

**AVALIAÇÃO DE RISCO
ECOLÓGICO EM CORPOS
HÍDRICOS URBANOS DE
BELO HORIZONTE (MG)
COM BASE EM DADOS
SECUNDÁRIOS E NA
RESOLUÇÃO CONAMA
357/2005**

**ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT IN URBAN WATER BODIES IN BELO
HORIZONTE (MG, BRAZIL) BASED ON SECONDARY DATA AND CONAMA
RESOLUTION 357/2005**

Ciências Biológicas, Engenharias • 07/07/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/783122170](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/783122170)

Neuza Borges dos Reis
Débora Aparecida Costa Roza
Cibele Ramaldes Nacif de Oliveira
Roberto Reis Vitória
Leyser Rodrigues Oliveira

RESUMO

A avaliação de risco ecológico constitui ferramenta essencial para analisar a qualidade ambiental de corpos hídricos urbanos sujeitos a pressões antrópicas. Este estudo tem como objetivo avaliar o risco ecológico em corpos hídricos da Região Metropolitana de Belo Horizonte (MG) com base em dados secundários de parâmetros físico-químicos, incluindo potencial hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD) e turbidez, tomando como referência os padrões da Resolução CONAMA nº 357/2005 para enquadramento de Classe 2. A metodologia consiste na comparação entre valores reportados em relatórios técnicos de monitoramento ambiental e os limites legais utilizados para classificação da qualidade da água, aplicando-se quociente de risco (QR) quando pertinente. Para o oxigênio dissolvido, considerou-se inadequação ambiental quando a concentração observada estiver abaixo do valor mínimo estabelecido. Além disso, o estudo discute implicações ecológicas associadas aos parâmetros críticos, como hipóxia, mortalidade de organismos aquáticos, redução da disponibilidade de luz e assoreamento. Os resultados evidenciam alterações relevantes, com maior destaque para os ribeirões Arrudas e Onça, associadas à influência de carga orgânica, hipóxia e sedimentos em suspensão. Conclui-se que o uso de dados secundários apoia diagnóstico ambiental preliminar e contribui para orientar a priorização de ações de gestão e recuperação de recursos hídricos urbanos.

Palavras-chave: avaliação de risco ecológico; qualidade da água; recursos hídricos urbanos; Belo Horizonte; CONAMA 357/2005.

ABSTRACT

Ecological risk assessment is an essential tool for evaluating the environmental quality of urban water bodies under anthropogenic

pressure. This study aims to assess ecological risk in water bodies of the Metropolitan Region of Belo Horizonte (MG) using secondary data on physicochemical parameters, including pH, biochemical oxygen demand (BOD), dissolved oxygen (DO), and turbidity, referencing the standards established by CONAMA Resolution No. 357/2005 for Class 2. The methodology compares values reported in environmental monitoring reports with legal limits used for water quality classification, applying a risk quotient (RQ) when applicable. For dissolved oxygen, environmental inadequacy was considered when observed concentrations are below the minimum required value. In addition, the study discusses ecological implications related to critical parameters, such as hypoxia, fish and macroinvertebrate mortality, reduced light availability, and siltation. Results indicate relevant changes, especially in the Arrudas and Onça streams, associated with organic loading, hypoxia, and suspended sediments. It is concluded that using secondary data supports preliminary environmental diagnosis and helps prioritize management and restoration actions for urban water resources.

Keywords: ecological risk assessment; water quality; urban water resources; Belo Horizonte; CONAMA 357/2005.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade dos recursos hídricos é um indicador sensível da integridade ambiental dos ecossistemas aquáticos e, simultaneamente, um condicionante para o desenvolvimento urbano. Em centros metropolitanos, a expansão territorial frequentemente ocorre com inadequada articulação entre planejamento urbano, saneamento e conservação ambiental, intensificando pressões sobre mananciais e corpos d'água. Nesses ambientes, a degradação da qualidade da água tende a se associar a

múltiplas fontes, incluindo lançamento de efluentes domésticos e industriais, drenagem pluvial contaminada, disposição inadequada de resíduos sólidos, impermeabilização do solo e supressão de matas ciliares (VON SPERLING, 2014; ANA, 2024).

Em Belo Horizonte e municípios de sua região metropolitana, diversos corpos hídricos urbanos e periurbanos recebem cargas orgânicas e particuladas associadas à ocupação do solo. A consequência observável pode incluir redução do oxigênio dissolvido, incremento de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), aumento da turbidez e alterações no pH, com reflexos sobre a biota aquática. Do ponto de vista ecológico, esses processos comprometem a respiração aeróbia, alteram o balanço de produção primária ao reduzir a penetração de luz, aumentam a deposição de sedimentos e degradam habitats essenciais para macroinvertebrados bentônicos e comunidades de peixes (VON SPERLING, 2014).

Nesse contexto, a avaliação de risco ecológico contribui para transformar medições de qualidade da água em informação interpretativa e decisória. Ao invés de apenas verificar conformidade legal, a lógica do risco procura estimar a magnitude do afastamento entre condições observadas e valores de referência, vinculando parâmetros físico-químicos a possíveis efeitos adversos sobre a biota. Tal abordagem é particularmente relevante quando se dispõe de dados secundários — como relatórios de monitoramento do órgão ambiental — uma vez que permite aproveitar séries existentes para diagnóstico e priorização, mesmo na ausência de campanhas primárias específicas.

Objetivo geral: avaliar o risco ecológico em corpos hídricos urbanos da Região Metropolitana de Belo Horizonte (MG) com base em dados secundários de parâmetros físico-químicos, comparando-os aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2.

Objetivos específicos:

- 1. Comparar valores observados de PH, DBO, oxigênio dissolvido (OD) e turbidez aos limites de referência para corpos d'água classe 2;**
- 2. Estimar quocientes de risco (QR) para parâmetros em que essa métrica seja aplicável;**
- 3. Identificar inadequações ambientais relacionadas Ao OD quando abaixo do mínimo estabelecido;**
- 4. Discutir as implicações ecológicas prováveis associadas aos parâmetros críticos, relacionando-os a processos como hipoxia, carga orgânica, eutrofização/sedimentação e redução da qualidade do habitat;**
- 5. Priorizar, com base nos resultados, corpos hídricos de maior urgência para ações de gestão e recuperação ambiental.**

Escopo e unidades de análise. O estudo considera corpos hídricos urbanos da Região Metropolitana de Belo Horizonte, com destaque para os ribeirões Arrudas e Onça, além da Lagoa da Pampulha e de trecho periurbano do rio das Velhas, considerando o que foi reportado em relatórios técnicos consultados.

Escopo do estudo. Este artigo apresenta uma avaliação de risco ecológico baseada em dados secundários de qualidade da água obtidos em relatórios técnicos oficiais, considerando os parâmetros pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD) e turbidez, comparados aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos d'água Classe 2. O escopo contempla os principais corpos hídricos urbanos da Região Metropolitana de Belo Horizonte, com ênfase nos ribeirões Arrudas e Onça, na Lagoa da Pampulha e em trecho periurbano do rio das Velhas, visando subsidiar a interpretação do risco ecológico e a priorização de ações de gestão e recuperação ambiental.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A qualidade dos recursos hídricos urbanos é consequência de pressões antrópicas que alteram características físico-químicas e comprometem processos ecológicos. Entre os principais mecanismos envolvidos, destacam-se o aumento de matéria orgânica biodegradável, a redução da oxigenação e a elevação de sólidos em suspensão, além de alterações associadas à dinâmica de nutrientes e à presença de efluentes (VON SPERLING, 2014).

2.1. Relação Entre Carga Orgânica e Oxigenação

A DBO representa, de forma operacional, a demanda de oxigênio necessária para biodegradação da matéria orgânica. Em ambientes urbanos, aportes orgânicos — especialmente aqueles associados a esgoto doméstico sem tratamento adequado ou a lançamentos irregulares — tendem a aumentar a DBO. Como consequência, há consumo de oxigênio dissolvido e redução do OD, favorecendo condições hipóxicas.

O oxigênio dissolvido, por sua vez, é condição crítica para a respiração aeróbia de organismos aquáticos. Em sistemas com OD reduzido, pode ocorrer mortalidade de peixes, queda de diversidade de macroinvertebrados e predominância de organismos tolerantes à poluição. Além disso, a hipoxia pode afetar processos microbianos, alterando vias metabólicas e a dinâmica biogeoquímica da água (BRASIL, 2005; VON SPERLING, 2014).

2.2. Turbidez, Sedimentos e Luz

A turbidez está associada à presença de sólidos em suspensão (argilas, matéria orgânica particulada, detritos) e indica aumento da atenuação da luz na coluna d'água. Em ambientes urbanos, a turbidez pode crescer devido a erosão de margens, escoamento superficial durante eventos de chuva, drenagem pluvial contaminada e ausência de proteção ripária. O aumento de turbidez reduz a fotossíntese e interfere em processos ecológicos, como produção primária, alimentação visual e desenvolvimento de organismos. Além disso, o transporte e deposição de sedimentos pode degradar substratos, dificultando a colonização biológica e favorecendo assoreamento (BRASIL, 2005; ANA, 2024).

2.3. PH Como Indicador de Condições de Equilíbrio

O pH influencia a solubilidade de compostos, a toxicidade de espécies químicas e o metabolismo de organismos aquáticos. Variações de pH podem ocorrer devido a processos de decomposição, entrada de efluentes, variações de alcalinidade e processos biogeoquímicos associados à produção e respiração. Embora pH não seja, isoladamente, sempre o parâmetro mais sensível a impactos, seu monitoramento é importante para

identificar condições fora do padrão de qualidade e para interpretação integrada com outros indicadores (BRASIL, 2005).

2.4. Enquadramento em Classe 2 e Implicações Ecológicas

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece diretrizes para classificação de corpos de água e condições e padrões associados ao seu uso preponderante. O enquadramento em Classe 2 define limites e condições para parâmetros físico-químicos, visando preservar qualidade compatível com atividades como abastecimento para tratamento convencional, proteção das comunidades aquáticas e recreação de contato secundário, entre outras. Assim, limites de OD mínimo e critérios associados a DBO e turbidez expressam objetivos de proteção ambiental e sustentação de biota.

2.5. Risco Ecológico e Lógica do Quociente de Risco (QR)

A avaliação de risco ecológico envolve relacionar a intensidade de exposição ou de condição ambiental a efeitos adversos. Quando se dispõe de dados pontuais ou séries de monitoramento físico-químico, uma abordagem pragmática é estimar um quociente de risco (QR) como a razão entre valor observado e limite de referência. Em termos interpretativos, $QR > 1$ sugere afastamento do padrão e potencial aumento de risco ecológico para parâmetros que tenham limite máximo (por exemplo, DBO e turbidez). Para parâmetros com limite mínimo (como OD), a lógica é invertida: valores abaixo do mínimo sugerem inadequação ambiental e aumento de risco por hipoxia (VON SPERLING, 2014; BRASIL, 2005).

3. METODOLOGIA

3.1. Delineamento do Estudo

Trata-se de um estudo de caráter descritivo e comparativo, baseado em dados secundários de parâmetros físico-químicos obtidos de relatórios técnicos de monitoramento ambiental disponibilizados por órgão ambiental estadual, com destaque para relatórios do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). A avaliação foi conduzida por comparação entre valores reportados e critérios legais para enquadramento de Classe 2 conforme Resolução CONAMA nº 357/2005.

3.2. Área de Estudo e Seleção de Corpos Hídricos

Foram considerados corpos hídricos urbanos da Região Metropolitana de Belo Horizonte (MG), com ênfase em trechos onde se observam pressões associadas à urbanização e onde os relatórios consultados apresentaram dados de monitoramento compatíveis com os parâmetros analisados. Os corpos hídricos incluídos no escopo do estudo foram:

- Ribeirão Arrudas;
- Ribeirão Onça;
- Lagoa da Pampulha;
- Rio das Velhas (trecho periurbano).

A seleção priorizou disponibilidade de dados secundários para os parâmetros de interesse e compatibilidade conceitual com o enquadramento de Classe 2.

3.3. Parâmetros Analisados e Fundamentos para Interpretação

Foram analisados parâmetros físico-químicos:

- pH (potencial hidrogeniônico): indicador de condição química e equilíbrio.
- DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio): indicador de carga orgânica biodegradável e potencial consumo de oxigênio.
- OD (Oxigênio dissolvido): indicador de oxigenação disponível para biota aquática.
- Turbidez (UNT): indicador de sólidos em suspensão e influência sobre a penetração de luz.

3.4. Critérios de Referência (CONAMA 357/2005)

A Resolução CONAMA nº 357/2005 foi utilizada como base de referência para o enquadramento de Classe 2. Os critérios adotados consideraram os limites estabelecidos para os parâmetros analisados, particularmente:

- limites máximos aplicáveis para parâmetros com tendência de risco quando excedidos (ex.: DBO e turbidez);
- limite mínimo aplicável ao OD, associado à manutenção de comunidades aquáticas.

Nota metodológica: como o presente trabalho utiliza dados secundários, assume-se que o enquadramento e as metodologias de medição reportadas nos relatórios utilizados são consistentes

com o uso pretendido e com as práticas de monitoramento do órgão responsável (IGAM, 2025; BRASIL, 2005).

3.5. Cálculo do Quociente de Risco (QR)

Para parâmetros com limite máximo (por exemplo, DBO e turbidez), definiu-se o quociente de risco (QR) como:

$$QR = Vobs / Lref$$

Onde:

- Vobs = valor observado no relatório de monitoramento;
- Lref = limite de referência para Classe 2 definido pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Interpretação adotada:

- $QR \leq 1$: condição compatível com referência (sem extrapolação);
- $QR > 1$: potencial risco ecológico (afastamento do padrão).

Para o OD, por ter limite mínimo, considerou-se inadequação quando:

$$ODobs < ODmin$$

Onde ODmin corresponde ao mínimo estabelecido para Classe 2. Nessa condição, o estudo interpreta como hipóxia (crônica ou recorrente, conforme a frequência dos dados reportados) e risco para sobrevivência da biota aeróbia.

3.6. Tratamento e Agregação dos Dados

Com base na disponibilidade reportada em relatórios secundários, as análises foram conduzidas com foco em valores médios e/ou sínteses apresentadas, quando disponíveis. Em seguida, realizou-se a comparação com limites legais. Quando o relatório descreveu séries ou campanhas com mais de um período, buscou-se privilegiar a visão agregada (média) para representar tendência geral do corpo hídrico no intervalo analisado.

3.7. Análise Ecológica e Discussão Integrada

A interpretação ecológica foi conduzida relacionando o(s) parâmetro(s) crítico(s) ao(s) possível(is) processo(s) responsável(is), com base em literatura técnico-científica. Foram consideradas hipóteses como:

- aumento de DBO e consumo de OD por degradação de matéria orgânica;
- elevação de turbidez associada a carreamento de sedimentos, erosão e redução de luz;
- alterações de pH como indicativo de desequilíbrios químicos e processos de decomposição/entrada de efluentes.

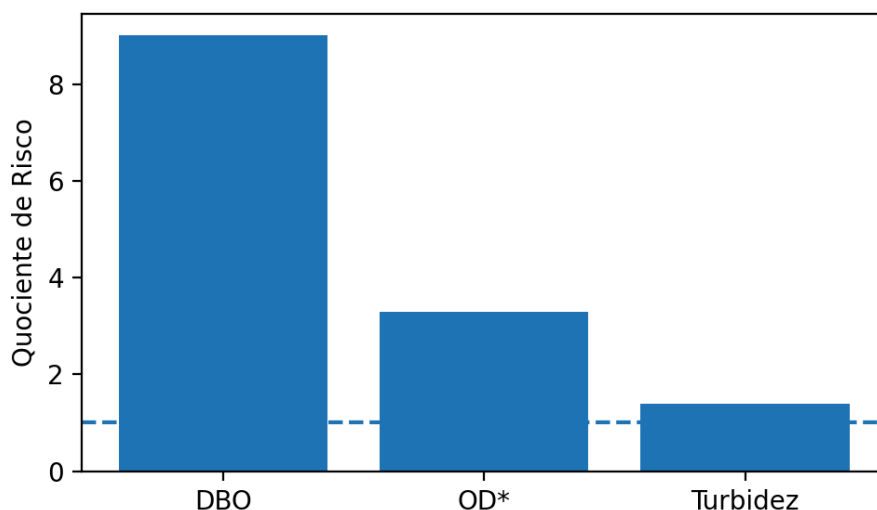
3.8. Limites do Método

Por se tratar de estudo com dados secundários e foco em parâmetros físico-químicos, recomenda-se leitura dos resultados como diagnóstico preliminar de risco. A avaliação não substitui

biomonitoramento, mas fornece base para priorização e direcionamento de ações de investigação e gestão.

3.9. Representações Gráficas

Foi elaborada uma figura com a representação do quociente de risco ecológico para os parâmetros críticos analisados, com base nos valores médios reportados e nos limites de referência (Figura 2).



Fonte: Elaborado pelas autoras com base em IGAM (2025), BRASIL (2005), ANA (2024) e VON SPERLING (2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Panorama Geral de Conformidade e Sinais de Pressão Antrópica

Os resultados obtidos a partir de dados secundários indicam que os corpos hídricos analisados na Região Metropolitana de Belo Horizonte apresentam condições compatíveis com estresse ambiental. Em particular, observa-se papel relevante de dois grupos de parâmetros: (i) aqueles associados à carga orgânica e à oxigenação (DBO e OD) e (ii) aqueles associados a sedimentos e redução de luz (turbidez). Em termos ecológicos, esses fatores são

capazes de comprometer a sobrevivência de organismos aeróbios, reduzir a produção primária e degradar habitats bentônicos.

Embora pH seja apresentado como parâmetro de suporte, os principais vetores de risco ecológico, de acordo com os valores médios reportados e os limites de Classe 2, são a DBO elevada (carga orgânica), OD abaixo do mínimo (hipóxia) e turbidez acima do referencial (suspensão de sedimentos).

4.2. Ribeirão Arrudas: Risco Elevado Associado à Carga Orgânica e Hipóxia

Os maiores níveis de risco ecológico foram observados nos ribeirões Arrudas e Onça, com destaque para o aumento de DBO. A média observada de DBO reportada para o conjunto avaliado correspondeu a 45,0 mg/L, superando expressivamente o limite de referência para corpos d'água Classe 2. Do ponto de vista ecossistêmico, valores elevados de DBO implicam maior necessidade de oxigênio para biodegradação, elevando a probabilidade de consumo do OD disponível.

Conseqüentemente, o oxigênio dissolvido apresentou média de 1,5 mg/L, inferior ao mínimo recomendado para manutenção de comunidades aquáticas em corpos d'água de Classe 2. A condição observada caracteriza hipóxia crônica, com impactos prováveis como:

- redução de taxas de respiração e de capacidade de sobrevivência de organismos sensíveis;
- mortalidade parcial de peixes em eventos críticos (especialmente após aporte de efluentes e durante menor

renovação de água);

- queda de diversidade de macroinvertebrados, favorecendo comunidades tolerantes;
- alterações na composição funcional da biota (ex.: maior dominância de grupos resistentes a baixa disponibilidade de oxigênio).

A literatura reforça que o estado de hipóxia favorece processos anaeróbios no sedimento e pode intensificar fluxos internos de nutrientes e compostos reduzidos, retroalimentando a degradação do ambiente (BRASIL, 2005; VON SPERLING, 2014).

Além dos efeitos sobre oxigênio, os dados apontaram turbidez média de 140 UNT, acima do limite de referência para Classe 2 (100 UNT). Turbidez elevada implica diminuição da penetração de luz e interferência na fotossíntese, reduzindo produção primária e afetando cadeias tróficas. Adicionalmente, sólidos suspensos tendem a aumentar a deposição e assoreamento, degradando substratos e habitats.

4.3. Ribeirão Onça: Similaridade dos Vetores de Risco e Implicações Ecológicas

O ribeirão Onça apresentou padrão consistente com o de maior risco, também associado a DBO elevada, hipóxia e turbidez acima do referencial. A similaridade entre os vetores de risco sugere que os fatores de degradação podem compartilhar determinantes comuns, tais como:

- contribuição de efluentes domésticos e/ou carga orgânica difusa;
- carreamento de sedimentos e aumento de sólidos em suspensão;
- redução da capacidade de autodepuração por alterações na morfologia e na dinâmica do escoamento.

Em ambientes urbanos, a redução de margens vegetadas e a presença de interfaces entre escoamento superficial e corpo d'água favorecem picos de turbidez e aportes orgânicos, amplificando condições de hipóxia. Sob essa ótica, o risco ecológico não se limita ao valor médio; a recorrência ao longo do tempo e os eventos associados às chuvas podem agravar impactos reais, ainda que não estejam completamente caracterizados por médias.

4.4. Lagoa da Pampulha: Risco Intermediário e Persistência Associada a Sistemas Lênticos

A Lagoa da Pampulha apresentou condição intermediária de risco ecológico. Esse padrão é compatível com sistemas lênticos/semilênticos, nos quais contaminantes podem se acumular por menor renovação hidráulica e maior tempo de residência. Os resultados interpretativos associam o risco a:

- histórico de eutrofização e aporte de nutrientes;
- acúmulo de sedimentos e matéria particulada;
- dinâmica que favorece persistência de condições desfavoráveis.

Nesse tipo de ambiente, mesmo alterações moderadas em parâmetros como turbidez e oxigenação podem representar impacto relevante devido à tendência de acumulação e à interação entre processos de respiração (consumo de oxigênio) e produção (fotossíntese). Assim, o risco intermediário observado deve ser lido como necessidade de gestão contínua e monitoramento que permita capturar sazonalidade e respostas ecológicas ao longo do ano.

4.5. Rio das Velhas (Trecho Periurbano): Melhores Condições Relativas, Porém Não Isento de Risco

O rio das Velhas em trecho periurbano exibiu condições relativamente melhores diante do conjunto analisado, embora permaneça associado a risco que exige monitoramento contínuo. Essa distinção pode estar relacionada à maior capacidade de diluição/renovação em trechos fluviais e à influência diferencial do uso do solo ao longo da bacia hidrográfica.

Todavia, pressões cumulativas ao longo do tempo, combinadas com eventos de chuva e aporte de cargas difusas, podem produzir variações temporais importantes. Dessa forma, mesmo quando os indicadores físico-químicos se mantêm mais próximos aos limites, não se elimina a possibilidade de degradação progressiva ou de episódios agudos, o que reforça a relevância de acompanhamento sistemático e de séries temporais mais longas.

4.6. Síntese Ecológica por Eixo de Risco

De modo geral, os resultados reforçam que a avaliação de risco ecológico é capaz de converter dados de monitoramento em

informação aplicável à gestão ambiental. A análise integrada sugere dois eixos principais:

- 1. Eixo oxigenação–carga orgânica (DBO/OD): maior risco associado a elevada DBO e OD abaixo do mínimo, caracterizando hipóxia e comprometendo a biota aeróbia.**
- 2. Eixo turbidez–sedimentos (turbidez/assoreamento): risco associado à turbidez acima do referencial, reduzindo luz e degradando habitats por deposição de sólidos.**

A combinação desses eixos amplia a probabilidade de impactos relevantes, como mortalidade de organismos sensíveis, redução de diversidade e alterações na estrutura trófica do ecossistema.

4.7. Contribuições para a Gestão Ambiental e Priorização

Ao identificar parâmetros críticos e corpos hídricos prioritários, a metodologia auxilia no planejamento e na alocação de recursos para:

- redução de cargas orgânicas (melhoria e fiscalização do saneamento, controle de lançamentos irregulares);
- redução de sólidos em suspensão (controle de erosão, drenagem pluvial adequada e recuperação ripária);
- alinhamento de metas de qualidade de água aos instrumentos de gestão.

5. CONCLUSÃO

A avaliação realizada evidencia que os corpos hídricos urbanos analisados na Região Metropolitana de Belo Horizonte apresentam condições compatíveis com degradação ambiental. O conjunto dos parâmetros físico-químicos selecionados indica estresse ao regime de oxigenação (associado à carga orgânica), excesso de carga orgânica e turbidez elevada, fatores que tendem a comprometer sobrevivência, composição e funcionalidade da biota aquática.

Em termos interpretativos, os resultados sugerem que as pressões antrópicas associadas ao uso e ocupação do solo urbano — incluindo lançamento de efluentes, carreamento de sedimentos e redução da capacidade de autodepuração — manifestam-se diretamente nos parâmetros físico-químicos selecionados e, conseqüentemente, no nível de risco ecológico estimado.

De forma mais expressiva, os ribeirões Arrudas e Onça figuram como áreas prioritárias. Isso se deve à concentração dos maiores sinais de risco vinculados ao desbalanço da demanda de oxigênio (valores elevados de DBO), à hipóxia (OD abaixo do referencial) e a condições desfavoráveis associadas à turbidez elevada. Tais resultados indicam potencial aumento de eventos de mortalidade de organismos mais sensíveis, redução de diversidade, favorecimento de populações tolerantes à poluição e degradação da qualidade de habitat, com impactos também sobre a estrutura trófica.

A Lagoa da Pampulha, por sua vez, apresenta condição intermediária de risco ecológico, associada ao histórico de aporte de nutrientes, acúmulo de materiais particulados e modificações no funcionamento ecológico. Mesmo quando comparada aos trechos mais críticos, a condição observada reforça a necessidade de gestão contínua. Ambientes lânticos/semilânticos tendem a acumular

contaminantes e responder de maneira persistente a mudanças no balanço de cargas (orgânicas e de sólidos).

O rio das Velhas, embora demonstre relativamente melhores condições diante do conjunto analisado, não é desonerado de riscos. Seu caráter urbano/periurbano implica pressões cumulativas ao longo do tempo, tornando indispensável monitoramento sistemático para detectar tendências de agravamento ou recuperação.

Do ponto de vista metodológico, a utilização de dados secundários mostrou-se viável para diagnóstico preliminar, possibilitando transformar medições físico-químicas já reportadas em informações interpretativas para gestão, com suporte nos critérios da Resolução CONAMA nº 357/2005. Contudo, a confiabilidade e a comparabilidade entre campanhas dependem da consistência das medições, da representatividade espacial e temporal e da forma como os parâmetros foram reportados.

Por fim, conclui-se que a avaliação de risco ecológico baseada em parâmetros físico-químicos, ainda que utilizando dados secundários, constitui ferramenta estratégica para diagnóstico, priorização e suporte à tomada de decisão. Os resultados indicam necessidade de intervenções imediatas e monitoramento contínuo, especialmente nos ribeirões Arrudas e Onça, para reduzir hipoxia e turbidez, recuperar condições ambientais compatíveis com a manutenção da vida aquática e contribuir para a melhoria sustentável da qualidade dos recursos hídricos urbanos.

6. RECOMENDAÇÕES E IMPLICAÇÕES PARA A GESTÃO AMBIENTAL

Os achados permitem sustentar a priorização de ações em áreas de maior risco, especialmente aquelas voltadas à redução de cargas orgânicas e de sólidos e ao aprimoramento do saneamento. Recomenda-se que as estratégias sejam integradas, combinando medidas estruturais e não estruturais.

6.1. Recomendações para Redução do Risco Associado a DBO e OD

- 1. Reforço de coleta e tratamento de esgotos: ampliar cobertura, eficiência de tratamento e regularidade operacional de unidades de tratamento, reduzindo a carga orgânica lançada ao corpo d'água.**
- 2. Fiscalização de lançamentos irregulares: intensificar ações de inspeção e controle (inclusive em ligações clandestinas) nos trechos com maiores sinais de DBO elevada e OD reduzido.**
- 3. Gestão de picos de carga durante eventos de chuva: implementar medidas de controle na drenagem (redução de extravasamentos, adequação de sistemas unitários, controle de transbordamentos quando aplicável).**
- 4. Plano de redução gradual com metas de qualidade: estabelecer metas intermediárias e acompanhar evolução de DBO e OD por campanhas regulares.**

6.2. Recomendações para Redução do Risco Associado à Turbidez

- 1. Controle de erosão e assoreamento: obras e intervenções para estabilização de encostas, margens e pontos críticos**

de carreamento.

- 2. Recuperação e proteção de matas ciliares e áreas ripárias: aumentar cobertura vegetal para reduzir desprendimento de partículas e filtrar parte do escoamento superficial.**
- 3. Gestão de drenagem pluvial contaminada: promover ações de tratamento/ retenção antes do lançamento em corpos d'água.**
- 4. Controle de resíduos sólidos: associar campanhas de educação e coleta a ações de prevenção contra deposição irregular em áreas de contribuição.**

6.3. Medidas Estruturais e Não Estruturais Integradas

Recomenda-se a integração entre:

- Saneamento e drenagem: correção de deficiências e planejamento conjunto, reduzindo conexões cruzadas e extravasamentos.
- Instrumentos de ordenamento urbano: revisar diretrizes de ocupação em áreas de contribuição e margens de cursos d'água.
- Gestão por bacias: compatibilizar ações locais com planejamento de recursos hídricos no âmbito da bacia hidrográfica.

6.4. Governança e Alinhamento com Instrumentos de Gestão

Para fortalecer a efetividade das ações:

- 1. Usar parâmetros críticos como base de priorização em planos de curto e médio prazo**
- 2. Integrar resultados ao planejamento de monitoramento (frequência, pontos e parâmetros)**
- 3. Promover articulação institucional entre poder público, órgãos ambientais, prestadores de serviços de saneamento e sociedade civil.**

6.5. Monitoramento e Verificação de Efetividade (Indicadores de Desempenho)

A avaliação por risco deve ser acompanhada por indicadores de desempenho, sugerindo:

- monitorar redução progressiva de DBO e aumento de OD para aproximar-se do referencial;
- reduzir turbidez e controlar eventos de picos após chuva;
- verificar tendência espacial e temporal nos pontos mais críticos.

7. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Embora o estudo contribua para diagnóstico preliminar, é importante reconhecer limitações:

- 1. Uso de dados secundários: depende da qualidade, padronização e consistência das medições reportadas.**

Divergências metodológicas entre campanhas podem introduzir incertezas.

- 2. Representatividade temporal: médias podem mascarar episódios agudos (por exemplo, picos de turbidez após chuva) que são ecologicamente relevantes.**
- 3. Representatividade espacial: a análise depende dos pontos amostrados e de sua capacidade de representar o corpo hídrico como um todo.**
- 4. Foco em parâmetros físico-químicos: embora DBO/OD/turbidez sejam críticos, a ecologia responde também a nutrientes, microbiologia, metais, estabilidade do habitat e fatores hidromorfológicos.**
- 5. Ausência de biomonitoramento: sem indicadores biológicos, a relação risco–efeito pode ser inferida, não confirmada diretamente.**
- 6. Assumptions do enquadramento: a validade do enquadramento Classe 2 pressupõe compatibilidade com o uso preponderante e com a classificação aplicada nos relatórios.**

8. PERSPECTIVAS FUTURAS

Para ampliar a robustez da avaliação e reduzir incertezas, recomenda-se:

8.1. Ampliar Séries Temporais e Espaciais

- aumentar a frequência de campanhas;
- aumentar densidade de pontos amostrais, com melhor cobertura de afluentes, trechos urbanos críticos e zonas de referência (controle);
- incorporar análise sazonal (estação seca vs. chuvosa), especialmente para turbidez.

8.2. Incluir Parâmetros Complementares Relevantes

- Nutrientes: nitrogênio e fósforo (associados à eutrofização e impactos indiretos sobre oxigenação);
- Sólidos suspensos e sedimentáveis: complementar turbidez;
- Condutividade e alcalinidade: suporte para interpretação de processos;
- Indicadores microbiológicos: coliformes e outros indicadores para refletir impacto sanitário;
- Metais e substâncias potencialmente tóxicas: quando aplicável e conforme contexto local;
- Clorofila-a e indicadores de produtividade: especialmente em ambientes lênticos como a Lagoa da Pampulha.

8.3. Inserir Indicadores Biológicos e Ecológicos

A integração com biomonitoramento fortalece a relação qualidade-efeito, sugerindo:

- macroinvertebrados bentônicos (sensíveis à degradação);
- perifíton e fitoplâncton (respostas a nutrientes, luz e turbidez);
- indicadores de integridade ecológica (quando metodologias locais e protocolos existirem);
- análise de comunidades e métricas funcionais para validar hipóxia e estresse.

8.4. Integração com Geoprocessamento e Modelagem

- uso de geoprocessamento para identificar áreas de contribuição prioritárias;
- mapeamento de risco por pontos e trechos, associando a intensidade de QR com uso do solo, proximidade de lançamentos e vulnerabilidade de margens;
- eventualmente, modelagem simplificada de autodepuração/oxigenação para apoio a cenários de intervenção.

8.5. Consolidação do Risco Como Apoio à Decisão

A perspectiva é transformar avaliações baseadas em dados secundários em rotinas de acompanhamento:

- atualização periódica de QR e de inadequação por OD;
- comparação entre campanhas para verificar tendências;
- avaliação de efetividade pós-intervenção (antes–depois).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe anual 2024. Brasília, DF: ANA, 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Portal da Qualidade da Água. Brasília, DF: ANA, 2026. Disponível em: < >. Acesso em: 6 jun. 2026.

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. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 jan. 1997.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). Monitoramento da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais. Belo Horizonte: IGAM, 2025.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.