REVISTA DIGITAL ACADÊMICO MUNDO

A EVOLUÇÃO REGULATÓRIA DO USO AGRÍCOLA DE BIOSSÓLIDOS NO PARANÁ: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DAS RESOLUÇÕES CONAMA Nº 498/2020, SEMA Nº 021/2009 E DA INSTRUÇÃO NORMATIVA IAT Nº 38/2025

THE REGULATORY EVOLUTION OF AGRICULTURAL BIOSOLIDS USE IN PARANÁ: A COMPARATIVE ANALYSIS OF CONAMA RESOLUTION NO. 498/2020, SEMA RESOLUTION NO. 021/2009, AND IAT NORMATIVE INSTRUCTION NO. 38/2025

LA EVOLUCIÓN REGULATORIA DEL USO AGRÍCOLA DE BIOSÓLIDOS EN PARANÁ: UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESOLUCIÓN N° 498/2020 DE CONAMA, LA RESOLUCIÓN N° 021/2009 DE SEMA Y LA INSTRUCCIÓN NORMATIVA N° 38/2025 DEL IAT

https://doi.org/10.56238/ramv20n19-001

Data de submissão: 09/08/2026 **Data de publicação:** 09/09/2026

Silvio da Silva Villela
Mestrando em Sustentabilidade pela Universidade Estadual de Maringá (UEM/IFPR)
Instituição: Instituto Federal do Paraná (IFPR)
E-mail: silviosvillela@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0008-3175-7600

Eduarda Jaqueline Lemes
Mestranda em Sustentabilidade pela Universidade Estadual de Maringá (UEM/IFPR)
Instituição: Instituto Federal do Paraná (IFPR)
E-mail: eduardajaquelinelemes@gmail.com

Eliane Pereira de Souza Mariano
Mestranda em Sustentabilidade pela Universidade Estadual de Maringá (UEM/IFPR)
Instituição: Instituto Federal do Paraná (IFPR)
E-mail: elianepereiradesouzamariano@gmail.com

Fabiano Antonio de Melo
Mestrando em Sustentabilidade pela Universidade Estadual de Maringá (UEM/IFPR)
Instituição: Instituto Federal do Paraná (IFPR)
E-mail: fabianohaubert@gmail.com

Leila de Souza
Mestranda em Sustentabilidade pela Universidade Estadual de Maringá (UEM/IFPR)
Instituição: Universidade Estadual de Maringá (UEM)
E-mail: lsouza.leao@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0062-6495

ISSN: 2318-1494

Maria Angélica Germani
Mestranda em Sustentabilidade pela Universidade Estadual de Maringá (UEM/IFPR)
Instituição: Universidade Estadual de Maringá (UEM)
E-mail:pg407183@uem.br
Orcid: https://orcid.org/0009-0006-6679-6437

Alexandre Botari
Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP)
Instituição: Universidade Estadual de Maringá (UEM)
E-mail: abotari@uem.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-0736-8372

Josiane Barbosa Gouvêa
Doutora em Administração pela Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Instituição: Instituto Federal do Paraná (IFPR)
E-mail: josiane.gouvea@ifpr.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-4305-9104

Julio César Guerreiro
Doutor em Entomologia pela Universidade de São Paulo (USP)
Instituição: Universidade Estadual de Maringá (UEM)
E-mail: jcguerreiro@uem.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-4656-8657

Máriam Trierveiler Pereira
Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Instituição: Instituto Federal do Paraná (IFPR)
E-mail:mariam.pereira@ifpr.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0782-6967

Mariana Natale Fiorelli Fabiche
Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Instituição: Universidade Estadual de Maringá (UEM)
E-mail: mnffabiche@uem.br

Norma Barbado
Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)
Instituição: Instituto Federal do Paraná (IFPR)
E-mail: norma.barbado@ifpr.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-0562-3958

Samuel Ronobo Soares
Doutor em Letras pela Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Instituição: Instituto Federal do Paraná (IFPR)
E-mail: samuel.soares@ifpr.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-2027-9374

RESUMO
Este artigo analisa a evolução regulatória do uso agrícola de biossólidos no Paraná por meio da comparação entre as Resoluções: SEMA nº 021/2009, CONAMA nº 498/2020 e a Instrução Normativa IAT nº 38/2025. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, documental e comparativa. Os resultados indicam a harmonização de parâmetros técnicos com a regulamentação federal, especialmente quanto aos limites de substâncias inorgânicas e à classificação microbiológica. Entretanto, o Paraná manteve critérios mais rigorosos relacionados à segurança sanitária, à rastreabilidade e ao controle operacional. A análise também evidencia a consolidação do biossólido como insumo agronômico e destaca o programa SaneBio, da Sanepar, como instrumento de valorização desse material. Dessa forma, evidencia-se que o modelo regulatório paranaense combina adequação técnica e manutenção de mecanismos próprios de proteção ambiental e controle sanitário.

Palavras-chave: Economia Circular. Licenciamento Ambiental. Reciclagem de Nutrientes. Saneamento Básico. Segurança Sanitária.

ABSTRACT
This article analyzes the regulatory evolution of the agricultural use of biosolids in Paraná by comparing Resolutions SEMA Nº. 021/2009 and CONAMA Nº. 498/2020 with IAT Normative Instruction Nº. 38/2025. This is a qualitative, documentary, and comparative research. The results indicate a harmonization of technical parameters with federal regulations, particularly regarding the limits for inorganic substances and microbiological classification. However, Paraná has maintained more stringent criteria related to sanitary safety, traceability, and operational control. The analysis also demonstrates the consolidation of biosolids as an agronomic input and highlights Sanepar's SaneBio program as a tool for the material's valorization. Thus, it is evidenced that the Paranaense regulatory model combines technical suitability and the maintenance of specific mechanisms for environmental protection and sanitary oversight.

Keywords: Basic Sanitation. Circular Economy. Environmental Licensing. Nutrient Recycling. Sanitary Safety.

RESUMEN
Este artículo analiza la evolución regulatoria del uso agrícola de biosólidos en Paraná mediante una comparación entre las Resoluciones: SEMA N° 021/2009, CONAMA N° 498/2020 e Instrucción Normativa IAT N° 38/2025. Se trata de una investigación cualitativa, documental y comparativa. Los resultados indican la armonización de los parámetros técnicos con la normativa federal, especialmente en lo que respecta a los límites de sustancias inorgánicas y la clasificación microbiológica. Sin embargo, Paraná mantuvo criterios más rigurosos en materia de seguridad sanitaria, trazabilidad y control operacional. El análisis también resalta la consolidación de los biosólidos como insumo agronómico y enfatiza el programa SaneBio, de Sanepar, como instrumento para la valorización de este material. Así, se evidencia que el modelo regulatorio de Paraná combina la adecuación técnica con el mantenimiento de mecanismos propios de protección ambiental y control sanitario.

Palabras clave: Economía Circular. Licencias Ambientales. Reciclaje de Nutrientes. Saneamiento Básico. Seguridad Sanitaria.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a intensificação das atividades urbanas têm ampliado significativamente a geração de resíduos provenientes do saneamento básico, tornando sua gestão um dos principais desafios ambientais contemporâneos. Nesse contexto, o uso agrícola do lodo de esgoto destaca-se como uma alternativa ambientalmente sustentável, uma vez que possibilita a reciclagem de nutrientes e contribui para a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (Barros *et al*., 2011; Bittencourt *et al*., 2017).

No cenário nacional, o estado do Paraná consolidou-se como referência na gestão de biossólidos, posição impulsionada pelas iniciativas desenvolvidas pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) (Bittencourt *et al*., 2017). Entre essas iniciativas destaca-se o programa SaneBio, voltado à destinação agrícola e à valorização dos biossólidos, em consonância com os princípios da economia circular (Sanepar, 2026).

Contudo, a operacionalização dessa prática no Paraná ocorre em um contexto de transição regulatória, marcado pela coexistência de referenciais normativos distintos e pela recente atualização da legislação estadual (Paraná, 2009; Paraná, 2025). Durante mais de uma década, o estado operou sob a Resolução SEMA nº 021/2009, caracterizada por critérios técnicos e sanitários mais restritivos que aqueles adotados em âmbito nacional (Paraná, 2009).

Recentemente, a publicação da Instrução Normativa IAT nº 38/2025 atualizou o marco legal estadual, buscando harmonizar diversos critérios técnicos com a Resolução CONAMA nº 498/2020 (Brasil, 2020; Paraná, 2025). Apesar dessa aproximação regulatória, a norma paranaense preservou requisitos próprios relacionados à segurança sanitária, ao monitoramento e ao controle operacional da aplicação agrícola de biossólidos (Paraná, 2025).

Diante desse panorama, o presente artigo teve como objetivo analisar comparativamente a evolução dos critérios técnicos, sanitários e operacionais aplicáveis ao uso agrícola de biossólidos no Paraná, tomando como referência a Resolução SEMA nº 021/2009, a Resolução CONAMA nº 498/2020 e a Instrução Normativa IAT nº 38/2025 (Brasil, 2020; Paraná, 2009; Paraná, 2025). A pesquisa justifica-se pela necessidade de compreender como essa evolução normativa impacta a gestão ambiental do lodo de esgoto no Paraná, tomando como base os requisitos do Edital de Credenciamento nº 001/2026 da Sanepar, que já operacionaliza os novos critérios em vigor (Sanepar, 2026). A análise busca contribuir para o debate acerca da segurança jurídica e da proteção ambiental, fundamentais para a sustentabilidade da reciclagem agrícola de biossólidos.

2 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, documental, comparativa e explicativa, conforme a classificação proposta por Gil (2002). O delineamento documental fundamenta-se na análise de instrumentos normativos e documentos institucionais relacionados à gestão e ao uso agrícola de biossólidos no estado do Paraná.

As fontes primárias analisadas foram a Resolução CONAMA nº 498/2020, a Resolução SEMA nº 021/2009, a Instrução Normativa IAT nº 38/2025 e o Edital de Credenciamento nº 001/2026 da Sanepar. A seleção desses documentos justifica-se por representarem os principais marcos regulatórios e operacionais que disciplinam a produção, o gerenciamento e a aplicação agrícola de biossólidos no contexto estudado.

Quanto aos objetivos, a pesquisa possui caráter explicativo, buscando compreender as transformações ocorridas no marco regulatório paranaense e suas relações com as diretrizes estabelecidas em âmbito federal. Para tanto, foi realizada análise comparativa dos instrumentos normativos, considerando categorias previamente definidas, tais como classificação microbiológica, limites de substâncias inorgânicas, restrições de uso agrícola, mecanismos de rastreabilidade e atribuição de responsabilidades aos agentes envolvidos.

A interpretação dos dados foi conduzida por meio de análise documental e comparação sistemática dos dispositivos normativos, com o propósito de identificar convergências, divergências e alterações promovidas pela Instrução Normativa IAT nº 38/2025 em relação ao marco regulatório anteriormente vigente no Paraná.

3 RESULTADOS

3.1 EVOLUÇÃO CONCEITUAL E NORMATIVA DOS BIOSSÓLIDOS

A definição terminológica e o enquadramento jurídico do lodo de esgoto são elementos centrais para sua utilização agrícola. A Resolução CONAMA nº 498/2020 define biossólido como o produto resultante do tratamento do lodo de esgoto sanitário que atende aos critérios microbiológicos e químicos exigidos para aplicação em solos (Brasil, 2020), consolidando nacionalmente seu uso como insumo agronômico. No Paraná, entretanto, a Resolução SEMA nº 021/2009 adotava predominantemente as expressões “lodo de esgoto” e “produto derivado” (Paraná, 2009), refletindo uma abordagem voltada ao controle dos processos de tratamento, higienização e estabilização.

Segundo Bittencourt *et al*. (2017), essa estrutura contribuiu para consolidar o estado como referência nacional na gestão e no uso agrícola desses materiais.

A Instrução Normativa IAT nº 38/2025 atualizou esse modelo ao incorporar formalmente o conceito de biossólido e harmonizar diversos critérios técnicos com a Resolução CONAMA nº 498/2020 (Paraná, 2025; Brasil, 2020). Dessa forma, o Paraná passou a adotar uma base conceitual alinhada à regulamentação federal, preservando mecanismos próprios de controle e gestão e reconhecendo o potencial agronômico dos biossólidos em estratégias de economia circular, sem abrir mão dos padrões de segurança ambiental e sanitária historicamente adotados pelo estado (Bittencourt, 2023; Bittencourt *et al*., 2017).

3.2 GESTÃO DE BIOSSÓLIDOS NO PARANÁ E ATUAÇÃO DA SANEPAR

O estado do Paraná consolidou-se como referência nacional na gestão e destinação agrícola de biossólidos em razão da atuação da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) e do desenvolvimento de um modelo estruturado para o aproveitamento agrícola do lodo de esgoto. Segundo Bittencourt *et al*. (2017), a companhia transformou o desafio da disposição final desse resíduo em uma estratégia de reciclagem de nutrientes e melhoria da fertilidade dos solos, contribuindo para a consolidação de práticas alinhadas aos princípios da economia circular.

O estágio mais recente dessa evolução é representado pelo programa SaneBio, que organiza a destinação agrícola dos biossólidos produzidos pelas estações de tratamento de esgoto da Sanepar. Conforme o Edital de Credenciamento nº 001/2026, os materiais são classificados em cinco categorias, de A1 a B3, diferenciadas pelo teor de sólidos totais (ST) e pelos processos de higienização empregados, com ou sem adição de cal (Sanepar, 2026).

Um dos principais diferenciais do programa é a adoção do Valor Básico de Disponibilidade (VBD), mecanismo utilizado para atribuir valor econômico aos biossólidos disponibilizados aos produtores rurais. Calculado em reais por tonelada, o VBD reflete o potencial agronômico do material e constitui um instrumento de valorização do biossólido como recurso produtivo. Nesse sistema, categorias com maior potencial de aproveitamento agrícola apresentam valores superiores de referência, reforçando sua inserção em cadeias produtivas baseadas no reaproveitamento de nutrientes (Sanepar, 2026).

Paralelamente, a Sanepar mantém a disponibilização gratuita de biossólidos destinada aos pequenos produtores rurais. Enquanto o sistema baseado no VBD busca garantir quantitativos e prazos

compatíveis com o planejamento de produtores e empresas, a oferta gratuita preserva o apoio histórico à agricultura familiar e às pequenas propriedades. Assim, o programa concilia a lógica da economia circular com a função social da reciclagem de nutrientes, ampliando o acesso ao insumo para a melhoria da fertilidade do solo (Sanepar, 2026).

A operacionalização do programa envolve o tratamento, a higienização, a elaboração de projetos agronômicos e o acompanhamento das áreas receptoras, em conformidade com os requisitos ambientais vigentes. Dessa forma, o modelo adotado pela Sanepar integra valorização agronômica, controle técnico e rastreabilidade, constituindo referência nacional para o uso agrícola de biossólidos (Sanepar, 2026; Bittencourt *et al*., 2017).

3.3 COMPETÊNCIA CONCORRENTE E HARMONIZAÇÃO NORMATIVA

A gestão de biossólidos no Paraná está fundamentada no regime de competência concorrente previsto no Artigo 24 da Constituição Federal, segundo o qual cabe à União estabelecer normas gerais e aos estados suplementá-las de acordo com suas particularidades ambientais e regionais (Brasil, 1988). Nesse contexto, a Resolução SEMA nº 021/2009 consolidou um modelo regulatório historicamente mais restritivo que os referenciais federais vigentes à época, refletindo a adoção do princípio da prevalência da norma mais protetiva ao meio ambiente (Paraná, 2009; Bittencourt, 2023).

A publicação da Resolução CONAMA nº 498/2020 e, posteriormente, da Instrução Normativa IAT nº 38/2025 marcou uma nova etapa desse processo regulatório. O Quadro 1 sintetiza as principais convergências e diferenças entre os instrumentos analisados.

Quadro 1. Estrutura normativa, gestão e responsabilidades

Aspecto	CONAMA nº 498/2020 (Federal)	SEMA nº 021/2009 (Paraná - Histórico)	IN IAT 38/2025 (Paraná Atual)
Objeto	Critérios para produção e aplicação de biossólidos em solos.	Licenciamento ambiental e uso agrícola de lodo de esgoto e produtos derivados.	Licenciamento de Unidades de Gerenciamento de Lodo (UGL) e uso agrícola de lodo de esgoto higienizado e produtos derivados.
Terminologia principal	Biossólido.	Lodo de esgoto / produto derivado.	Biossólido / Lodo de esgoto higienizado.

ISSN: 2318-1494

Estrutura de gestão	Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL).	Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL).	Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL).
Licenciamento da UGL	Obrigatório.	Obrigatório.	Obrigatório.
Rastreabilidade	Envio anual de dados ao órgão ambiental.	Vinculada à área receptora e às cargas aplicadas.	Por lote via Autorização Ambiental (AA) e Relatório Anual.
Instrumentos	Plano de Gerenciamento, Projeto Agronômico e Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).	Plano de Gerenciamento, Projeto Agronômico e Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).	Plano de Gerenciamento, Projeto Agronômico e Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).
Responsabilidade técnica e jurídica	Define responsabilidades técnicas (UGL/Aplicação).	Solidária entre gerador, UGL, transportador e beneficiário.	Solidária entre gerador, UGL, proprietário e beneficiário.
Importação de lodo	Proibida.	Proibida.	Proibida.
Lodo de serviços de saúde, portos e aeroportos	Proibido.	Proibido.	Proibido.
Lodos perigosos	Vedados.	Vedados.	Vedados.

Fonte: Elaborado com base na Resolução CONAMA nº 498/2020, Resolução SEMA nº 021/2009 e Instrução Normativa IAT nº 38/2025.

Conforme demonstrado no Quadro 1, os instrumentos normativos analisados compartilham uma estrutura regulatória comum voltada à gestão e ao uso agrícola de biossólidos, evidenciando uma base de proteção ambiental e sanitária (Brasil, 2020; Paraná, 2009; Paraná, 2025).

Entretanto, persistem diferenças relevantes entre os modelos federal e estadual. Destaca-se, especialmente, a manutenção de mecanismos mais rigorosos de rastreabilidade e responsabilização no Paraná. Enquanto a Resolução CONAMA nº 498/2020 prioriza o monitoramento e o reporte periódico de informações ao órgão ambiental, a Instrução Normativa IAT nº 38/2025 preserva a exigência de Autorização Ambiental (AA) vinculada a cada lote destinado ao uso agrícola, além de estabelecer responsabilidades compartilhadas entre os agentes envolvidos no processo (Paraná, 2025). Esses elementos demonstram que a atualização normativa promovida pelo estado não representou uma

simples substituição do modelo anterior, mas sim uma estratégia de harmonização regulatória acompanhada da manutenção de instrumentos próprios de controle ambiental.

3.4 COMPARAÇÃO DOS PARÂMETROS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

A comparação entre os instrumentos normativos contempla os critérios microbiológicos de classificação dos biossólidos, os limites de substâncias inorgânicas e as restrições aplicáveis ao uso agrícola. Enquanto a Resolução CONAMA nº 498/2020 introduziu um sistema baseado em Classes 1 e 2 para substâncias inorgânicas e Classes A e B para parâmetros microbiológicos, a Resolução SEMA nº 021/2009 adotava critérios próprios, caracterizados por limites mais conservadores e pela ausência de categorias equivalentes de utilização (Brasil, 2020; Paraná, 2009). Com a publicação da Instrução Normativa IAT nº 38/2025, diversos parâmetros estaduais foram harmonizados com a regulamentação federal, preservando-se, contudo, mecanismos específicos de controle e restrição operacional (Paraná, 2025).

A Tabela 1 apresenta a comparação dos limites de substâncias inorgânicas previstos nos instrumentos normativos analisados.

Tabela 1. Limites de substâncias inorgânicas e parâmetros de controle

Aspecto	CONAMA nº 498/2020 (Federal)	SEMA nº 021/2009 (Paraná - Histórico)	IN IAT 38/2025 (Paraná - Atual)
Arsênio (As)	Classe 1: 41 mg/kg; Classe 2: 75 mg/kg.	41 mg/kg	Classe A: 41 mg/kg; Classe B: 75 mg/kg.
Bário (Ba)	Classe 1: 1.300 mg/kg; Classe 2: 2.000 mg/kg.	1.300 mg/kg	Classe A: 1.300 mg/kg; Classe B: 1.300 mg/kg.
Cádmio (Cd)	Classe 1: 39 mg/kg; Classe 2: 85 mg/kg.	20 mg/kg.	Classe A: 39 mg/kg; Classe B: 85 mg/kg.
Chumbo (Pb)	Classe 1: 300 mg/kg; Classe 2: 840 mg/kg.	300 mg/kg.	Classe A: 300 mg/kg; Classe B: 840 mg/kg.
Cobre (Cu)	Classe 1: 1.500 mg/kg; Classe 2: 4.300 mg/kg.	1.000 mg/kg.	Classe A: 1.500 mg/kg; Classe B: 4.300 mg/kg.

ISSN: 2318-1494

Cromo (Cr)	Classe 1: 1.000 mg/kg; Classe 2: 3.000 mg/kg.	1.000 mg/kg	Classe A: 1.000 mg/kg; Classe B: 3.000 mg/kg.
Mercúrio (Hg)	Classe 1: 17 mg/kg; Classe 2: 57 mg/kg.	16 mg/kg	Classe A: 17 mg/kg; Classe B: 57 mg/kg.
Molibdênio (Mo)	Classe 1: 50 mg/kg; Classe 2: 75 mg/kg.	50 mg/kg	Classe A: 50 mg/kg; Classe B: 75 mg/kg.
Níquel (Ni)	Classe 1: 420 mg/kg; Classe 2: 420 mg/kg.	190 mg/kg	Classe A: 420 mg/kg; Classe B: 420 mg/kg.
Selênio (Se)	Classe 1: 36 mg/kg; Classe 2: 100 mg/kg.	100 mg/kg.	Classe A: 36 mg/kg; Classe B: 100 mg/kg.
Zinco (Zn)	Classe 1: 2.800 mg/kg; Classe 2: 7.500 mg/kg.	2.500 mg/kg.	Classe A: 2.800 mg/kg; Classe B: 7.500 mg/kg.
Carga máxima acumulada	Define limites de carga máxima acumulada (kg/ha) para substâncias químicas.	Estabelece carga acumulada teórica (kg/ha) para substâncias inorgânicas.	Define limites de carga acumulada teórica (kg/ha) para substâncias inorgânicas.
Taxa máxima anual (kg/ha/ano)	Limitante obrigatória para a aplicação de biossólidos de Classe 2	Ausência de categoria de uso controlado; baseada em padrão único.	Estabelece limites por substância inorgânica para as classes A e B.
Enquadramento de materiais com teores elevados	Permite aplicação da Classe 2 mediante controle rigoroso de taxas e cargas acumuladas.	Veta integralmente o uso de materiais com teores acima do limite máximo único.	Permite Classe B para usos restritos (ex: cana); veta lotes que excedam os limites máximos.

Fonte: Elaborada com base na Resolução CONAMA nº 498/2020, Resolução SEMA nº 021/2009 e Instrução Normativa IAT nº 38/2025.

A análise da Tabela 1 demonstra que a Resolução SEMA nº 021/2009 estabelecia limites mais restritivos para a maior parte dos elementos monitorados, sobretudo para Cádmio e Cobre, cujos valores máximos permitidos no Paraná eram inferiores aos posteriormente adotados pela Resolução CONAMA nº 498/2020. Com a entrada em vigor da Instrução Normativa IAT nº 38/2025, esses parâmetros foram ajustados aos limites federais (Brasil, 2020; Paraná, 2009; Paraná, 2025).

A principal exceção foi o Selênio. Diferentemente dos demais elementos, a Resolução CONAMA nº 498/2020 já estabelecia um limite mais restritivo para biossólidos de melhor qualidade (36 mg/kg), enquanto a Resolução SEMA nº 021/2009 permitia até 100 mg/kg. Com a atualização

promovida pela IN IAT nº 38/2025, o Paraná passou a adotar esse parâmetro para biossólidos Classe A. Em sentido oposto, o estado manteve o limite histórico para o Bário, rejeitando a flexibilização prevista para biossólidos Classe 2 e preservando o valor de 1.300 mg/kg para a Classe B.

As diferenças entre os instrumentos normativos não se restringem aos limites de substâncias inorgânicas. A Tabela 2 sintetiza os critérios microbiológicos, operacionais e as restrições de uso agrícola, permitindo avaliar o grau de convergência e as especificidades mantidas pela regulamentação paranaense após a publicação da Instrução Normativa IAT nº 38/2025.

Tabela 2. Critérios sanitários, operacionais e restrições de uso agrícola

Aspecto	CONAMA nº 498/2020 (Federal)	SEMA nº 021/2009 (Paraná - Histórico)	IN IAT 38/2025 (PR Atual)
Classificação microbiológica	Classe A e Classe B.	Unificada: Requisitos mínimos fixos de qualidade	Classe A e Classe B.
Classificação química	Classe 1 e Classe 2.	Unificada: Requisitos mínimos fixos de qualidade	Classe A e Classe B.
Critério microbiológico principal	*Escherichia coli* e ovos viáveis de helmintos.	Coliformes termotolerantes, *Salmonella*, vírus e helmintos.	*Escherichia Coli*, ovos viáveis de helmintos e *Salmonella*.
Classe A (*E. coli*)	≤ 10^3 NMP/g ST.	Não há classificação equivalente.	< 10^3 NMP/g ST.
Classe B (*E. coli*)	≤ 10^6 NMP/g ST.	Não há classificação equivalente.	< 10^6 NMP/g ST.
Ovos viáveis de helmintos	< 1,0 ovo/g ST (Classe A).	< 0,25 ovo/g ST (Padrão único).	< 0,25 ovo/g ST (Classe A); < 10 ovos/g ST (Classe B).
Redução de vetores	Exigida (Relação SV/ST < 0,65 ou critérios de processo).	Exigida (Relação SV/ST < 0,70 ou critérios de processo).	Exigida (Relação SV/ST < 0,65 ou critérios de processo).
Estabilização alcalina	pH > 12 por 72h e Temp. > 50ºC por 12h (Classe A) ou pH > 12 por 2h (Classe B).	Exige Estabilização Alcalina Prolongada (EAP) com pH ≥ 12 por no mínimo 30 dias.	pH > 12 por 72h e Temp. > 50ºC por 12h (Classe A) ou pH ≥ 12 por 2h (Classe B).

Controle operacional	Exige monitoramento e reporte de parâmetros operacionais de higienização e redução de vetores.	Vinculado estritamente à redução de patógenos e à atratividade de vetores conforme o processo de tratamento.	Exige monitoramento rigoroso e registro de parâmetros de processo por lote.
Critério para cálculo de dose	Baseado na necessidade de Nitrogênio da cultura e na carga máxima acumulada.	Baseado no Nitrogênio disponível ou na elevação de pH (ensaio de incubação) para lodos com cal.	Baseado no Nitrogênio disponível ou na Saturação por Bases (V%) para biossólidos alcalinos.
Declividade	Estabelece restrições gerais de aplicação conforme o manejo.	Define limites de 8%, 15%, 18% e 25% conforme o método de aplicação e aptidão.	Define limites por Classe de Aptidão do Solo e método de aplicação (superficial/subsuperficial)
Lençol freático	Considerado nas restrições locacionais do projeto agronômico.	Proibida aplicação se a profundidade do lençol for inferior a 1,5 metro.	Proibida aplicação se profundidade do lençol for inferior a 1,0 metro.
Monitoramento de fertilidade	Prevê avaliação prévia e acompanhamento das necessidades nutricionais.	Exigido no mínimo a cada 3 anos ou antes de cada aplicação (lodo alcalino).	Exigido conforme a necessidade ou antes de cada aplicação (lodo alcalino).
Monitoramento de inorgânicos no solo	Exigido a cada aplicação sempre que a substância for limitante da dose.	Exigido quando a carga acumulada atinge 80% do limite ou a cada 5 aplicações.	Exigido quando a carga acumulada atinge 80% do limite ou a cada 5 aplicações.
Uso em culturas alimentares consumidas cruas	Permitido (Classe A) com carência de 30 dias antes da colheita.	Proibido.Proibido o uso direto; implantação permitida 48 meses após a última aplicação.	Proibido o uso direto; implantação permitida 12 meses após a última aplicação.
Uso em pastagens	Permitido (Classe A) com carência de 30 dias antes do pastejo	Proibido.Proibido o uso direto; implantação permitida 24 meses após a última aplicação	Permitida a implantação 4 meses após a última aplicação (Classe A).
Uso em olerícolas e raízes	Permitido (Classe A) com carência de 30 dias antes da colheita.	Proibido o uso direto; plantio permitido após 48 meses da aplicação.	Proibido o uso direto; plantio permitido após 12 meses da aplicação.

Intervalo antes da colheita/uso	Variável: 30 dias (Classe A) a 4 meses (Classe B) conforme a cultura	Prazos de interdição de 24 meses (pastagens) a 48 meses (olerícolas).	60 dias para forrageiras e interdição de 12 meses para olerícolas e raízes.
Uso em recuperação de áreas degradadas	Permitido para todas as classes; cálculo de dose por Matéria Orgânica.	Permitido sob controle ambiental, seguindo critérios de aptidão.	Permitido; cálculo de dose baseado em Matéria Orgânica ou nitrogênio.
Unidades de Conservação	Permitido; em áreas de Proteção Integral admite-se apenas Classe A1 (Classe microbiológica A e Classe química 1).	Proibido, com exceção das Áreas de Proteção Ambiental (APA).	Proibido, exceto APAs e zonas de amortecimento sob restrições.

Nota: NMP = Número Mais Provável; ST = Sólidos Totais; SV/ST = relação entre Sólidos Voláteis e Sólidos Totais; Temp. = temperatura; pH = potencial hidrogeniônico; EAP = Estabilização Alcalina Prolongada; V% = Saturação por Bases. As concentrações microbiológicas são expressas em NMP/g ST ou ovos viáveis/g ST, conforme o parâmetro avaliado.
Fonte: Elaborada com base na Resolução CONAMA nº 498/2020, Resolução SEMA nº 021/2009 e Instrução Normativa IAT nº 38/2025.

Os critérios apresentados na Tabela 2 demonstram que, embora a Instrução Normativa IAT nº 38/2025 tenha promovido a adequação de diversos critérios à Resolução CONAMA nº 498/2020, o Paraná manteve exigências mais rigorosas em aspectos considerados estratégicos para a proteção ambiental e sanitária (Brasil, 2020; Paraná, 2025).

Entre os principais diferenciais está a classificação microbiológica dos biossólidos. A Resolução CONAMA nº 498/2020 estabelece para os biossólidos Classe A o limite de menos de 1,0 ovo viável de helminto por grama de sólidos totais, enquanto a Instrução Normativa IAT nº 38/2025 manteve o limite histórico de menos de 0,25 ovo viável/g ST, anteriormente previsto na Resolução SEMA nº 021/2009 (Brasil, 2020; Paraná, 2009; Paraná, 2025). Esse critério evidencia a opção do estado pela manutenção de padrões sanitários mais restritivos, mesmo após o processo de alinhamento regulatório promovido pela nova norma.

As restrições relacionadas ao uso agrícola também permanecem mais conservadoras no âmbito estadual. Para a implantação de pastagens, por exemplo, a norma paranaense exige um período de carência de quatro meses após a aplicação do biossólido, ao passo que a Resolução CONAMA nº 498/2020 admite intervalos menores para materiais enquadrados na Classe A (Brasil, 2020; Paraná, 2025). Situação semelhante é observada para culturas olerícolas e outras atividades agrícolas consideradas mais sensíveis do ponto de vista sanitário.

Nesse contexto, a atualização normativa promovida pelo Paraná aproximou os parâmetros estaduais da regulamentação federal, especialmente quanto aos limites de substâncias inorgânicas. Entretanto, o estado preservou exigências mais rigorosas nos aspectos microbiológicos, operacionais e administrativos, combinando convergência técnica com mecanismos próprios de controle ambiental (Paraná, 2025; Brasil, 2020).

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO

Os resultados evidenciam que a evolução regulatória do uso agrícola de biossólidos no Paraná não ocorreu pela simples substituição de uma norma por outra, mas por um processo gradual de harmonização entre diretrizes federais e estaduais. A coexistência entre a Resolução CONAMA nº 498/2020, a Resolução SEMA nº 021/2009 e a Instrução Normativa IAT nº 38/2025 demonstra a dinâmica da competência concorrente prevista na Constituição Federal, pela qual a União estabelece normas gerais e os estados podem adotar critérios mais protetivos (Brasil, 1988; Bittencourt, 2023).

Nesse contexto, a experiência paranaense evidencia que a uniformização regulatória pode ocorrer sem a eliminação das especificidades locais (Bittencourt *et al*., 2017; Paraná, 2025). As comparações apresentadas no Quadro 1 e nas Tabelas 1 e 2 indicam que a principal transformação promovida pela IN IAT nº 38/2025 foi a aproximação dos parâmetros estaduais aos critérios definidos pela Resolução CONAMA nº 498/2020. Esse movimento é particularmente perceptível nos limites de substâncias inorgânicas, para os quais o Paraná abandonou parte do conservadorismo historicamente presente na Resolução SEMA nº 021/2009.

A harmonização para elementos como cádmio e cobre reduz divergências regulatórias e favorece a compatibilidade entre os procedimentos estaduais e nacionais. Ao mesmo tempo, a incorporação do limite mais restritivo para selênio e a manutenção do limite estadual mais rigoroso para bário demonstram que a convergência normativa não ocorreu exclusivamente por flexibilização dos critérios estaduais, mas também pela adoção de parâmetros federais mais protetivos e pela preservação de requisitos locais mais restritivos (Brasil, 2020; Paraná, 2025).

Entretanto, a análise dos critérios microbiológicos e das restrições de uso agrícola revela que a modernização regulatória não significou a descaracterização do modelo paranaense. A manutenção de limites mais rigorosos para ovos viáveis de helmintos e de períodos de carência superiores aos previstos na regulamentação federal para determinadas culturas, indicam a permanência de uma estratégia preventiva voltada à redução dos riscos sanitários associados à aplicação agrícola dos

biossólidos (Paraná, 2009; Paraná, 2025). Sob essa perspectiva, o estado preservou elementos centrais de sua tradição regulatória mesmo após a adoção de conceitos e classificações alinhados ao modelo nacional (Paraná, 2025).

Os resultados também demonstram que as diferenças mais expressivas entre os instrumentos normativos analisados passaram a concentrar-se nos aspectos operacionais e administrativos: enquanto a CONAMA nº 498/2020 prioriza mecanismos de monitoramento e reporte periódico das informações, a norma paranaense mantém exigências adicionais relacionadas à rastreabilidade, ao controle das áreas receptoras e à emissão de Autorizações Ambientais específicas para cada lote destinado ao uso agrícola (Paraná, 2025; Sanepar, 2026).

Esses procedimentos ampliam a capacidade de acompanhamento pelo órgão ambiental e fortalecem os mecanismos de controle, embora também imponham maior complexidade operacional aos gestores responsáveis pela execução dos programas de reciclagem agrícola (Bittencourt *et al*., 2017; Sanepar, 2026).

Essa dualidade entre proteção ambiental e complexidade regulatória constitui um dos principais achados do estudo. Por um lado, a predominância de requisitos mais restritivos contribui para ampliar as margens de segurança sanitária e ambiental, reduzindo potenciais riscos associados à aplicação de biossólidos em solos agrícolas (Paraná, 2025; Bittencourt, 2023). Esse direcionamento é coerente com a política ambiental do estado, que ocupou a primeira colocação no pilar Sustentabilidade Ambiental do Ranking de Competitividade dos Estados de 2024 (CLP, 2024). Por outro lado, o aumento das exigências documentais, dos procedimentos de monitoramento e das etapas de licenciamento pode elevar custos operacionais e dificultar a expansão de programas de aproveitamento agrícola em larga escala. Dessa forma, os benefícios associados ao rigor regulatório precisam ser analisados em conjunto com seus impactos sobre a eficiência operacional e a viabilidade dos sistemas de gestão (Sanepar, 2026; Bittencourt, 2023).

Nesse cenário, o programa SaneBio representa um exemplo relevante da adaptação institucional da Sanepar às exigências regulatórias contemporâneas (Sanepar, 2026; Paraná, 2025). No âmbito do Edital de Credenciamento nº 001/2026, o programa contempla UGLs localizadas nos municípios de Campo Mourão, Cianorte, Maringá, Nova Londrina, Paiçandu, Paranavaí e Umuarama, evidenciando sua aplicação em diferentes regiões do estado (Sanepar, 2026). Ao estruturar a destinação agrícola dos biossólidos por meio de critérios técnicos padronizados, mecanismos de rastreabilidade e

controle operacional, o programa demonstra a viabilidade da reciclagem agrícola mesmo em um contexto regulatório rigoroso (Bittencourt *et al*., 2017; Sanepar, 2026).

Complementarmente, o Valor Básico de Disponibilidade (VBD) incorpora uma dimensão econômica ao modelo ao estabelecer valores de referência entre R$ 15,00/t e R$ 74,00/t, conforme a categoria do biossólido, acrescidos dos custos de transporte quando aplicável. O edital também prevê volume mínimo de 50 toneladas por solicitação, buscando assegurar a viabilidade logística da operação. Esses mecanismos reforçam a inserção dos biossólidos na economia circular ao estimular seu aproveitamento como recurso produtivo e reduzir a dependência de formas convencionais de disposição final (Bittencourt, 2023; Sanepar, 2026).

Por fim, os resultados sugerem que a trajetória regulatória paranaense aponta para uma convergência seletiva com a regulamentação federal. Embora os limites químicos e parte dos critérios técnicos tenham sido harmonizados, permanecem diferenças relevantes relacionadas ao controle sanitário, à rastreabilidade e à gestão operacional (Paraná, 2009; Brasil, 2020; Paraná, 2025). Esse cenário indica que futuras revisões normativas provavelmente continuarão buscando equilíbrio entre simplificação regulatória, segurança ambiental e viabilidade operacional, aspectos fundamentais para a ampliação sustentável do uso agrícola de biossólidos no estado (Bittencourt *et al*., 2017; Paraná, 2025).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo analisou comparativamente a Resolução CONAMA nº 498/2020, a Resolução SEMA nº 021/2009 e a Instrução Normativa IAT nº 38/2025, visando compreender a evolução regulatória do uso agrícola de biossólidos no Paraná. Os resultados demonstraram que a atualização normativa estadual promoveu maior consonância com os critérios federais, especialmente quanto aos limites de substâncias inorgânicas e à classificação microbiológica dos biossólidos.

A análise evidenciou que o Paraná manteve exigências mais rigorosas de segurança sanitária, rastreabilidade e controle operacional, refletindo a competência concorrente em matéria ambiental e a adoção de critérios mais protetivos. Essa abordagem favorece a proteção ambiental e a segurança do uso agrícola dos biossólidos, embora implique maior complexidade administrativa.

Por fim, iniciativas como o programa SaneBio reforçam o potencial dos biossólidos na economia circular. Como limitação, a pesquisa restringiu-se à análise documental dos instrumentos

normativos. Estudos futuros poderão avaliar os efeitos práticos dessas normas na implementação e nos resultados dos programas de gerenciamento e uso agrícola de biossólidos no estado.

ISSN: 2318-1494

REFERÊNCIAS

BARROS, Ivaldete T.; ANDREOLI, Cleverson V.; SOUZA JUNIOR, Ivan G. de; COSTA, Antonio C. S. da. **Avaliação agronômica de biossólidos tratados por diferentes métodos químicos para aplicação na cultura do milho.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 15, n. 6, p. 630-638, 2011.

BITTENCOURT, Simone; AISSE, Miguel Mansur; SERRAT, Beatriz Maria. **Gestão do uso agrícola do lodo de esgoto: estudo de caso do estado do Paraná.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 6, p. 1129-1139, nov./dez. 2017.

BITTENCOURT, Simone. **Parâmetros agronômicos e inorgânicos de biossólido tratado por estabilização alcalina: um estudo de caso do estado do Paraná, Brasil, 2020 e 2021.** In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 7., 2023, Bento Gonçalves. Anais [...]. Bento Gonçalves: Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 2023.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 498, de 19 de agosto de 2020**. Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 161, p. 265-269, 21 ago. 2020

CENTRO DE LIDERANÇA PÚBLICA (CLP). **Ranking de Competitividade dos Estados**: edição 2024. São Paulo: CLP, 2024.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

PARANÁ. Instituto Água e Terra. **Instrução Normativa IAT nº 38, de 28 de abril de 2025**. Licenciamento de UGL e uso agrícola de lodo de esgoto no Paraná. Curitiba, PR, 2025.

PARANÁ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Resolução SEMA nº 021, de 22 de abril de 2009**. Licenciamento e padrões ambientais para empreendimentos de saneamento. Curitiba, PR, 2009.

SANEPAR. **Edital nº 001/2026 - DIN**. Credenciamento para uso do SaneBio (lodo de esgoto tratado). Curitiba, PR, 2026.