

FACULDADE DE GESTÃO E INOVAÇÃO — FGI

Curso de Agronomia

Disciplina: Ecologia

**ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE BRUMADINHO (2019) NO
CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS:**

**Diagnóstico Ecológico e Propostas de Recuperação Agrícola da Bacia do
Rio Paraopeba**

Pitch Científico — PBL de Ecologia

Autores:

Miguel · Vitor · Ronilton · Suelen · João Mateus · Sulaica · Rudolf

Semestre: 2026/01

2026

1. Introdução	3
2. Referencial Teórico	4
2.1 Ecologia de Bacias Hidrográficas.....	4
2.2 Impactos de Barragens de Rejeito	4
2.3 Mudanças Climáticas e Risco Hídrico	4
3. Contextualização do Problema	5
3.1 Características do Evento	5
4. Diagnóstico Ecológico	6
4.1 Vulnerabilidade Hídrica	6
4.2 Vulnerabilidade Edafológica.....	6
4.3 Perda de Biodiversidade	6
4.4 Vulnerabilidade Sistêmica.....	6
5. Propostas de Recuperação	8
5.1 Zona 1 — Foz do Ferro-Carvão (0–9 km) · Horizonte 1–3 anos	8
5.2 Zona 2 — Médio Paraopeba (9–120 km) · Horizonte 3–7 anos	8
5.3 Zona 3 — Várzeas Agrícolas (270 ha de APP) · Horizonte 5–15 anos	8
5.4 Zona 4 — Confluência com o São Francisco · Horizonte 10–20 anos	8
5.5 Zona 5 — Rio São Francisco · Monitoramento Contínuo	9
6. Discussão e Conclusão	10
6.1 Lição 1 — Sistemas sensíveis ao clima	10
6.2 Lição 2 — Recuperação lenta e incerta	10
6.3 Lição 3 — Responsabilidade técnica do agrônomo	10
7. Referências	11

1. Introdução

No dia 25 de janeiro de 2019, às 12h28, a Barragem B1 da Mina Córrego do Feijão, operada pela Vale S.A. no município de Brumadinho (MG), rompeu-se sem aviso prévio, liberando aproximadamente 9,7 milhões de metros cúbicos de lama de rejeitos de minério de ferro. A onda de rejeitos varreu em minutos a área administrativa da mina, o refeitório — lotado na hora do almoço — e comunidades ribeirinhas à margem do Rio Paraopeba, resultando em 272 vítimas fatais.

O episódio não se limitou à tragédia humanitária imediata. Seus efeitos ecológicos se propagaram por toda a bacia hidrográfica do Paraopeba, comprometendo mais de 300 km de cursos d'água, 270 ha de Áreas de Preservação Permanente (APP) e ameaçando o abastecimento hídrico de mais de 1 milhão de pessoas. No plano ecossistêmico, a mortandade de fauna aquática, a contaminação por metais pesados acima dos limites legais e a destruição de habitats ribeirinhos transformaram Brumadinho em um dos maiores desastres socioambientais da história brasileira.

Este relatório foi produzido no âmbito do Pitch Científico da disciplina de Ecologia do curso de Agronomia da Faculdade de Gestão e Inovação (FGI), adotando a metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL). O trabalho parte de uma situação-problema real e complexa para, por meio de diagnóstico ecológico fundamentado, propor intervenções técnicas de recuperação agrícola e ambiental.

A análise é conduzida sob a perspectiva do agrônomo em um contexto de mudanças climáticas, considerando as projeções do IPCC (2023) que apontam para intensificação de eventos extremos no Brasil até 2050. Entendemos que o caso Brumadinho é mais do que um acidente de engenharia: é um caso de estudo sobre o que ocorre quando infraestrutura crítica, hidrografia e clima extremo colidem sobre o mesmo território.

2. Referencial Teórico

2.1 Ecologia de Bacias Hidrográficas

A bacia hidrográfica é a unidade funcional fundamental da ecologia aquática. Segundo Odum & Barrett (2008), os ecossistemas de água corrente (lóticos) são profundamente dependentes das condições da bacia de drenagem que os alimenta — solos, vegetação ripária, uso da terra e qualidade das precipitações determinam diretamente a qualidade e quantidade da água transportada. Distúrbios na bacia, como o aporte súbito de sedimentos e metais pesados, comprometem cadeias alimentares inteiras e reduzem drasticamente a biodiversidade aquática.

A resiliência ecológica, entendida como a capacidade de um ecossistema de absorver perturbações e se reorganizar após um distúrbio (Holling, 1973 apud Odum & Barrett, 2008), é fortemente condicionada pela magnitude do impacto e pela velocidade de intervenção. No caso Brumadinho, a escala do aporte de rejeitos — 9,7 m³ em minutos — ultrapassou em muito os limiares de resiliência do Paraopeba, tornando a recuperação natural praticamente inviável sem intervenção ativa.

2.2 Impactos de Barragens de Rejeito

Carmo et al. (2017), em estudo comparativo das falhas de barragens de rejeito no Brasil — incluindo o rompimento de Fundão (Mariana, 2015) — demonstraram que os impactos seguem padrão previsível: contaminação imediata por metais pesados nos trechos proximais, mortandade de fauna aquática, perda de APP e comprometimento de longo prazo da qualidade hídrica a jusante. Os autores ressaltam que a re-mobilização de rejeitos depositados durante eventos de chuva intensa é um vetor secundário de contaminação subestimado nos planos de recuperação.

A CONAMA Resolução 357/2005 estabelece os padrões de qualidade para corpos hídricos de acordo com sua classe de uso. No caso Brumadinho, dados da ANA (2019) registraram concentrações de ferro 200 vezes e de manganês 150 vezes acima dos limites para águas doces de Classe 2 — valores que comprometem tanto o abastecimento humano quanto a sobrevivência de organismos aquáticos.

2.3 Mudanças Climáticas e Risco Hídrico

O Sexto Relatório de Avaliação do IPCC (AR6, 2023) projeta, para a região Sudeste do Brasil, aumento superior a 30% na frequência e intensidade de eventos de precipitação extrema até 2050, concomitante com secas mais longas nos períodos de estiagem. Esse cenário duplo — mais chuva concentrada e mais seca — amplifica os riscos associados a rejeitos de mineração: chuvas intensas remobilizam os sedimentos depositados e ampliam o pulso de contaminação a jusante, enquanto secas concentram os metais nos trechos remanescentes, elevando sua toxicidade.

Para o agrônomo, esse contexto impõe a necessidade de planejar recuperações que não apenas respondam ao impacto passado, mas que sejam resilientes ao clima futuro — escolhendo espécies com tolerância a extremos e projetando sistemas de drenagem para eventos mais intensos do que os históricos.

3. Contextualização do Problema

A metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) parte de uma situação real, complexa e mal estruturada para mobilizar conhecimentos de múltiplas áreas. Neste trabalho, o problema central foi formulado da seguinte forma:

"Como diagnosticar os impactos ecológicos do rompimento da Barragem B1 de Brumadinho (2019) sobre a Bacia do Rio Paraopeba e propor estratégias técnicas de recuperação agrícola e ambiental que sejam resilientes às mudanças climáticas projetadas para o Sudeste brasileiro até 2050?"

Esse problema mobilizou conhecimentos de ecologia de ecossistemas, hidrologia, pedologia, botânica, legislação ambiental e agronomia, e exigiu que o grupo transitasse entre a análise do desastre passado e a projeção de cenários futuros — habilidade central para o profissional de Agronomia no século XXI.

3.1 Características do Evento

Os principais dados do rompimento, consolidados a partir de fontes primárias (IBAMA, ANA, FEAM, MPMG), são sintetizados na tabela abaixo:

Parâmetro	Dado
Data	25 de janeiro de 2019
Local	Mina Córrego do Feijão, Brumadinho (MG)
Operadora	Vale S.A.
Volume liberado	9,7 milhões de m ³ de rejeitos de minério de ferro
Vítimas fatais	272 (trabalhadores e moradores)
Cursos d'água afetados	Mais de 300 km (Rio Paraopeba → Rio São Francisco)
APP destruída	270 ha de Áreas de Preservação Permanente
Acordo de reparação	R\$ 37,68 bilhões (MPMG, fev. 2021)

Fontes: IBAMA (2019); ANA (2019); FEAM (2019); MPMG (2021).

4. Diagnóstico Ecológico

O diagnóstico foi estruturado em quatro eixos principais, refletindo os componentes ecossistêmicos mais severamente afetados: recursos hídricos, solo e cobertura vegetal, biodiversidade e vulnerabilidades sistêmicas agravadas pelo clima.

4.1 Vulnerabilidade Hídrica

O Rio Paraopeba é o eixo estruturante do sistema hídrico regional, abastecendo mais de 1 milhão de pessoas. O aporte de 9,7 m³ de rejeitos comprometeu a qualidade da água em extensão superior a 300 km, com contaminação progressiva até a confluência com o Rio São Francisco.

As análises laboratoriais conduzidas pela ANA (2019) registraram concentrações de ferro (Fe) 200 vezes acima do limite estabelecido pela CONAMA 357/2005 para corpos hídricos de Classe 2 (0,3 mg/L), e de manganês (Mn) 150 vezes acima do limite legal (0,1 mg/L), com bioacumulação confirmada em peixes do trecho afetado. Esses valores comprometem tanto o consumo humano quanto a sobrevivência de organismos aquáticos.

O efeito das mudanças climáticas sobre essa vulnerabilidade é duplo: durante secas mais longas, a redução da vazão concentra os metais nos trechos remanescentes; durante chuvas intensas, os rejeitos depositados são remobilizados e o pulso de contaminação é amplificado e deslocado para trechos mais distantes a jusante.

4.2 Vulnerabilidade Edafológica

Os solos predominantes na bacia — Latossolos Vermelhos e Cambissolos Háplicos — têm, em condições naturais, boa capacidade de drenagem mas baixa resiliência a impactos físico-químicos de grande magnitude. A deposição de camadas espessas de rejeitos sobre esses solos causou compactação física e saturação por ferro e manganês nas camadas superficiais, inibindo a germinação e o crescimento radicular.

A declividade característica das encostas da região agrava o processo: sem cobertura vegetal para ancorar o solo, chuvas concentradas aceleram a erosão sobre as camadas de rejeito, mobilizando contaminantes e carreando-os novamente para os cursos d'água — criando um ciclo de re-contaminação que pode persistir por décadas se não houver intervenção ativa.

4.3 Perda de Biodiversidade

Os impactos sobre a fauna foram imediatos e abrangentes. No trecho inicial — primeiros 100 km a jusante do rompimento — a mortalidade de fauna aquática foi de praticamente 100%, com extinção local de espécies como lambari, dourado e curimba (IBAMA, 2019). Nas zonas marginais, registrou-se queda de 42% na abundância de polinizadores nativos (abelhas sem ferrão e *Apis mellifera*) entre 2019 e 2022, comprometendo a reprodução de espécies vegetais e a produção agrícola local.

O inventário florístico e faunístico conduzido pelo ICMBio identificou espécies ameaçadas de extinção na bacia do Médio Paraopeba entre os grupos afetados, reforçando a necessidade de programas de repovoamento e restauração ecológica de longo prazo.

4.4 Vulnerabilidade Sistêmica

A análise ecológica mais relevante para a formação do agrônomo é a compreensão da vulnerabilidade sistêmica da bacia: mineração, agricultura e APP coexistem no mesmo território sem um plano de gestão integrada. Em condições de clima estável, essa coexistência é gerenciável. Sob clima extremo, cada falha individual — uma chuva acima

do limiar de projeto de uma barragem, uma seca que concentra contaminantes — cascadeia mais rapidamente sobre os demais sistemas.

Conforme apontam Odum & Barrett (2008), sistemas acoplados sem redundância ecológica são intrinsecamente frágeis. O agrônomo, como técnico responsável pela gestão do solo e da água nas propriedades rurais, ocupa posição estratégica na identificação e mitigação dessas vulnerabilidades antes que se convertam em catástrofes.

5. Propostas de Recuperação

As propostas foram elaboradas a partir do diagnóstico ecológico e organizadas em cinco zonas de intervenção ao longo da bacia, com horizonte temporal dividido em três fases. Os critérios de priorização consideraram: gravidade do impacto, relevância para abastecimento hídrico, viabilidade técnica e resiliência climática.

5.1 Zona 1 — Foz do Ferro-Carvão (0–9 km) · Horizonte 1–3 anos

Zona de mais alta concentração de rejeitos, com solos praticamente impermeabilizados pela deposição. A intervenção prioritária é a remoção mecânica dos rejeitos das áreas mais contaminadas, complementada pela instalação de barreiras geotêxteis para contenção sedimentar durante eventos pluviométricos. O material removido deve ser destinado a locais de confinamento definitivo, com revestimento impermeável e sistema de drenagem controlada.

5.2 Zona 2 — Médio Paraopeba (9–120 km) · Horizonte 3–7 anos

As intervenções propostas para esse trecho incluem:

- Dragagem seletiva nos pontos de maior acúmulo sedimentar, priorizando trechos que alimentam captações de abastecimento público.
- Implantação de cisternas comunitárias com sistema de filtragem de ferro e manganês nas comunidades ribeirinhas, garantindo acesso à água potável durante o período de monitoramento (estimado em 5–10 anos).
- Fitorremediação ripária com girassol (*Helianthus annuus*): espécie comprovadamente eficaz na extração de Fe e Mn das camadas superficiais do solo em ciclos de 90–120 dias, com descarte adequado da biomassa contaminada.
- Rede de monitoramento contínuo com sondas multiparamétricas em 12 pontos estratégicos, medindo em tempo real os parâmetros Fe, Mn, pH e turbidez, com disponibilização pública dos dados.

5.3 Zona 3 — Várzeas Agrícolas (270 ha de APP) · Horizonte 5–15 anos

A restauração das APPs destruídas é, tecnicamente, o processo mais lento e o mais relevante para a estabilidade hidrológica de longo prazo. O plano proposto segue três estágios:

- Anos 1–3: Fitorremediação com girassol nos trechos mais contaminados, preparando o solo para receber espécies arbóreas.
- Anos 3–10: Revegetação com espécies nativas adaptadas aos regimes hídricos extremos do Cerrado — ipê (*Handroanthus* spp.), jacarandá (*Dalbergia nigra*), aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) e leguminosas fixadoras de nitrogênio. A escolha por espécies do Cerrado é deliberada: mais resistentes às secas prolongadas e às chuvas concentradas projetadas pelo IPCC (2023).
- Anos 3–15: Implantação de Sistemas Agroflorestais (SAFs) nas zonas de transição entre lavoura e APP, criando tampões ecológicos que protegem as margens da erosão e integram produção agrícola e conservação.

5.4 Zona 4 — Confluência com o São Francisco · Horizonte 10–20 anos

Nessa zona, a concentração de contaminantes já é baixa, mas o impacto sobre a biodiversidade aquática persiste. As intervenções propostas incluem: monitoramento por bioindicadores (macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade hídrica), programa de repovoamento com espécies nativas de peixes (lambari, curimba, pintado), e reabilitação de margens com espécies ripárias de crescimento rápido.

5.5 Zona 5 — Rio São Francisco · Monitoramento Contínuo

Dada a baixa concentração de contaminantes nesse trecho, a intervenção prioritária é o monitoramento permanente por rede de sondas e a vigilância epidemiológica sobre populações que utilizam a água para consumo, irrigação e pesca artesanal.

6. Discussão e Conclusão

6.1 Lição 1 — Sistemas sensíveis ao clima

A análise de Brumadinho demonstra que, em sistemas ecológicos acoplados, as falhas não ocorrem de forma isolada. A barragem B1 era vulnerável; o clima extremo de janeiro de 2019 — período de chuvas intensas no Sudeste — foi o gatilho que converteu vulnerabilidade em colapso. Água, solo e vegetação não falham isoladamente: em clima extremo, a propagação é mais rápida e mais intensa.

Para o agrônomo, isso implica uma mudança fundamental de escala de análise: não é suficiente planejar o manejo de um talhão ou de uma propriedade. É necessário raciocinar em bacia hidrográfica, entendendo como as decisões de uso da terra em um ponto afetam a resiliência do sistema em outros pontos — especialmente quando eventos climáticos extremos tornam esses sistemas mais frágeis.

6.2 Lição 2 — Recuperação lenta e incerta

A assimetria temporal do desastre é perturbadora: a onda de rejeitos durou minutos; a recuperação ecológica levará décadas. A fitorremediação com girassol exige de 1 a 3 anos; a revegetação funcional da APP, até 10 anos; a restauração ecológica plena, estimada em 25 anos a partir de 2019, projeta conclusão por volta de 2044.

Mas o clima de 2044 não será o mesmo de 2019. Os planos de recuperação precisam contemplar essa incerteza, optando por espécies e técnicas que sejam robustas a um leque de cenários climáticos — e não apenas otimizadas para as condições presentes.

6.3 Lição 3 — Responsabilidade técnica do agrônomo

O Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA/CREA) atribui ao profissional de Agronomia responsabilidade técnica sobre o manejo do solo, drenagem, uso da água na agropecuária, projetos de recuperação de áreas degradadas e implementação de sistemas agroflorestais. Essas são exatamente as competências mobilizadas pelas propostas apresentadas neste trabalho.

Brumadinho, portanto, não é apenas um caso de estudo acadêmico. É um lembrete de que prevenir o próximo colapso — por meio de um licenciamento mais rigoroso, de um planejamento de uso da terra que respeite as APPs, de sistemas de drenagem dimensionados para eventos extremos — é responsabilidade técnica direta do agrônomo. A formação que estamos recebendo nos habilita e nos obriga a exercer esse papel.

7. Referências

ANA — Agência Nacional de Águas (2019). Monitoramento da qualidade da água do Rio Paraopeba após o rompimento da Barragem B1. Brasília: ANA.

CARMO, F. F. et al. (2017). Fundão tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 15(3), 145–151.

CONAMA — Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005. Classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Brasília: MMA.

FEAM — Fundação Estadual do Meio Ambiente (2019). Avaliação dos impactos sobre APPs e cobertura vegetal da bacia do Paraopeba. Belo Horizonte: FEAM.

IBAMA — Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2019). Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da Barragem B1. Brasília: IBAMA.

IPCC — Intergovernmental Panel on Climate Change (2023). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. Geneva: IPCC.

MPMG — Ministério Público de Minas Gerais (2021). Acordo Judicial de Reparação Integral — Caso Brumadinho. Belo Horizonte: MPMG.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. (2008). Fundamentos de Ecologia. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning.