que utilizam, produzem, industrializam, distribuem, transportam ou comercializam produtos e direitos derivados da biodigestão ou ainda que prestam serviços relacionados a esses produtos e direitos;

VII - Codigestão: mistura de substratos provenientes de diferentes origens, tais como os efluentes e resíduos orgânicos industriais, agropecuários e domésticos.

VIII - Dejetos da pecuária: mistura de fezes, urina e água de lavagem, gerados nos diferentes sistemas de produção;

IX - Digestato: efluente de biodigestores resultante da decomposição da biomassa pelo processo de biodigestão anaeróbia;

X - Efluente: despejos líquidos provenientes de estabelecimentos industriais (efluente industrial), das atividades humanas (efluente ou esgoto doméstico), das atividades agropecuárias e das redes pluviais;

XI - Efluente tratado: água residuária que atinge o padrão de lançamento em corpo d'água fixado pela Resolução nº 430/2011, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA);

XII - Empreendimento tipo de produção e comercialização de biogás ou biometano: empreendimento agrícola (granja), industrial ou comercial cujas características principais e cujos impactos ambientais são conhecidos e já estão previamente definidos pelos órgãos colegiados, consultivos e deliberativos competentes e em regulamento próprio;

XIII - Esterqueiras: sistema de armazenamento de dejetos ou depósitos que objetiva a redução da carga orgânica e mineralização dos dejetos provenientes de sistemas de produção pecuária;

XIV - Estudo Ambiental Simplificado (EAS): estudo técnico elaborado por equipe multidisciplinar que oferece elementos para a análise da viabilidade ambiental de empreendimentos ou atividades consideradas potencial ou efetivamente causadoras de degradação do meio ambiente. O objetivo de sua apresentação é a obtenção da Licença Ambiental Prévia.

XV - Gerador de biomassa: pessoa física ou jurídica que faz parte de cadeia produtiva que gera biomassa;

XVI - Gerador de resíduos e efluentes: pessoas físicas ou jurídicas que geram resíduos e efluentes em suas atividades;

XVII - Licença ambiental: ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetivas ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação e/ou modificação ambiental;

XVIII - Lodo de biodigestor: resíduo sólido formado pela sedimentação de partículas de maior granulometria e baixa biodegradabilidade que se acumula no fundo de biodigestores de lagoa coberta ou modelos sem agitação da biomassa e que apresenta teores consideráveis de nutrientes que possibilitam o seu uso para adubação do solo e nutrição de plantas;

XIX - Ponto de saturação: situação em que um empreendimento atinge a quantidade máxima suportável de matéria orgânica e de nutrientes, definida por ato regulamentar do órgão colegiado consultivo e deliberativo competente, sem comprometer a saúde humana e animal e o ambiente;

XX - Produtor de biogás: pessoa física ou jurídica que recicla e produz biomassa, utiliza diretamente ou comercializa biogás;

XXI - Produtor de biometano: pessoa física ou jurídica que purifica biogás para obter biometano, utiliza-o diretamente ou comercializa-o;

XXII - Relatório Ambiental Prévio (RAP): estudo técnico elaborado por equipe multidisciplinar habilitada, visando oferecer elementos para a análise da viabilidade ambiental de empreendimentos ou atividades consideradas potencial ou efetivamente causadoras de degradação do meio ambiente. O objetivo de sua apresentação é a obtenção da Licença Ambiental Prévia (LAP).

XXIII - Rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

XXIV - Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

XXV - Responsabilidade solidária: conjunto de obrigações encadeadas dos membros de uma mesma cadeia produtiva para dar destinação final adequada aos resíduos uns dos outros, para evitar atingir o ponto de saturação em qualquer de seus empreendimentos, de modo a evitar impactos à saúde humana e animal e ao meio ambiente;

XXVI - Responsabilidade subsidiária: conjunto de obrigações encadeadas e atribuições individualizadas, assumidas contratualmente pelos geradores de biomassa, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados e para reduzir impactos à saúde humana e animal e ao meio ambiente.

CAPÍTULO II ASPECTOS TÉCNICOS

Art. 2. É de responsabilidade do gerador de dejetos da pecuária, resíduos e efluentes, compreendendo toda a cadeia produtiva, dar-lhes a destinação adequada, indicando-se, sempre que possível, a utilização dos biodigestores como a técnica mais adequada ambientalmente e energeticamente de aproveitamento.

Seção I Das etapas de produção

Subseção I Do Transporte do substrato

Art. 3. O transporte do substrato ao biodigestor, quando necessário, deverá atender aos seguintes critérios, de forma a evitar vazamentos e derramamentos:

I - O transporte dos substratos à instalação deve ser realizado em caçambas/carretas apropriadas ao material e sem permitir vazamentos;

II - Devem ser utilizados veículos fechados (tipo limpa-fossa, caminhão-pipa) para transporte de substratos líquidos;

III - Deve ser mantido o nível de carregamento dos veículos de acordo com a capacidade indicada em peso e volume a ser transportado, evitando transbordamentos.

Subseção II Do Armazenamento, manuseio e introdução do substrato

Art. 4. O armazenamento, manuseio e introdução do substrato no biodigestor deverá ser planejado para atender às seguintes precauções de segurança:

I - Impermeabilização e vedação dos locais de armazenamento de substrato, evitando vazamentos para o solo;

II - Redução ao máximo do tempo de armazenamento dos substratos por meio de um planejamento logístico eficiente;

III - Evitar o fechamento de espaços onde haja manuseio de substratos, garantindo disponibilidade e fluxo de ar.

Subseção III Do biodigestor

Art. 5. É necessária a verificação de rotina da composição atmosférica do ambiente, de forma a monitorar a eventual formação de gases tóxicos e inflamáveis, levando-se em conta os limites de segurança das proporções volumétricas em que não se constata explosividade da mistura gasosa:

Acima de 16,5% de metano	Proporção de ar indiferente
Abaixo de 4,4% de metano	Proporção de ar indiferente
Abaixo de 58% de ar (11,6% de oxigênio)	Proporções de metano e gás inerte indiferentes
Acima de 86% de gás inerte	Proporção de ar indiferente

Art. 6. O tanque biodigestor deve possuir vedação e impermeabilização adequadas para evitar vazamentos e derramamentos.

Art. 7. A carga orgânica volumétrica (COV), o tempo de retenção hidráulica (TRH) e o dimensionamento do biodigestor deverão ser calculados e justificados por profissional habilitado, levando-se em conta o tipo de substrato utilizado.

Subseção IV Do digestato

Art. 8. O Estudo de Impacto Ambiental deverá indicar o destino que será dado ao digestato decorrente do processo de biodigestão, indicando, quando for o caso, o solo e a proporção de fertilizante que será aplicado, considerando a sua composição química.

Art. 9. A dose de fertilizante orgânico a ser aplicada no solo deve considerar as recomendações específicas para as diferentes classes de fertilidade do solo, demanda das culturas agrícolas e sua expectativa de rendimento, teor e índice de eficiência agronômica do fertilizante a ser empregado.

Art. 10. O armazenamento e transporte do digestato deve possuir vedação e impermeabilização adequadas para evitar vazamentos e derramamentos.

Art. 11. O digestato cujo destino seja a comercialização deverá atender aos requisitos da Instrução Normativa, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) nº 25/2009 e outras pertinentes.

Subseção V Do biogás

Art. 12. O biogás produzido em unidade de biodigestão deverá passar por controle de composição de componentes químicos continuamente, identificando o rendimento de biogás e biometano.

Art. 13. O biogás purificado produzido com finalidade de comercialização de biometano deverá atender aos requisitos da Resolução nº 08/2015, da Agência Nacional do Petróleo (ANP).

Art. 14. Deverá ser especificada a forma de utilização do biogás consumido na própria unidade produtora, considerando-se os impactos ambientais que possam envolver.

Seção II Quanto aos Efluentes Líquidos

Art. 15. Os efluentes somente podem ser lançados direta ou indiretamente nos corpos de água interiores, lagoas, estuários e na beira-mar quando obedecidas às condições previstas nas normas federais e as seguintes:

I - pH entre 6,0 e 9,0;

II - Assegurar o transporte e dispersão dos sólidos nos lançamentos subaquáticos em mar aberto, sendo que o limite para materiais sedimentáveis será fixado pelo órgão licenciador em cada caso, após estudo de impacto ambiental realizado pelo interessado;

III - Ausência de materiais flutuantes visíveis;

IV - Concentrações máximas dos seguintes parâmetros em miligramas por litro, além de outros a serem estabelecidos:

a) óleos vegetais e gorduras animais: 30,0 mg/L;

b) cromo hexavalente: 0,1 mg/L;

c) cobre total: 0,5 mg/L;

d) cádmio total: 0,1 mg/L;

e) mercúrio total: 0,005 mg/L;

f) níquel total: 1,0 mg/L;

g) zinco total: 1,0 mg/L;

h) arsênio total: 0,1 mg/L;

i) prata total: 0,02 mg/L;

j) selênio total: 0,02 mg/L;

k) manganês + 2 solúvel: 1,0 mg/L;

l) fenóis: 0,2 mg/L;

m) substâncias tensoativas que reagem ao azul de metileno: 2,0 mg/L;

n) compostos organofosforados e carbamatos: 0,1 mg/L;

o) sulfeto de carbono, etileno: 1,0 mg/L;

p) outros compostos organoclorados: 0,05 mg/L.

V - Lançamentos em trechos de lagoas, lagoas e estuários, além dos itens anteriores, devendo ser observado o limite de 4 mg/l de concentração de fósforo total, sendo que o efluente deve atender aos valores de concentração acima estabelecidos ou os sistemas de tratamento que devem operar com a eficiência mínima de 75% (setenta e cinco por cento) na remoção de fósforo, desde que não altere as características dos corpos de água previstas em lei.

Seção III

Quanto aos resíduos sólidos e rejeitos

Art. 17. Os resíduos sólidos e rejeitos gerados em unidades de biodigestão, deverão ser acondicionados, armazenados, tratados e destinados de forma técnica e ambientalmente adequadas e basicamente são gerados nos seguintes pontos:

I - Resíduos da triagem;

II - Resíduos do pré-tratamento;

III - Lodo do biodigestor;

IV - Resíduos sanitários e de escritórios de estruturas auxiliares (ex: vestiário, laboratório, refeitório, prédio administrativo);

V - Resíduos da manutenção de equipamentos.

Parágrafo único: Deverão ser apresentados os Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para obtenção da Licença Ambiental de Instalação (LAI).

Seção IV

Quanto às emissões atmosféricas

Art. 18. As emissões atmosféricas deverão atender aos critérios e padrões definidos na Resolução nº 382/2006, do CONAMA, ou disposições do órgão ambiental estadual que venham a complementá-la.

Seção V

Quanto ao gerenciamento de riscos e segurança

Art. 19. Deverão ser observadas, tanto na instalação quanto no manejo contínuo, as Normas Regulamentadoras que forem pertinentes para garantia da segurança e saúde no trabalho de todos os que tenham contato com as etapas da produção de biogás.

Art. 20. Deverá ser realizado treinamento por profissional capacitado sobre as rotinas e o manuseio do biodigestor, de forma a evitar e minimizar eventuais riscos ambientais e à saúde humana.

Art. 21. É obrigatório o fornecimento e uso de Equipamentos de Proteção (EPI) Individual aos que estiverem envolvidos em todas as etapas produtivas.

CAPÍTULO III ASPECTOS LOCACIONAIS

Art. 22. A implantação de Biodigestores quanto à localização, deverá atender, no mínimo, os seguintes critérios:

I - A área do empreendimento, deve situar-se a uma distância mínima de corpos hídricos, de modo a não atingir áreas de preservação permanente, conforme estabelecido na Lei nº 12.651/2012;

II. Para a localização das construções de biodigestores devem ser consideradas as condições ambientais da área e do seu entorno, bem como, a direção predominante dos ventos na região, de forma a impedir a propagação de odores para cidades, núcleos populacionais e habitações mais próximas.

CAPÍTULO IV DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 24. O procedimento estabelecido nesta Resolução não dispensa a necessidade da manifestação de órgãos intervenientes externos ao órgão licenciador, tais como Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI), Instituto Nacional de Colonização Reforma Agrária (INCRA), Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Departamento de Estradas de Rodagem (DER) e demais órgãos estaduais, quando assim previstos legalmente.

Art. 25. Constatada a existência de pendência judicial envolvendo o empreendedor, o empreendimento ou o imóvel, a decisão administrativa sobre a eventual suspensão do licenciamento será precedida de manifestação jurídica do órgão ambiental competente no prazo máximo de 30 (trinta) dias.

Art. 26. Esta Resolução deverá ser reavaliada a cada quatro (4) anos ou a qualquer tempo, quando o órgão ambiental considerar necessário.

Art. 27. O não cumprimento do disposto nesta Resolução sujeitará os infratores às sanções previstas em Leis Federais nº 6.938/1981 e nº 9.605/1998 e seus decretos regulamentadores.

Art. 28. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

CONSIDERAÇÕES

O presente artigo apresentou um breve estudo sobre o setor do biogás no Brasil e seus potenciais impactos ambientais, deu destaque a importância do estabelecimento de critérios e padrões voltados ao licenciamento ambiental de plantas de biogás oriundos de resíduos da pecuária e, para essa demanda, foi apresentada uma proposta de instrumento jurídica na forma de Resolução.

Foi possível averiguar a existência de uma série de impactos ambientais próprios das atividades de geração de biogás, para os quais devem ser previstas medidas mitigadoras e condições específicas de funcionamento durante o processo de licenciamento, de forma a evitar eventuais danos ao meio ambiente e à saúde humana. Constatou-se, ainda, 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 CRFB/1988 e Lei nº 6.938/1981.

Desta forma, foi possível identificar a importância de que se estabeleça uma referência nacional para parametrizar as regulações estaduais da referida atividade. Para tanto, realizou-se a compilação de diversas normativas ambientais e procedimentais estaduais e nacionais que já trazem conceitos, diretrizes e parâmetros aplicáveis à atividade de geração de biogás. As normativas estudadas foram de grande relevância para a elaboração dos diferentes capítulos da proposta de Resolução apresentada, uma vez que serviram de subsídio para compor as definições, critérios, diretrizes e procedimentos para o licenciamento ambiental de aproveitamento energético de biogás.

Entende-se que a proposta de instrumento legal elaborada é de grande relevância para aprimoramento da regulação ambiental correlata à atividade, reunindo conceitos das legislações federais e estaduais em uma única norma. Por fim, espera-se que a regulamentação do procedimento de licenciamento ambiental da geração de biogás a partir de dejetos da pecuária possa trazer maior segurança jurídica, fomento a essa atividade econômica e maior proteção ambiental.

REFERÊNCIAS

ABIOGÁS. Associação Brasileira do Biogás. **Guia de Licenciamento**. S/D. Disponível em: <https://uploads->

ssl.webflow.com/632ab10950c5e334290bfadf/6390e020a5fea59db1b4ea53_guia-licenciamento-abiogas.pdf. Acesso em: 15 ago. 2023.

ABIOGÁS. Associação Brasileira do Biogás. **O Potencial brasileiro do biogás.** 2020b. Disponível em: https://uploads-ssl.webflow.com/632ab10950c5e334290bfadf/6390e394c734a95f3032a2da_NOTA-TECNICA_POTENCIAL_ABIOGAS.pdf. Acesso em: 18 jul. 2023.

ABIOGÁS. Associação Brasileira do Biogás. Panorama do biogás no Brasil 2020a. **Nota técnica 001/2021.** Disponível em: https://uploads-ssl.webflow.com/632ab10950c5e334290bfadf/6390e019fff062ab7bcaa338_PANORAMA-DO-BIOGAS-NO-BRASIL-2020-v.8.0-1_1.pdf. Acesso em: 10 ago. 2023.

ANP. Agência Nacional do Petróleo. **Resolução nº08**, de 30 de janeiro de 2015. Estabelece a especificação do Biometano contida no Regulamento Técnico ANP nº 1/2015, parte integrante desta Resolução. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=280722>. Acesso em: 27 jul. 2023.

Brasil, **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 22 ago. 2022.

Brasil. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 27 jul. 2023.

Brasil. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, PROBIOGÁS. **Conceitos para o licenciamento ambiental de usinas de biogás.** 1ª Edição ed. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2016. Disponível em: <https://pnla.mma.gov.br/publicacoes-diversas?download=59:licenciamento-para-usinas-de-biogas&start=60>. 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. 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: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 29 ago. 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, Pereira Gomes. F. C. de S. [et al.]. – Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/310799553_Conceitos_para_licenciamento_ambiental_de_usinas_de_Biogas. Acesso em: 27 jul. 2023.

CIBIOGÁS. Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás. **Panorama do Biogás no Brasil 2021**. CIBiogás (Brasil) Relatório Técnico nº 001/2022 – Foz do Iguaçu, CIBiogás, 2022. Disponível em: <https://cibiogas.org/wp-content/uploads/2022/04/NT-PANORAMA-DO-BIOGAS-NO-BRASIL-2021.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2023.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 237**, de 22 de dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 15 set. 2022.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Nº 382**, de 26 de dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=106471#:~:text=Estabelece%20os%20limites%20m%C3%A1ximos%20de%20emiss%C3%A3o%20de%20poluentes%20atmosf%C3%A9ricos%20para%20fontes%20fixas>. Acesso em: 15 set. 2022.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>. Acesso em: 15 set. 2022.

CONSEMA. Conselho Estadual do Meio Ambiente. **Resolução nº 114**, de 10 de novembro de 2017. Estabelece diretrizes e critérios para elaboração de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). Disponível em: <https://www.sde.sc.gov.br/index.php/biblioteca/consema/legislacao/resolucoes/2017/2228-resolucao-consema-n-114-2017/file>. Acesso em 15 ago. 2023.

CONSEMA. Conselho Estadual do Meio Ambiente. **Resolução nº 143**, de 1º de novembro de 2019. Define critérios para o licenciamento ambiental e monitoramento das atividades relativas à suinocultura. Disponível em: <https://www.sde.sc.gov.br/index.php/biblioteca/consema/legislacao/resolucoes?limit=20&limitstart=60>. Acesso em: 15 set. 2022.

CONSEMA. Conselho Estadual do Meio Ambiente. **Resolução nº 181**, de 02 de agosto de 2021. Estabelece as diretrizes para os padrões de lançamento de efluentes. Disponível em: <https://www.sde.sc.gov.br/index.php/biblioteca/consema/legislacao/resolucoes/2021-1/2162-resolucao-consema-n-181-2021-1/file>. Acesso em: 15 ago. 2023.

Deboni, F. V. **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. Disponível em:
<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/49396>. Acesso em: 15 ago. 2023.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, MME - Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia 2050. 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: 13 ago. 2023.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional - BEN, 2022. Ano base 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf. Acesso em: 13 mar. 2023.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional – BEN, 2023. Ano base 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-681/BEN_S%C3%ADntese_2023_PT.pdf. Acesso em: 13 ago. 2023.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais. **Guia técnico ambiental de biogás na agroindústria**. Belo Horizonte: 2015. 81p. Disponível em:
http://www.feam.br/images/stories/2015/PRODUCAO_SUSATENTAVEL/GUIAS-TECNICOS-AMBIENTAIS/Guia_Biog%C3%A1s.pdf. Acesso em: 27 jul. 2023.

Garfí, M; Castro, L; Montero, N; Escalante, H; Ferrer, I. Evaluating environmental benefits of low-cost biogas digesters in small-scale farms in Colombia: A life cycle assessment. **Bioresource Technology**, Volume 274, 2019, Pages 541-548, ISSN 0960-8524. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.12.007>. Acesso em: 1 dez. 2022.

Hollas, C. E; Cubas, K. G. do A; Lange, M. V; Higarashi, M. M; Steinmetz, R. L. R; Barros, E. C; Mariani, L. F; Nakano, V; Kunz, A; Sanches-Pereira, A; Jannuzzi, G. de M. Life cycle assessment of waste management from the Brazilian pig chain residues in two perspectives: Electricity and biomethane production. **Journal of Cleaner Production**, Volume 354, 2022, 131654, ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131654>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652622012707>. Acesso em: 1 dez. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Pecuária Municipal 2021**. ISSN 0101-4234. Disponível em:
<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=784>. Acesso em: 18 fev. 2023.

IMA. Instituto de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina. **Instrução Normativa nº 65**, de 10 de fevereiro de 2020. Disponível em:
<https://in.ima.sc.gov.br/>. Acesso em: 1 dez. 2020.

Instituto 17. **Biogás no Brasil: Barreiras e recomendações para o desenvolvimento do setor.** Programa de Energia para o Brasil – BEP (Brasil). Relatório Técnico i17 01:2021. São Paulo/SP: Instituto 17, 2021. Disponível em: <https://i17.eco.br/wp-content/uploads/2022/11/RT01-2021.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2023.

Instituto 17. **Biogás no Brasil: Potencial de descarbonização a curto prazo.** Programa de Energia para o Brasil – BEP (Brasil). Relatório técnico 01-2022. São Paulo/SP: Instituto 17, 2022. Disponível em: <https://i17.eco.br/wp-content/uploads/2022/11/RT01-2022.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2023.

Kanda, W; et al. Policy coherence in a fragmented context: the case of biogas systems in Brazil. **Energy Research and Social Science**, v. 87, 1 Maio 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629621005417>. Acesso em: 27 jul. 2023.

KUNZ, A. et al. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato.** Concórdia: EMBRAPA, 2019.

Paraná. **Resolução SEDEST nº 8**, de 23 de fevereiro de 2021. Estabelece definições, critérios, diretrizes e procedimentos para licenciamento ambiental de biodigestores com aproveitamento energético de biogás no âmbito do Estado do Paraná. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=410825>. Acesso em: 27 jul. 2023.

Pizarro-Loiaza, C. A; Antón, A; Torrellas, M; Torres-Lozada, P; Palatsi, J; Bonmatí, A. Environmental, social and health benefits of alternative renewable energy sources. Case study for household biogas digesters in rural areas. **Journal of Cleaner Production**, Volume 297, 2021, 126722, ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126722>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621009422>, Acesso em: 27 jul. 2023.

Poeschl, M; et al. Dispersion of Antibiotic Resistance Genes (ARGs) from stored swine manure biogas digestate to the atmosphere. **Journal of Cleaner Production**, v. 24, n. 5, p. 469–485, 2021c. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144108>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720376397>. Acesso em: 27 jul. 2023.

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, 2021a. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.039>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965261100480X>. Acesso em 27 jul. 2023.

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, 2021b.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.030>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652611004161>.
Acesso em: 27 jul. 2023.

Santa Catarina. **Lei nº 17.542**, de 12 de julho de 2018. Institui a Política Estadual do Biogás e estabelece outras providências. Florianópolis: Governo do Estado de Santa Catarina. 2018b. Disponível em:
http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2018/17542_2018_lei.html#:~:text=1%C2%BA%20Fica%20institui%C3%ADda%20a%20Pol%C3%ADtica,explora%C3%A7%C3%A3o%2C%20ao%20gerenciamento%20e%20%C3%A0. Acesso em: 1 dez. 2020

Santa Catarina. **Lei nº 6.320**, de 20 de dezembro de 1983. Dispõe sobre normas gerais de saúde, estabelece penalidades e dá outras providências. Florianópolis: Governo do Estado de Santa Catarina. 1983. Disponível em:
http://leis.alesc.sc.gov.br/html/1983/6320_1983_Lei.html#:~:text=Toda%20pessoa%20poder%C3%A1%20instalar%20ou,da%20lei%20e%20dos%20regulamentos.
Acesso em: 15 ago. 2023.

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. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101796>.
Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714420306735>.
Acesso em: 27 jul. 2023.

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.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.037>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148119310572>.
Acesso em: 27 jul. 2023.

Zhang, C; Xu, Y. Economic Analysis of large-scale farm biogas power generation system considering environmental benefits based on LCA: A case study in China. **Journal of Cleaner Production**, Volume 258, 2020, 120985, ISSN 0959-6526.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120985>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620310325>.
Acesso em: 27 jul. 2023.