


**NITROGÊNIO AMONIAICAL TOTAL EM ÁGUAS E EFLUENTES: EVOLUÇÃO
NORMATIVA BRASILEIRA, COMPORTAMENTO AMBIENTAL E CRITÉRIOS ATUAIS
DE AVALIAÇÃO**

**TOTAL AMMONIACAL NITROGEN IN WATER AND WASTEWATER: EVOLUTION OF
BRAZILIAN REGULATIONS, ENVIRONMENTAL BEHAVIOR, AND CURRENT
EVALUATION CRITERIA**

**NITRÓGENO AMONIAICAL TOTAL EN AGUA Y AGUAS RESIDUALES: EVOLUCIÓN
DE LA NORMATIVA BRASILEÑA, COMPORTAMIENTO AMBIENTAL Y CRITERIOS
DE EVALUACIÓN ACTUALES**

 <https://doi.org/10.56238/arev8n5-028>

Data de submissão: 10/04/2026

Data de publicação: 10/05/2026

Patrícia Ferreira Silvério

Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental

Instituição: Consultoria, Planejamento e Estudos Ambientais (CPEA)

E-mail: patricia.silverio@cpeanet.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5770947414168339>

Cristina Gonçalves

Mestre em Química Analítica Ambiental

Instituição: Consultoria, Planejamento e Estudos Ambientais (CPEA)

E-mail: cristina.goncalves@cpeanet.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3610003788268183>

RESUMO

A amônia é uma das formas de nitrogênio de maior relevância para a avaliação da qualidade de águas superficiais, lançamento de efluentes e potabilidade, em razão de sua toxicidade à biota aquática, sua associação com processos de degradação da matéria orgânica e sua influência na aceitabilidade da água para consumo humano. No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357/2005 consolidou a adoção do parâmetro nitrogênio amoniacal total para padrões de qualidade de corpos d'água, em substituição à abordagem baseada diretamente na amônia não ionizável adotada pela Resolução CONAMA nº 20/1986. Posteriormente, a Resolução CONAMA nº 430/2011 complementou e alterou a CONAMA nº 357/2005 quanto às condições e padrões de lançamento de efluentes. Este artigo revisa os fundamentos químicos do equilíbrio entre NH_3 e NH_4^+ , o comportamento ambiental do nitrogênio amoniacal, os cuidados no reporte analítico, o histórico da legislação brasileira aplicável e os limites nacionais vigentes para águas doces, salinas, salobras, efluentes e água para consumo humano. São apresentados exemplos de interpretação normativa e de conversão de unidades, com ênfase na diferença entre nitrogênio amoniacal total, amônia livre, amônio e formas de expressão como N, NH_3 e NH_4^+ . Também se discute a evolução técnico-científica internacional, especialmente os critérios da USEPA de 2013 para proteção da vida aquática em água doce.

Palavras-chave: Nitrogênio Amoniacal Total. Amônia Livre. Amônio. Especificação Química. CONAMA 357/2005. CONAMA 430/2011. Portaria GM/MS 888/2021. Qualidade da Água. Lançamento de Efluentes.

ABSTRACT

Ammonia is one of the most relevant forms of nitrogen for assessing surface water quality, effluent discharge, and potability, due to its toxicity to aquatic biota, its association with organic matter degradation processes, and its influence on the acceptability of water for human consumption. In Brazil, CONAMA Resolution No. 357/2005 consolidated the adoption of the total ammoniacal nitrogen parameter for water body quality standards, replacing the approach based directly on non-ionizable ammonia adopted by CONAMA Resolution No. 20/1986. Subsequently, CONAMA Resolution No. 430/2011 complemented and amended CONAMA No. 357/2005 regarding the conditions and standards for effluent discharge. This article reviews the chemical fundamentals of the equilibrium between NH_3 and NH_4^+ , the environmental behavior of ammoniacal nitrogen, precautions in analytical reporting, the history of applicable Brazilian legislation, and the current national limits for freshwater, saline water, brackish water, effluents, and drinking water. Examples of normative interpretation and unit conversion are presented, emphasizing the difference between total ammoniacal nitrogen, free ammonia, ammonium, and forms of expression such as N, NH_3 , and NH_4^+ . The international technical and scientific evolution is also discussed, especially the 2013 USEPA criteria for the protection of aquatic life in freshwater.

Keywords: Total Ammoniacal Nitrogen. Free Ammonia. Ammonium. Chemical Speciation. CONAMA 357/2005. CONAMA 430/2011. GM/MS Ordinance 888/2021. Water Quality. Effluent Discharge.

RESUMEN

El amoníaco es una de las formas más relevantes de nitrógeno para evaluar la calidad del agua superficial, la descarga de efluentes y la potabilidad, debido a su toxicidad para la biota acuática, su asociación con los procesos de degradación de la materia orgánica y su influencia en la aceptabilidad del agua para el consumo humano. En Brasil, la Resolución N° 357/2005 de la CONAMA consolidó la adopción del parámetro de nitrógeno amoniacal total para los estándares de calidad del agua, reemplazando el enfoque basado directamente en el amoníaco no ionizable adoptado por la Resolución N° 20/1986 de la CONAMA. Posteriormente, la Resolución N° 430/2011 de la CONAMA complementó y modificó la Resolución N° 357/2005 con respecto a las condiciones y estándares para la descarga de efluentes. Este artículo revisa los fundamentos químicos del equilibrio entre NH_3 y NH_4^+ , el comportamiento ambiental del nitrógeno amoniacal, las precauciones en los informes analíticos, la historia de la legislación brasileña aplicable y los límites nacionales vigentes para agua dulce, agua salina, agua salobre, efluentes y agua potable. Se presentan ejemplos de interpretación normativa y conversión de unidades, haciendo hincapié en la diferencia entre nitrógeno amoniacal total, amoníaco libre, amonio y formas de expresión como N, NH_3 y NH_4^+ . También se analiza la evolución técnica y científica internacional, en particular los criterios de la USEPA de 2013 para la protección de la vida acuática en agua dulce.

Palabras clave: Nitrógeno Amoniacal Total. Amoníaco Libre. Amonio. Especiación Química. CONAMA 357/2005. CONAMA 430/2011. Ordenanza GM/MS 888/2021. Calidad del Agua. Descarga de Efluentes.

1 INTRODUÇÃO

O nitrogênio ocorre no ambiente em várias formas e estados de oxidação. No meio aquático, pode estar presente como nitrogênio molecular (N_2), em troca com a atmosfera, nitrogênio orgânico dissolvido ou particulado, nitrogênio amoniacal total, nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Essas formas nitrogenadas passam por processos físicos, químicos e biológicos de transformação, incluindo volatilização, sorção, sedimentação, assimilação por organismos, amonificação, nitrificação e desnitrificação.

O nitrogênio amoniacal total permanece como parâmetro crítico porque sintetiza a presença das espécies amônia não ionizada (NH_3) e íon amônio (NH_4^+). A forma de maior relevância toxicológica para organismos aquáticos é a amônia não ionizada, cuja fração aumenta com a elevação do pH e da temperatura. Por essa razão, a avaliação ambiental não deve se limitar ao valor analítico isolado, devendo considerar o contexto físico-químico do corpo hídrico ou do efluente.

Na prática, a interpretação inadequada de resultados de amônia ainda é comum. Laudos laboratoriais podem apresentar o parâmetro como nitrogênio amoniacal total, amônia como N, N- NH_3 , N- NH_4^+ , NH_3 ou NH_4^+ . A comparação direta entre resultados expressos em bases distintas pode levar a conclusões incorretas sobre conformidade legal, toxicidade e desempenho de sistemas de tratamento.

2 COMPORTAMENTO AMBIENTAL DO NITROGÊNIO AMONICAL

2.1 FONTES E FORMAÇÃO

O nitrogênio amoniacal ocorre naturalmente em ambientes aquáticos a partir da decomposição de matéria orgânica, da excreção da biota, da mineralização de compostos nitrogenados no solo e na água e de processos microbiológicos de transformação do nitrogênio. Também pode ser introduzido por fontes antrópicas, como esgotos sanitários, efluentes industriais, lixiviados de aterros, drenagem agropecuária, fertilizantes, criação animal e processos produtivos que utilizam ou geram compostos nitrogenados.

A presença de concentrações elevadas de nitrogênio amoniacal pode indicar lançamento recente de matéria orgânica nitrogenada, baixa eficiência de nitrificação, condições redutoras, elevada carga de esgoto ou contribuição de fontes industriais específicas. Entretanto, sua interpretação depende do conjunto de informações do sistema, incluindo oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH, temperatura, condutividade, salinidade, alcalinidade, formas oxidadas de nitrogênio e vazão.

2.2 TRANSFORMAÇÕES NO CICLO DO NITROGÊNIO

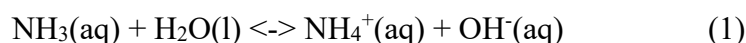
No meio aquático, as principais transformações relacionadas ao nitrogênio amoniacal são:

- Amonificação: conversão de nitrogênio orgânico em amônia/amônio durante a decomposição da matéria orgânica.
- Nitrificação: oxidação biológica do amônio a nitrito e, posteriormente, a nitrato, em condições aeróbias.
- Assimilação: incorporação de amônio ou nitrato por algas, macrófitas e microrganismos para síntese de biomassa.
- Desnitrificação: redução de nitrato a formas gasosas de nitrogênio, como N₂O e N₂, em condições anóxicas.
- Volatilização: transferência de NH₃ para a fase gasosa, favorecida por pH elevado, temperatura elevada, turbulência e baixa profundidade.
- Solução, sorção e interação com sedimentos: retenção ou liberação de formas nitrogenadas associadas a partículas, matéria orgânica e condições redox.

A nitrificação é particularmente relevante para a gestão da qualidade da água, pois consome oxigênio dissolvido e pode contribuir para a redução da disponibilidade de oxigênio para a biota. Em sistemas com baixa capacidade de reaeração ou elevada carga orgânica, a presença simultânea de nitrogênio amoniacal elevado, DBO elevada e oxigênio dissolvido reduzido pode indicar pressão significativa sobre o corpo receptor.

2.3 EQUILÍBRIO NH₃/NH₄⁺ E TOXICIDADE

Em soluções aquosas, a amônia não ionizada está em equilíbrio com o íon amônio, de forma simplificada, pela reação:

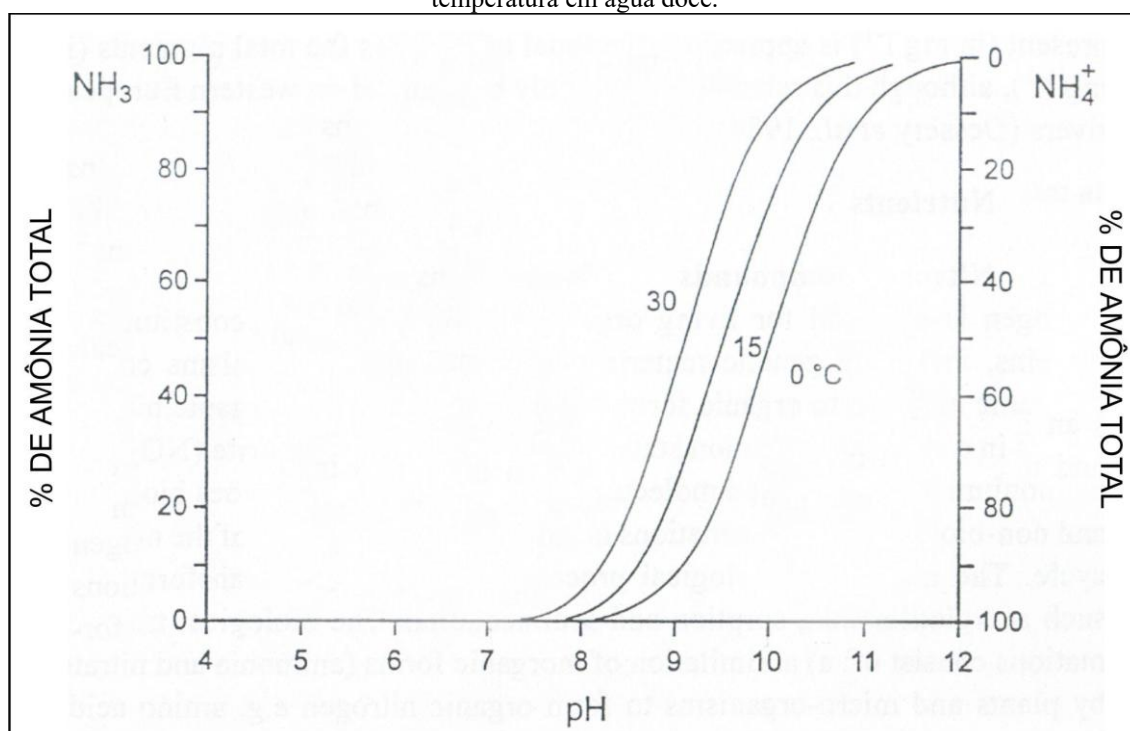


Em pH mais baixo, predomina o íon amônio (NH₄⁺), em pH mais alto, aumenta a fração de amônia (NH₃). Como a toxicidade aguda e crônica da amônia para organismos aquáticos está associada principalmente à forma NH₃, pequenas variações de pH podem alterar de maneira significativa a interpretação ambiental de um mesmo resultado de nitrogênio amoniacal total.

A figura 1 a seguir mostra que a fração de NH₃ aumenta abruptamente na faixa alcalina. A temperatura desloca o equilíbrio: para um mesmo pH, águas mais quentes apresentam maior fração

de amônia não ionizada. Esse comportamento explica por que um resultado de nitrogênio amoniacal total aparentemente baixo pode ser ambientalmente relevante em corpos hídricos com pH elevado e temperatura elevada.

Figura 1 - Relação geral entre a porcentagem de amônia não ionizada e o íon amônio com a variação de pH e temperatura em água doce.



Fonte: adaptado de UNESCO, WHO e UNEP (1996).

2.4 TERMINOLOGIA RECOMENDADA

No uso técnico e regulatório, recomenda-se diferenciar:

- Nitrogênio amoniacal total: soma das formas amoniacais, usualmente reportada como mg/L N.
- Amônia livre ou amônia não ionizada: forma molecular NH₃, mais relevante do ponto de vista toxicológico para organismos aquáticos.
- Íon amônio: forma ionizada NH₄⁺, predominante em pH neutro a levemente ácido.
- Amônia total: expressão ambígua; deve ser evitada sem indicação explícita da espécie e da unidade de reporte.

A clareza terminológica é essencial porque os padrões brasileiros de qualidade da água e lançamento de efluentes são expressos, em geral, como nitrogênio amoniacal total em mg/L N, enquanto alguns laudos ou bases internacionais podem expressar resultados como NH₃ ou NH₄⁺.

3 ASPECTOS ANALÍTICOS E CONVERSÃO DE UNIDADES

Amostras de água e efluentes destinadas à análise de nitrogênio amoniacal são usualmente preservadas com ácido, de modo a reduzir perdas por volatilização da amônia e manter a espécie em solução, predominantemente como íon amônio. Os métodos laboratoriais normalmente quantificam o conjunto das formas amoniacais e reportam o resultado como nitrogênio amoniacal total.

Para estimar a concentração de amônia não ionizada a partir do nitrogênio amoniacal total, deve-se utilizar o pH e a temperatura medidos preferencialmente em campo, no momento da coleta. Alterações durante transporte, armazenamento ou preservação podem modificar a especiação e, portanto, não substituem os dados físico-químicos de campo para fins de interpretação ambiental.

Emerson et al. (1975) estabeleceram uma expressão amplamente utilizada para determinar o percentual de amônia que se encontra na forma não ionizada (NH₃) em função de pH e temperatura. De forma prática, uma vez obtida a fração de NH₃, a concentração de N-NH₃ pode ser estimada por:

$$\% \text{ NH}_3 = \frac{1}{1 + 10^{[0,09018 + 2729,92/(T+273,20)-\text{pH}]}} \quad (2)$$

Desta forma, a concentração de N-NH₃ será obtida por:

$$\text{Concentração de N-NH}_3 \text{ (mg/L)} = \frac{(\% \text{ NH}_3, \text{ obtida pela equação 1} * \text{Concentração de N-amoniacal, em mg/L})}{100}$$

A Tabela 1 apresenta exemplos do equilíbrio entre N-NH₃ e N-NH₄⁺ em função do pH, considerando temperatura de 22 °C.

Tabela 1 - Fração de amônia não ionizada e íon amônio em função do pH, a 22 °C, calculada segundo Emerson et al. (1975).

Temperatura (°C)	pH	% NH ₃	% NH ₄ ⁺
22	6,0	0,06	99,94
22	6,5	0,18	99,82
22	7,0	0,56	99,44
22	7,5	1,76	98,24
22	8,0	5,35	94,65
22	8,5	15,16	84,84
22	9,0	36,10	63,90
22	9,5	64,11	35,89
22	10,0	84,96	15,04

Fonte: Autores.

Não é possível comparar diretamente resultados em mg/L NH₃ ou mg/L NH₄⁺ com padrões expressos em mg/L N amoniacal total. A conversão estequiométrica de unidade é indispensável, e a especiação química dependente de pH e temperatura deve ser tratada separadamente.

Tabela 2 - Conversões estequiométricas úteis entre formas de reporte. As conversões não substituem o cálculo de especiação NH₃/NH₄⁺.

Expressão original	Conversão aproximada
N para NH ₃	mg/L NH ₃ = mg/L N × 1,214
N para NH ₄ ⁺	mg/L NH ₄ ⁺ = mg/L N × 1,288
NH ₃ para N	mg/L N = mg/L NH ₃ × 0,824
NH ₄ ⁺ para N	mg/L N = mg/L NH ₄ ⁺ × 0,776

Fonte: Autores.

4 HISTÓRICO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA APLICÁVEL

A evolução normativa brasileira sobre amônia e nitrogênio amoniacal deve ser compreendida em três blocos: padrões de qualidade dos corpos d'água, condições e padrões de lançamento de efluentes e padrão de potabilidade para água de consumo humano. O histórico é relevante porque a mudança de terminologia normativa reduziu ambiguidades analíticas, mas não eliminou a necessidade de interpretação técnica.

Tabela 3 - Síntese histórica dos principais marcos regulatórios relacionados à amônia e ao nitrogênio amoniacal.

Marco normativo	Tratamento do parâmetro	Implicação técnica
Resolução CONAMA nº 20/1986	Adotava amônia não ionizável como referência para qualidade de águas e amônia em padrões de lançamento.	Exigia maior esforço de cálculo e interpretação, pois os laboratórios usualmente reportavam nitrogênio amoniacal total. Foi revogada pela CONAMA nº 357/2005.
Portaria MS nº 518/2004	Tratava da qualidade da água para consumo humano e foi utilizada por anos como referência de potabilidade.	Foi sucedida por atos posteriores, atualmente consolidados pela Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017, alterada pela Portaria GM/MS nº 888/2021.
Resolução CONAMA nº 357/2005	Substituiu a CONAMA nº 20/1986 e consolidou limites de nitrogênio amoniacal total para qualidade de corpos d'água, em função do pH para águas doces.	Compatibilizou os padrões com a forma usual de reporte laboratorial e incorporou indiretamente a influência da especiação química.
Resolução CONAMA nº 410/2009	Alterou dispositivos da CONAMA nº 357/2005 relativos a condições e padrões de lançamento de efluentes.	Marco intermediário posteriormente superado pela disciplina específica da CONAMA nº 430/2011 para efluentes.
Resolução CONAMA nº 430/2011	Complementou e alterou a CONAMA nº 357/2005 quanto às condições e padrões de lançamento de efluentes.	É a principal norma federal vigente para lançamento de efluentes; estabelece nitrogênio amoniacal total de 20,0 mg/L N para efluentes de qualquer fonte poluidora e regra específica para esgotos sanitários.

Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017, Anexo XX, alterada pela Portaria GM/MS nº 888/2021	Disciplina os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.	Define amônia como N no padrão organoléptico, com VMP de 1,2 mg/L.
Processo CONAMA nº 02000.001228/2024-28	Processo de revisão da Resolução CONAMA nº 430/2011 em tramitação.	Enquanto não houver nova resolução publicada, minutas e propostas não substituem os padrões vigentes.

Fonte: Autores.

A mudança mais importante para a interpretação de laudos ocorreu com a passagem da CONAMA nº 20/1986 para a CONAMA nº 357/2005. A norma de 1986 utilizava amônia não ionizável como parâmetro de qualidade. A partir de 2005, os padrões de qualidade passaram a ser expressos como nitrogênio amoniacal total, com limites escalonados por faixa de pH em águas doces. Essa alteração não deve ser interpretada como simples flexibilização, mas como adequação do parâmetro regulatório à forma analítica usual e à relação de equilíbrio entre NH_3 e NH_4^+ .

5 PADRÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA - RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005

A Resolução CONAMA nº 357/2005 permanece como referência nacional para classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o enquadramento. Para águas doces classes 1 e 2, os limites de nitrogênio amoniacal total são definidos em função do pH, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Padrões de nitrogênio amoniacal total para águas doces classes 1 e 2, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Classe	Faixa de pH	Nitrogênio amoniacal total
Águas doces classes 1 e 2	$\text{pH} \leq 7,5$	3,7 mg/L N
Águas doces classes 1 e 2	$7,5 < \text{pH} \leq 8,0$	2,0 mg/L N
Águas doces classes 1 e 2	$8,0 < \text{pH} \leq 8,5$	1,0 mg/L N
Águas doces classes 1 e 2	$\text{pH} > 8,5$	0,5 mg/L N

Fonte: Autores.

Para águas doces classe 3, os limites são menos restritivos, pois se associam a usos preponderantes menos exigentes, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Padrões de nitrogênio amoniacal total para águas doces classe 3, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Classe	Faixa de pH	Nitrogênio amoniacal total
Águas doces classe 3	$\text{pH} \leq 7,5$	13,3 mg/L N
Águas doces classe 3	$7,5 < \text{pH} \leq 8,0$	5,6 mg/L N
Águas doces classe 3	$8,0 < \text{pH} \leq 8,5$	2,2 mg/L N
Águas doces classe 3	$\text{pH} > 8,5$	1,0 mg/L N

Fonte: Autores.

Para águas salinas e salobras, a CONAMA nº 357/2005 estabelece limites fixos, sem escalonamento por pH, conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Padrões de nitrogênio amoniacal total para águas salinas e salobras, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Tipo de água	Classe	Nitrogênio amoniacal total
Águas salinas	Classe 1	0,40 mg/L N
Águas salinas	Classe 2	0,70 mg/L N
Águas salobras	Classe 1	0,40 mg/L N
Águas salobras	Classe 2	0,70 mg/L N

Fonte: Autores.

6 PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES - RESOLUÇÃO CONAMA Nº 430/2011

A Resolução CONAMA nº 430/2011 é a norma federal vigente que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos receptores, complementando e alterando parcialmente a Resolução CONAMA nº 357/2005. O lançamento deve atender simultaneamente às condições e padrões de lançamento e não pode comprometer as metas de enquadramento do corpo receptor.

Para efluentes de qualquer fonte poluidora, a Tabela I do art. 16 estabelece o limite de 20,0 mg/L N para nitrogênio amoniacal total. Esse limite deve ser interpretado em conjunto com outras condições, incluindo pH entre 5 e 9, temperatura inferior a 40 °C, materiais sedimentáveis, óleos e graxas, DBO, substâncias inorgânicas e orgânicas específicas, além de eventuais exigências mais restritivas do órgão ambiental competente.

Para sistemas de tratamento de esgotos sanitários, a CONAMA nº 430/2011 criou regra específica: as condições e padrões da Seção II podem ser aplicáveis a critério do órgão ambiental competente, em função das características locais, não sendo exigível o padrão de nitrogênio amoniacal total. Essa ressalva também se aplica aos sistemas de tratamento de esgotos sanitários que recebem lixiviados de aterros sanitários, caso em que o órgão ambiental deve indicar quais parâmetros da Tabela I devem ser atendidos e monitorados.

Tabela 7 - Interpretação atual do nitrogênio amoniacal total para lançamento de efluentes, segundo a Resolução CONAMA nº 430/2011.

Situação	Referência normativa	Tratamento do nitrogênio amoniacal total
Efluentes de qualquer fonte poluidora	CONAMA 430/2011, art. 16, Tabela I	20,0 mg/L N
Sistemas de tratamento de esgotos sanitários	CONAMA 430/2011, art. 21, §1º	Padrão de nitrogênio amoniacal total não exigível; aplicação depende de critério do órgão ambiental
Sistemas de tratamento de esgotos sanitários com lixiviado de aterro	CONAMA 430/2011, art. 21, §2º	Padrão de nitrogênio amoniacal total não exigível; órgão ambiental indica parâmetros aplicáveis

Fonte: Autores.

Essa distinção é essencial. Um efluente industrial com 22 mg/L N de nitrogênio amoniacal total tende a exceder o limite federal geral de 20 mg/L N, salvo condições específicas definidas pelo órgão ambiental. Já um efluente de sistema de tratamento de esgoto sanitário com o mesmo resultado não deve ser automaticamente classificado como não conforme pelo critério federal de nitrogênio amoniacal total, pois a própria CONAMA nº 430/2011 estabelece regra específica de não exigibilidade desse padrão, sem afastar outras exigências do licenciamento e do corpo receptor.

7 ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO - PORTARIA GM/MS Nº 888/2021

A Portaria GM/MS nº 888/2021 alterou o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017 e atualmente disciplina os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Na Portaria GM/MS nº 888/2021, a amônia aparece no Anexo 11, referente ao padrão organoléptico de potabilidade, como “Amônia (como N)”, com VMP de 1,2 mg/L. A implicação técnica é distinta daquela aplicável à proteção de organismos aquáticos na CONAMA nº 357/2005: no padrão de potabilidade, a amônia é tratada no contexto da aceitabilidade organoléptica e do controle de qualidade da água para consumo humano, e não como critério ecológico baseado diretamente na toxicidade da amônia não ionizada.

Tabela 8 - Padrão organoléptico de potabilidade para amônia segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021.

Norma	Parâmetro	Unidade	VMP
Portaria GM/MS nº 888/2021, Anexo 11	Amônia (como N)	mg/L	1,2

Fonte: Autores.

A comparação com o VMP de potabilidade deve observar a unidade. Se o laudo reportar amônia como N, a comparação é direta. Se reportar NH₃ ou NH₄⁺, deve-se converter para N antes da comparação.

8 EXEMPLOS PRÁTICOS DE INTERPRETAÇÃO

8.1 MESMO NITROGÊNIO AMONIAICAL TOTAL, DIFERENTES PH

Considere uma amostra com 2,0 mg/L N de nitrogênio amoniacal total a 22 °C. A fração de amônia não ionizada varia com o pH, conforme a Tabela 9.

Tabela 9 - Exemplo de efeito do pH sobre a fração de amônia não ionizada para 2,0 mg/L N de nitrogênio amoniacal total a 22 °C.

pH	% NH ₃	N-NH ₃ estimado (mg/L N)	NH ₃ estimado (mg/L NH ₃)	Interpretação
7,0	0,56	0,011	0,014	Predomina NH ₄ ⁺ ; menor fração tóxica.
8,0	5,35	0,107	0,130	A fração de NH ₃ já se torna relevante.
8,5	15,16	0,303	0,368	A fração não ionizada aumenta substancialmente.
9,0	36,10	0,722	0,876	Risco toxicológico potencialmente elevado, apesar do mesmo TAN.

Fonte: Autores.

O exemplo demonstra que o mesmo valor de nitrogênio amoniacal total pode representar condições ecológicas distintas. A interpretação ambiental depende da especiação química, que é controlada principalmente por pH e temperatura.

8.2 COMPARAÇÃO COM CONAMA N° 357/2005 PARA ÁGUAS DOCES CLASSES 1 E 2

Considere uma água doce classe 2 com os resultados hipotéticos da Tabela 10.

Tabela 10 - Exemplo de comparação normativa com a CONAMA n° 357/2005 para águas doces classes 1 e 2.

Resultado de N amoniacal total	pH medido em campo	Limite aplicável CONAMA 357/2005	Conclusão
1,8 mg/L N	7,4	3,7 mg/L N	Atende ao padrão para classes 1 e 2.
1,8 mg/L N	7,8	2,0 mg/L N	Atende ao padrão, mas próximo ao limite.
1,8 mg/L N	8,2	1,0 mg/L N	Não atende ao padrão.
0,8 mg/L N	8,6	0,5 mg/L N	Não atende ao padrão, apesar do valor absoluto baixo.

Fonte: Autores.

O exemplo evidencia que a seleção correta da faixa de pH é determinante. Sem o pH de campo, a comparação normativa pode ser incompleta ou equivocada.

8.3 CONVERSÃO DE UNIDADES EM POTABILIDADE

Considere um laudo de água para consumo humano. Se o resultado for 1,5 mg/L NH₄⁺, a conversão para N é: $1,5 \times 0,776 = 1,16$ mg/L N. Nesse caso, o resultado fica abaixo do VMP

organoléptico de 1,2 mg/L para amônia como N. Se, por outro lado, o laudo já reportar 1,5 mg/L N, o valor excede o VMP. A diferença decorre exclusivamente da unidade de expressão.

8.4 LANÇAMENTO DE EFLUENTES E CORPO RECEPTOR

O atendimento ao padrão de lançamento não substitui a avaliação do corpo receptor. Um efluente com nitrogênio amoniacal total abaixo de 20 mg/L N pode, ainda assim, contribuir para o descumprimento da classe de enquadramento se o corpo receptor tiver baixa vazão de diluição, pH elevado, temperatura elevada ou comunidade aquática sensível. Por isso, a análise deve integrar concentração, carga, vazão, mistura, enquadramento, monitoramento a montante e jusante e metas progressivas do corpo hídrico.

9 ATUALIZAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA INTERNACIONAL

Em 2013, a USEPA publicou atualização dos critérios nacionais recomendados para proteção da vida aquática contra efeitos da amônia em água doce, incorporando novos dados de sensibilidade de mexilhões e gastrópodes de água doce e substituindo os critérios anteriormente recomendados em 1999.

Os critérios da USEPA de 2013 são expressos como total ammonia nitrogen (TAN) e variam em função de pH e temperatura. A agência informa, como referência geral, critério agudo final de 17 mg/L TAN e critério crônico final de 1,9 mg/L TAN em pH 7,0 e temperatura de 20 °C. Esses valores não substituem a legislação brasileira, mas são relevantes para discussão científica, avaliação de risco ecológico, estudos de enquadramento, derivação de metas site-specific e análise crítica de situações em que a comunidade aquática local possua organismos sensíveis.

A principal consequência para o contexto brasileiro é reconhecer que a ciência regulatória avançou após 2005. A manutenção de limites nacionais definidos em norma deve ser interpretada como escolha regulatória, enquanto avaliações ecológicas refinadas podem requerer análise específica de pH, temperatura, dureza, salinidade, presença de espécies sensíveis, regime hidrológico, mistura e exposição crônica.

10 RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS PARA LAUDOS, RELATÓRIOS E PARECERES TÉCNICOS

- Registrar sempre a unidade do resultado: mg/L N amoniacal, mg/L NH₃ ou mg/L NH₄⁺.
- Informar pH e temperatura medidos em campo quando houver interpretação da fração de amônia não ionizada.

- Para comparação com a CONAMA nº 357/2005, utilizar a classe do corpo d'água, o tipo de água e a faixa de pH aplicável.
- Para comparação com a CONAMA nº 430/2011, distinguir efluentes de qualquer fonte poluidora de sistemas de tratamento de esgotos sanitários.
- Para água de consumo humano, utilizar a Portaria GM/MS nº 888/2021 e comparar amônia como N ao VMP organoléptico de 1,2 mg/L.
- Evitar a expressão “amônia total” sem especificar a unidade e a base de cálculo.
- Quando houver avaliação de risco à biota, complementar a comparação normativa com discussão de pH, temperatura, forma não ionizada e sensibilidade ecológica local.
- Em licenciamento, outorga ou avaliação de impacto, lembrar que o atendimento ao padrão de lançamento não autoriza a degradação da classe de enquadramento do corpo receptor.

11 CONCLUSÕES

O fundamento técnico central permanece: a toxicidade da amônia depende da especiação entre NH_3 e NH_4^+ , fortemente influenciada por pH e temperatura. Entretanto, a correta aplicação desse fundamento exige considerar o contexto regulatório específico de cada matriz: qualidade de corpos d'água, lançamento de efluentes ou água para consumo humano.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 permanece como referência para padrões de qualidade de corpos d'água, mantendo limites de nitrogênio amoniacal total por classe e faixa de pH em águas doces. Para lançamento de efluentes, a Resolução CONAMA nº 430/2011 deve ser utilizada como referência federal vigente, com atenção à regra específica aplicável a sistemas de tratamento de esgotos sanitários. Para potabilidade, a Portaria GM/MS nº 888/2021 substitui a antiga Portaria nº 518/2004 e estabelece amônia como N no padrão organoléptico.

Do ponto de vista prático, os erros mais relevantes continuam associados à comparação de unidades incompatíveis, à ausência de pH e temperatura de campo, à confusão entre nitrogênio amoniacal total e amônia livre e à aplicação indistinta de padrões previstos para matrizes regulatórias diferentes. A interpretação técnica adequada requer integrar química ambiental, análise laboratorial e legislação aplicável.

REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Edição vigente.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional. Revogada pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Alterada pelas Resoluções CONAMA nº 410/2009 e nº 430/2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 410, de 4 de maio de 2009. Altera dispositivos da Resolução CONAMA nº 357/2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, complementando e alterando a Resolução CONAMA nº 357/2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017 para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

CONAMA. Processo nº 02000.001228/2024-28. Revisão da Resolução CONAMA nº 430/2011. Documentos de discussão e minutas em tramitação.

EMERSON, K.; RUSSO, R. C.; LUND, R. E.; THURSTON, R. V. Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, v. 32, n. 12, p. 2379-2383, 1975.

PEREIRA, T. V.; MENDONÇA, A. S. F. Aplicação de modelagem computacional na simulação de parâmetros de qualidade da água relacionados com o nitrogênio em curso d'água. ABES, 2005.

UNESCO; WHO; UNEP. Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. 2nd ed. Edited by Deborah V. Chapman. London: E & FN Spon, 1996.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Aquatic Life Ambient Water Quality Criteria for Ammonia - Freshwater 2013. EPA-822-R-13-001. Washington, D.C., 2013; corrigido e republicado em 2018.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.