

Análise sobre o estado da regulamentação ambiental relativa às atividades mineiras artesanais e de pequena escala (MAPE) e contaminação por mercúrio na Bacia do Rio Putumayo–Içá (Brasil)

Sumário

1	Introdução	2
2	Enquadramento conceitual da Mineração Artesanal e de Pequena Escala (MAPE)	4
3	Marco legal e regulamentação ambiental aplicável no Brasil	6
3.1	Fontes recomendadas:.....	7
4	Regulamentação e gestão do mercúrio	7
4.1	Fontes recomendadas:.....	8
5	Situação da bacia do rio Putumayo–Içá.....	8
5.1	Fontes recomendadas:.....	9
6	Implicações para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH).....	9
7	Lacunas de informação e necessidades futuras	10
8	Recomendações técnicas e institucionais	11
8.1	Desafios da Fiscalização e a Alternativa da Regularização da MAPE	11
8.2	Ações Estratégicas para o Fortalecimento da Governança Territorial	12
8.3	Tecnologias descritas no Plano de ação nacional do Ouro sem Mercúrio	13
9	Integração de Diagnósticos Locais e Acordos Regionais para o Monitoramento da Bacia	14
10	Metodologia e Protocolos Técnicos de Amostragem Ambiental.....	15
11	Limitações e Premissas do Produto	17
12	Contribuições deste Produto para a Tomada de Decisão no Âmbito do Projeto	18
12.1	Contribuições do Taller Regional de Monitoramento (Quito, 2025)..	19
13	Considerações finais	20

1 INTRODUÇÃO

A mineração artesanal e de pequena escala (MAPE), especialmente a extração de ouro, constitui uma das principais fontes de pressão ambiental na Amazônia, sendo reconhecida internacionalmente como um dos vetores mais relevantes de emissão de mercúrio (Hg) para o meio ambiente. Essa atividade caracteriza-se, de modo geral, pelo baixo nível de mecanização, forte dependência de mão de obra manual, limitada capacidade tecnológica e elevada informalidade, fatores que dificultam a adoção de práticas ambientalmente seguras e o controle efetivo por parte do Estado.

No contexto da extração aurífera, o uso do mercúrio metálico no processo de amalgamação do Ouro, permanece como a técnica mais difundida na MAPE, em função de seu baixo custo, ampla disponibilidade e facilidade operacional, apesar dos riscos amplamente documentados à saúde humana e aos ecossistemas aquáticos. Estudos internacionais demonstram que a MAPE responde por uma parcela significativa das emissões globais de mercúrio, superando, em diversos países, as emissões provenientes de fontes industriais formais, configurando-se como um dos principais desafios ambientais associados ao setor mineral em regiões tropicais.

Na bacia do rio Putumayo-Içá, situada em uma região estratégica de fronteira entre Brasil, Colômbia e Peru, a MAPE assume contornos ainda mais críticos. Trata-se de um território marcado por elevada conectividade hidrológica, expressiva diversidade biológica, ampla presença de povos indígenas e comunidades ribeirinhas e forte dependência dos recursos aquáticos para a subsistência, a segurança alimentar e a reprodução dos modos de vida tradicionais. Nesse cenário, os impactos associados à mineração artesanal extrapolam a degradação física dos cursos d'água, abrangendo a contaminação química de sedimentos, peixes e populações humanas, com efeitos cumulativos e transfronteiriços.

Embora o Brasil disponha de um arcabouço jurídico relativamente robusto para a regulação da atividade mineral e a proteção ambiental incluindo dispositivos constitucionais, legislação infraconstitucional, instrumentos de licenciamento e compromissos internacionais como a Convenção de Minamata sobre Mercúrio, observa-

se um descompasso recorrente entre a normatização formal e sua aplicação prática, sobretudo em regiões remotas da Amazônia. Esse descompasso decorre de limitações estruturais de fiscalização, sobreposição de competências institucionais, informalidade histórica da MAPE e dificuldades logísticas de atuação estatal em áreas de fronteira, comprometendo a efetividade das políticas públicas de controle e prevenção da contaminação por mercúrio.

Nesse contexto, o presente documento tem por objetivo analisar criticamente o estado da regulamentação ambiental aplicável às atividades de mineração artesanal e de pequena escala no Brasil e principalmente da bacia do rio Putumayo-Içá, com ênfase nos aspectos relacionados ao uso do mercúrio e aos processos de contaminação ambiental associados. Busca-se avaliar a aderência e a efetividade desse marco regulatório no contexto específico da bacia do rio Putumayo-Içá, bem como identificar lacunas normativas, institucionais e de informação que limitam sua implementação, indicando fontes técnicas e científicas capazes de subsidiar análises futuras e o aprimoramento das estratégias de gestão ambiental.

Portanto, o Produto 7 foi elaborado de forma articulada e complementar aos Produtos 2, 3, 4, 5 e 6, que, em conjunto, estabeleceram a base técnica e diagnóstica do projeto na bacia do rio Putumayo-Içá. O Produto 2 concentrou-se no diagnóstico e na sistematização das informações disponíveis sobre a poluição por mercúrio e outros poluentes na bacia. O Produto 3 definiu os locais prioritários e os protocolos técnicos de amostragem para o monitoramento de mercúrio no Rio Içá. O Produto 4 apresentou o diagnóstico preliminar e o estado atual das concentrações de Mercúrio Total (HgT) em músculo de pescado, evidenciando os processos de bioacumulação. O Produto 5 abordou o diagnóstico preliminar das concentrações de outros poluentes, incluindo hidrocarbonetos, metais pesados e contaminantes associados a culturas ilícitas, bem como a análise da bioacumulação desses poluentes em comunidades situadas no entorno da bacia. Por sua vez, o Produto 6 realizou o georreferenciamento de localidades associadas ao uso de outros poluentes, às atividades mineiras ilegais e às áreas com maior propensão ao desenvolvimento da mineração ilegal.

A partir dessa base técnica consolidada, o presente produto avança na análise conceitual da mineração artesanal e de pequena escala (MAPE), no exame do marco legal e regulatório brasileiro e na discussão dos instrumentos de gestão do mercúrio, avaliando

suas implicações para a gestão integrada e transfronteiriça dos recursos hídricos da bacia do rio Putumayo–Içá.

Dessa forma, este documento busca não apenas descrever o arcabouço normativo existente, mas situá-lo criticamente frente à realidade territorial amazônica, fornecendo subsídios técnicos para a definição de prioridades de monitoramento, ações-piloto e estratégias de governança ambiental alinhadas aos compromissos nacionais e internacionais assumidos pelo Brasil.

2 ENQUADRAMENTO CONCEITUAL DA MINERAÇÃO ARTESANAL E DE PEQUENA ESCALA (MAPE)

A mineração artesanal e de pequena escala (MAPE) é definida como a atividade de extração mineral caracterizada por baixo nível de mecanização, elevada dependência de mão de obra manual e limitada capacidade tecnológica, ocorrendo, em grande parte dos casos, em contextos de informalidade ou ilegalidade. Embora represente uma importante fonte de renda para populações vulneráveis em regiões remotas, especialmente na Amazônia, a MAPE apresenta elevados riscos ambientais e sanitários quando desenvolvida sem controle técnico, institucional e ambiental adequados.

No caso da extração de ouro, a utilização do mercúrio metálico no processo de amalgamação constitui a técnica historicamente mais difundida, em razão de seu baixo custo, ampla disponibilidade e simplicidade operacional. Entretanto, o uso do mercúrio implica a liberação direta desse elemento no ambiente, tanto durante a queima do amálgama quanto pelo descarte inadequado de rejeitos, resultando na contaminação de sistemas aquáticos e terrestres. Uma vez introduzido no ambiente, o mercúrio pode ser convertido em metilmercúrio, forma altamente tóxica, com elevada capacidade de bioacumulação e biomagnificação ao longo da cadeia trófica.

Evidências científicas consolidadas indicam que a MAPE responde por uma parcela significativa das emissões globais de mercúrio para o meio ambiente, superando, em diversos países, as emissões provenientes de fontes industriais formais. Na Amazônia, os impactos associados a essa atividade incluem a degradação física dos cursos d'água, a intensificação da erosão e do assoreamento, a alteração da morfologia fluvial e a contaminação química de água, sedimentos, peixes e populações humanas. Esses processos afetam diretamente a segurança alimentar, a saúde pública e a integridade dos

modos de vida tradicionais de comunidades indígenas e ribeirinhas, configurando um problema ambiental, social e de saúde pública de elevada relevância.

Estimativas globais recentes indicam que a MAPE é a maior fonte de emissões e liberações de mercúrio no mundo, ocorrendo em mais de 80 países e sustentando a subsistência de cerca de 100 milhões de pessoas. Dados derivados dos Planos de Ação Nacional (NAPs) revelam que, em muitos países, o uso real de mercúrio é significativamente superior às estimativas anteriores, com uma razão média de uso de 1,3 kg de mercúrio para cada 1 kg de ouro produzido. Além disso, práticas críticas como a queima aberta de amálgama e a queima em áreas residenciais continuam prevalentes, expondo diretamente mineradores e comunidades a vapores tóxicos.

Estimativas atuais indicam que a MAPE no Brasil emite e libera entre 11,8 a 12,5 toneladas de mercúrio por ano (média 2020-2022). Além disso, o legado histórico de mercúrio acumulado ao longo do tempo é estimado em 1.700 a 3.400 toneladas, o que representa uma pressão contínua sobre os ecossistemas, mesmo em áreas sem garimpo ativo.

Nesse contexto, a MAPE deixa de ser apenas uma questão setorial da mineração e passa a constituir um tema estratégico para a formulação de políticas públicas integradas, envolvendo gestão dos recursos hídricos, vigilância em saúde ambiental, ordenamento territorial e inclusão socioeconômica. A persistência do uso do mercúrio na mineração artesanal evidencia a necessidade de instrumentos regulatórios eficazes, combinados a políticas de transição tecnológica, assistência técnica, formalização da atividade e fortalecimento da governança territorial, em consonância com os compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito da Convenção de Minamata sobre Mercúrio.

Fontes recomendadas:

UNEP (2018). *Global Mercury Assessment*. <https://www.unep.org/resources/publication/global-mercury-assessment-2018>.

Telmer & Veiga (2009). *World emissions of mercury from artisanal and small-scale gold mining*. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-93958-2_14

Susan Keane, Ludovic Bernaudat, Kenneth J. Davis, Imelda Dossou Etui e outros. *Mercury and artisanal and small-scale gold mining: Review of global use estimates and considerations for promoting mercury-free alternatives*. *Ambio: A Journal of the Human Environment*, Volume 52 (5), 2023. Disponível: https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-023-01843-2?utm_source=chatgpt.com.

Plano de ação nacional de Ouro sem Mercúrio: https://www.ourosemmercurio.com.br/documentos/?utm_source=chatgpt.com.

3 MARCO LEGAL E REGULAMENTAÇÃO AMBIENTAL APLICÁVEL NO BRASIL

No ordenamento jurídico brasileiro, os recursos minerais são bens da União, conforme estabelecido pela Constituição Federal de 1988. A exploração mineral depende de autorização ou concessão do Poder Público, sendo a Permissão de Lavra Garimpeira (PLG) o instrumento legal específico para a mineração artesanal.

Os principais dispositivos legais relacionados à MAPE incluem:

- Constituição Federal de 1988;
- Código de Mineração (Decreto-Lei nº 227/1967);
- Lei nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais);
- Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981);
- Normas de licenciamento ambiental estadual;
- Convenção de Minamata sobre Mercúrio, ratificada pelo Brasil em 2017.

Apesar da existência de um arcabouço normativo relativamente robusto, observa-se um descompasso entre a legislação e sua aplicação prática, sobretudo em regiões remotas da Amazônia. Esse descompasso decorre, entre outros fatores, da limitada capacidade de fiscalização, da sobreposição de competências institucionais, da informalidade estrutural da atividade e da dificuldade de acesso do Estado a territórios isolados, o que compromete a efetividade dos instrumentos legais existentes.

Desta forma, para assegurar a rastreabilidade, atualidade e aplicabilidade das fontes utilizadas, as principais referências normativas, técnicas e científicas que subsidiam este produto foram sistematizadas em uma matriz analítica. A Tabela 1 apresenta uma síntese crítica das referências utilizadas, avaliando sua escala de aplicação, grau de atualidade, confiabilidade institucional e relevância direta para os objetivos do

projeto, permitindo ao leitor compreender por que cada documento foi utilizado e como ele informa as decisões técnicas adotadas.

Tabela 1: Síntese crítica das referências técnicas e normativas utilizadas no projeto

Referência	Tipo de documento	Escala	Atualidade	Relevância para o Projeto	Observações técnicas
Constituição Federal (1988)	Norma constitucional	Nacional	Vigente	Alta	Define domínio dos recursos minerais
Código de Mineração (DL 227/1967)	Norma infraconstitucional	Nacional	Vigente	Alta	Base legal da PLG
Convenção de Minamata	Acordo internacional	Global	Atual	Muito alta	Marco para controle do mercúrio
UNEP (2018)	Relatório técnico	Global	Atual	Muito alta	Referência internacional
CETESB & ANA (2011)	Guia metodológico	Nacional	Atual	Alta	Base para protocolos de campo

3.1 Fontes recomendadas:

- Planalto - Legislação Federal: <https://www.planalto.gov.br>
- ANM - Agência Nacional de Mineração: <https://www.gov.br/anm>
- MMA - Convenção de Minamata: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/qualidade-ambiental/mercurio>

4 REGULAMENTAÇÃO E GESTÃO DO MERCÚRIO

O mercúrio é classificado como substância altamente tóxica, com capacidade de bioacumulação e biomagnificação ao longo da cadeia trófica. Na mineração artesanal de ouro, o Hg é utilizado para formar amálgamas, sendo liberado para o ambiente durante o processo de queima e descarte inadequado de rejeitos, atingindo preferencialmente sistemas aquáticos e populações dependentes da pesca.

A Convenção de Minamata estabelece compromissos para a redução e, quando possível, eliminação do uso de mercúrio na MAPE. No entanto, no contexto amazônico brasileiro, a implementação desses compromissos enfrenta desafios como a informalidade da atividade, a ausência de tecnologias alternativas acessíveis e a limitada presença do Estado, o que exige estratégias complementares de governança, assistência técnica e inclusão social.

A transição para a eliminação do mercúrio, conforme preconizado pela Convenção de Minamata, depende da adoção de tecnologias de processamento livre de mercúrio que sejam técnica e economicamente viáveis para o minerador artesanal. Tecnologias baseadas em metalurgia física (gravidade), como concentradores centrífugos e mesas vibratórias, bem como métodos hidrometalúrgicos (lixiviação), têm demonstrado capacidade não apenas de eliminar o mercúrio, mas também de aumentar a taxa de recuperação de ouro, tornando a atividade mais rentável a longo prazo.

4.1 Fontes recomendadas:

- Lacerda & Salomons (1998). *Mercury from Gold and Silver Mining*. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-80315-1>
- Castilhos et al. (2017). Emissões de Hg na MAPE no Brasil. CETEM.

5 SITUAÇÃO DA BACIA DO RIO PUTUMAYO–IÇÁ

A bacia do rio Putumayo–Içá apresenta elevada sensibilidade ambiental em razão de sua intensa conectividade hidrológica, elevada diversidade biológica e da forte dependência das populações indígenas e ribeirinhas dos recursos aquáticos para subsistência, segurança alimentar e reprodução sociocultural. Trata-se de um sistema hidrográfico estratégico, no qual impactos locais tendem a se propagar rapidamente ao longo da bacia, ampliando seus efeitos ambientais e sociais.

Evidências técnicas recentes indicam a presença recorrente de atividades de garimpo ilegal em afluentes estratégicos, associadas ao uso de mercúrio e a outras práticas ambientalmente degradantes. Esses processos têm resultado na contaminação de sedimentos e organismos aquáticos, bem como na bioacumulação de mercúrio em peixes e, conseqüentemente, em comunidades humanas que dependem diretamente da pesca, configurando um cenário crítico de risco ambiental, sanitário e alimentar.

Relatórios produzidos por instituições como a Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada (RAISG), o MapBiomias e a Agência Brasileira de Inteligência (ABIN) apontam a expansão contínua de frentes ilegais de mineração na região, frequentemente associadas a redes criminosas transnacionais. Esse contexto agrava os impactos socioambientais e compromete a capacidade de governança territorial da bacia, sobretudo no que se refere à fiscalização ambiental, ao controle do uso do

mercúrio e à cooperação institucional entre os países que compartilham o sistema hidrográfico do Putumayo–Içá.

5.1 Fontes recomendadas:

- RAISG – Mineração na Amazônia: <https://www.raisg.org>
- MapBiomas – Mineração: <https://brasil.mapbiomas.org>
- ABIN (2025). *Mercúrio na Amazônia*. <https://publicacoes.forumseguranca.org.br>

6 IMPLICAÇÕES PARA A GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS (GIRH)

A contaminação por mercúrio associada às atividades de mineração artesanal e de pequena escala (MAPE) compromete diretamente os princípios e objetivos da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH), ao impactar a qualidade da água, a integridade dos ecossistemas aquáticos, a segurança alimentar e a saúde pública das populações dependentes dos recursos hídricos. Trata-se de um fator de pressão difusa e persistente, cujos efeitos extrapolam os limites locais de ocorrência da atividade minerária, propagando-se ao longo da rede hidrográfica por meio do transporte de sedimentos e da bioacumulação ao longo da cadeia trófica.

A gestão de recursos hídricos na bacia deve considerar que a Floresta Amazônica atua como um sorvedouro/sumidouro de mercúrio, retendo cerca de 20% da deposição bruta global. Isso ocorre devido à alta pluviosidade e à composição dos solos, que podem conter teores naturais de mercúrio até 2 a 3 vezes maiores que a média, tornando a biota aquática vulnerável mesmo em áreas distantes dos focos diretos de garimpo.

Portanto, na bacia do rio Putumayo–Içá, esses impactos assumem caráter eminentemente transfronteiriço, em razão da elevada conectividade hidrológica entre Brasil, Colômbia e Peru. Nesse contexto, a presença de fontes de contaminação em trechos específicos da bacia pode gerar efeitos cumulativos em jusante, afetando territórios, comunidades e ecossistemas localizados em diferentes países. Essa dinâmica impõe desafios adicionais à GIRH, exigindo mecanismos de cooperação internacional, harmonização de protocolos de monitoramento e coordenação entre os sistemas nacionais de gestão hídrica e ambiental.

Diante desse cenário, a análise da regulamentação ambiental aplicável à MAPE constitui instrumento central para a efetivação da GIRH na bacia do Putumayo–Içá. O exame crítico do marco normativo permite identificar lacunas, sobreposições e limitações operacionais que afetam a capacidade do Estado de prevenir, controlar e mitigar a contaminação por mercúrio, além de subsidiar a definição de prioridades de monitoramento, fiscalização e implementação de ações-piloto integradas.

Assim, a incorporação dos resultados deste Produto 7 aos processos decisórios da GIRH contribui para a adoção de uma abordagem baseada em evidências, orientada não apenas à proteção da qualidade da água, mas também à redução de riscos à saúde humana, à conservação da biodiversidade aquática e ao fortalecimento da governança territorial em um contexto de fronteira. Essa abordagem reforça o papel da GIRH como eixo estruturante para a implementação dos compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito da Convenção de Minamata sobre Mercúrio e para a construção de soluções sustentáveis e cooperativas na gestão da bacia do rio Putumayo–Içá.

7 LACUNAS DE INFORMAÇÃO E NECESSIDADES FUTURAS

Persistem lacunas significativas quanto à distribuição espacial das fontes de mercúrio, séries temporais de concentração ambiental, dados de bioacumulação e monitoramento sistemático em comunidades indígenas e ribeirinhas. Há também lacunas relacionadas à integração entre dados ambientais, normativos e socioeconômicos, essenciais para a construção de uma linha de base robusta do projeto.

A consolidação das diretrizes para a bacia do Rio Putumayo-Içá exige a convergência entre o diagnóstico técnico detalhado nos produtos precedentes e as definições estratégicas estabelecidas no Taller Regional de Quito (2025). Enquanto o georreferenciamento e o diagnóstico de poluentes (Produtos 5 e 6) confirmam a pressão da mineração ilegal e a presença de hidrocarbonetos em zonas críticas de fronteira, a análise da biota (Produto 4) revela um cenário preocupante de biomagnificação, com concentrações de mercúrio em peixes piscívoros que ameaçam diretamente a segurança alimentar das populações locais.

Conforme reportado em reunião técnica com órgãos gestores (SEMA, IPAAM, SGB e ANM) realizada em dezembro de 2025, a principal lacuna reside na falta de recursos orçamentários para monitoramento contínuo e na dificuldade de detecção do

garimpo artesanal no Rio Puretê, que utiliza infraestrutura de pequeno porte para evadir a fiscalização.

Para superar as lacunas identificadas é a estratégia de monitoramento para o lado brasileiro deve ser integrada à rede trinacional, adotando os seguintes pilares fundamentais:

- Rede de Monitoramento Territorial: Implementação de pontos sentinela em Vila Ipiranga, Vila Alterosa do Juí, Betânia e Santo Antônio do Içá, garantindo a continuidade dos dados entre Brasil, Colômbia e Peru.
- Foco na Biota e Sedimentos: Conforme consenso regional, o monitoramento deve priorizar a análise de tecido biológico e sedimentos, utilizando protocolos de microbiologia molecular para detectar precocemente riscos de metilação do mercúrio.
- Governança e Ciência Cidadã: Adoção do modelo de 'Hidrocustódios', capacitando monitores comunitários locais para a coleta sistemática, assegurando a vigilância ambiental mesmo em áreas de logística complexa.

Essa abordagem não apenas fortalece a gestão dos recursos hídricos sob a ótica da GIRH, mas também alinha o Brasil aos compromissos da Convenção de Minamata, transformando dados técnicos em ferramentas de proteção à saúde pública e conservação amazônica.

8 RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS E INSTITUCIONAIS

8.1 Desafios da Fiscalização e a Alternativa da Regularização da MAPE

Durante as consultas institucionais realizadas em dezembro de 2025 com órgãos como ANM e IPAAM, consolidou-se o entendimento de que a fiscalização punitiva isolada é insuficiente para a calha do Rio Içá. A vastidão territorial do Estado do Amazonas, somada ao caráter remoto e de difícil acesso da bacia, torna logisticamente inviável a manutenção de bases de fiscalização permanentes em todos os pontos críticos. Essa limitação estatal permite que o garimpo ilegal opere de forma predatória e invisível aos olhos do controle público.

Diante dessa realidade, surge como alternativa estratégica a regularização da Mineração Artesanal e de Pequena Escala (MAPE) sob um novo paradigma de

sustentabilidade. A formalização da atividade, se acompanhada de uma rigorosa assistência técnica, que permitiria a implantação de tecnologias limpas e atuais que eliminam o uso de mercúrio ou impedem o seu despejo nos corpos hídricos (como sistemas de circuito fechado e retortas de alta eficiência).

Além do ganho ambiental, a regularização atua como um instrumento de justiça social e autonomia para as comunidades locais. Como relatado nas reuniões, atualmente, uma parcela significativa da população ribeirinha já depende economicamente do garimpo ilegal, atuando como operadores de draga, guias, cozinheiras e em outros serviços braçais em condições de vulnerabilidade jurídica e sanitária. Ao formalizar a atividade, o Estado retira esses trabalhadores da ilegalidade, permitindo a implementação de protocolos de saúde ocupacional, rastreabilidade do ouro e, principalmente, a transformação dessas comunidades em agentes de monitoramento ambiental, garantindo que a exploração econômica não comprometa a sobrevivência do ecossistema e a segurança alimentar das futuras gerações.

Desta forma, a mera disponibilidade de tecnologias limpas não garante sua adoção, conforme demonstram estudos de caso que apontam barreiras socioeconômicas profundas. Entre os principais desafios destacam-se a insegurança na posse da terra, que desencoraja investimentos em equipamentos fixos; a falta de acesso a capital para o investimento inicial; e a influência de intermediários que controlam o fornecimento de mercúrio. Portanto, as estratégias de governança na bacia do Rio Putumayo-Içá devem incluir não apenas o aporte tecnológico, mas também programas de formalização, alfabetização financeira e a criação de incentivos de mercado para o ouro livre de mercúrio.

8.2 Ações Estratégicas para o Fortalecimento da Governança Territorial

Para viabilizar a transição do cenário de ilegalidade para um modelo de gestão eficiente, é imperativa a implementação das seguintes ações integradas:

- Fortalecimento da Articulação Interinstitucional: Criar canais de resposta rápida entre órgãos ambientais (IPAAM/SEMA), indigenistas (FUNAI) e forças de segurança, garantindo que a fiscalização seja acompanhada de salvaguardas sociais.
- Ampliação do Monitoramento Ambiental e Geoquímico: Estabelecer uma base de dados contínua que permita distinguir a presença natural de metais

pesados da contaminação antrópica, conforme sugerido pelas limitações relatadas pelo SGB.

- Incentivo a Tecnologias Alternativas: Fomentar o uso de sistemas de circuito fechado e retortas, eliminando a dependência do mercúrio e modernizando a atividade mineira artesanal.
- Integração de Saberes: Incorporar o conhecimento tradicional das populações ribeirinhas e indígenas ao sistema científico de gestão, reconhecendo os moradores como os principais observadores das mudanças no ecossistema.
- Cooperação Transfronteiriça e Harmonização Regulatória: Promover uma agenda contínua entre Brasil, Colômbia e Peru para comparar e harmonizar as regulamentações da MAPE, evitando que disparidades legais facilitem a migração de atividades ilegais entre os países.
- Urgência do Monitoramento Comunitário: Diante das táticas de ocultação de dragas em afluentes como o Puretê e das restrições orçamentárias dos órgãos federais, a implementação de monitores comunitários torna-se a estratégia central. O monitoramento social é a única resposta eficaz para a invisibilidade do garimpo de pequeno porte, transformando a vigilância local em um braço operacional da gestão pública.

8.3 Tecnologias descritas no Plano de ação nacional do Ouro sem Mercúrio

O Panorama do Plano de Ação Nacional para a Mineração de Ouro sem Mercúrio identifica um conjunto de tecnologias já disponíveis e tecnicamente viáveis para promover a transição da Mineração Artesanal e de Pequena Escala (MAPE) para modelos produtivos livres de mercúrio.

Essas alternativas baseiam-se, principalmente, em métodos físicos de concentração por gravidade, sistemas aprimorados de separação mineral e processos de recuperação do ouro que eliminam a etapa de amalgamação, reduzindo significativamente os riscos ambientais e à saúde humana. A adoção dessas tecnologias, quando associada à capacitação técnica, organização produtiva e apoio institucional, demonstra potencial concreto de aplicação em contextos amazônicos, inclusive em áreas remotas e de difícil fiscalização. A seguir será apresentado as seguintes tecnologias que já estão presentes no Brasil e podem ser aplicadas na transição.

- Aeroclassificação: Separação por ar que não requer produtos químicos e tem alta eficiência.
- Extração por Microondas: Tecnologia nacional capaz de captar extra-finos e substituir tanto o mercúrio quanto o cianeto.
- Bioextrator de Pau-de-Balsa: Uma solução biodegradável, atóxica e de baixo custo que utiliza extratos de árvore nativa (*Ochroma pyramidale*).
- Princípios da Transição: Adicione que a mudança tecnológica deve seguir uma lógica racional, demonstrando para o minerador que a técnica limpa é mais eficiente e compensatória economicamente.

9 INTEGRAÇÃO DE DIAGNÓSTICOS LOCAIS E ACORDOS REGIONAIS PARA O MONITORAMENTO DA BACIA

A consolidação das diretrizes para a Bacia do Rio Putumayo–Içá exige a convergência entre o conjunto de diagnósticos técnicos produzidos ao longo do projeto e as definições estratégicas pactuadas no Taller Regional de Monitoramento (Quito, 2025). Nesse sentido, os Produtos 2, 4, 5 e 6 forneceram a base empírica necessária para a compreensão integrada das pressões ambientais na bacia, ao sistematizar informações sobre a poluição por mercúrio e outros poluentes (Produto 2), evidenciar a bioacumulação de mercúrio em pescado e seus potenciais riscos à saúde humana (Produto 4), diagnosticar a presença de outros contaminantes associados a hidrocarbonetos, metais pesados e atividades ilícitas (Produto 5) e georreferenciar as frentes de mineração ilegal e áreas com maior propensão à expansão dessas atividades (Produto 6).

A partir dessa base técnica consolidada, as diretrizes estratégicas discutidas no Taller de Quito incorporam não apenas consensos metodológicos para o monitoramento ambiental, mas também uma leitura territorial e transfronteiriça dos riscos socioambientais, permitindo que as ações propostas sejam orientadas por evidências e alinhadas à realidade operacional da bacia do rio Putumayo–Içá.

Assim, enquanto os levantamentos territoriais e geoespaciais realizados no âmbito do Produto 6 confirmam a pressão exercida pela Mineração Artesanal e de Pequena Escala (MAPE) em trechos específicos da zona de fronteira, o monitoramento de contaminantes conduzido no Produto 5 evidencia que a bioacumulação de mercúrio em espécies migratórias de peixes constitui o principal vetor de risco à segurança alimentar das comunidades ribeirinhas da bacia.

Diante desse cenário, a implementação do sistema de monitoramento ambiental no lado brasileiro da bacia deve estar alinhada aos acordos e consensos estabelecidos no Taller Regional de Monitoramento, adotando como eixos prioritários as seguintes diretrizes:

- Rede Trinacional de Pontos de Monitoramento: Priorizar a coleta sistemática de amostras em localidades estratégicas como Vila Ipiranga, Vila Alterosa do Juí, Betânia e Santo Antônio do Içá, assegurando a integração e a comparabilidade dos dados gerados no Brasil com aqueles produzidos na Colômbia e no Peru.
- Protocolos de Ciência Cidadã: Implementar o modelo de Hidrocostódios (monitores comunitários locais), devidamente capacitados para a utilização de amostradores passivos de baixo custo, garantindo a vigilância ambiental contínua em áreas onde as limitações logísticas restringem a presença permanente do Estado.
- Monitoramento da Biota e de Sedimentos: Redirecionar o foco do monitoramento, tradicionalmente centrado apenas na água, para a análise sistemática de sedimentos e de tecido biológico, em especial peixes, conforme as recomendações técnicas regionais para a detecção precoce de processos de metilação e biomagnificação do mercúrio.
- Articulação Institucional e Compromissos Internacionais: Utilizar os dados produzidos pelo sistema de monitoramento para subsidiar os relatórios nacionais no âmbito da Convenção de Minamata sobre Mercúrio, fortalecendo a posição do Brasil na gestão compartilhada da bacia e ampliando as oportunidades de cooperação técnica e captação de recursos internacionais para ações de mitigação e remediação ambiental.

10 METODOLOGIA E PROTOCOLOS TÉCNICOS DE AMOSTRAGEM AMBIENTAL

Os procedimentos de medições *in loco* e de coleta de amostras de água e sedimentos adotados neste projeto devem seguir protocolos técnicos padronizados e amplamente reconhecidos, com base no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB & ANA, 2011), sob coordenação da Profa. Tereza Cristina Souza de Oliveira (LAQUA/UFAM). Esses procedimentos visam assegurar a confiabilidade

analítica, a comparabilidade dos dados e a conformidade com as diretrizes nacionais e internacionais aplicáveis à avaliação da contaminação por mercúrio e outros poluentes.

A descrições aqui neste protocolo serão dedicadas à possível realização de determinações: de contaminantes inorgânicas como, as espécies de mercúrio, de outros metais potencialmente tóxicos; de elementos terras raras; de contaminantes orgânicos, como os indicadores de contaminação com hidrocarbonetos de petróleo e combustão incompleta de matéria orgânica, como hidrocarbonetos alifáticos como a série de alcanos, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos; contaminantes emergentes como bisfenol A e alguns pesticidas;

A confiabilidade dos resultados nas análises químicas de poluentes, sendo estes muitas vezes analitos a níveis traço, principalmente para as determinações de mercúrio, será assegurado por rigorosos procedimentos que possam excluir principalmente contaminação de amostras, visando evitar erros sistemáticos.

Os protocolos e etapas de análise adotados neste produto seguem as recomendações do Acordo de Minamata, as diretrizes da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e os parâmetros definidos pela legislação ambiental brasileira, especialmente as Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 396/2008, que estabelecem os padrões de qualidade e enquadramento dos corpos d'água.

Além disso, o método inclui a determinação dos Índices de Qualidade da Água (IQA) e do Índice de Risco da Qualidade da Água (IRQA), conforme metodologia da ANA, permitindo avaliar a integridade ambiental e o risco associado ao consumo humano e aos usos múltiplos da água.

Esses índices serão calculados a partir de parâmetros físico-químicos e biológicos coletados in loco, garantindo comparabilidade com indicadores nacionais e internacionais (OMS/EPA), em conformidade com os compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito do Acordo de Minamata. Além de apresentar similaridade com os parâmetros e metodologias de monitoramento que foram elaboradas e discutidas no Memoria Taller (2025), por especialistas dos quatro países que englobam a bacia do rio Putumayo-Içá (Brasil, Colômbia, Peru e Equador)

11 LIMITAÇÕES E PREMISSAS DO PRODUTO

A presente análise baseia-se predominantemente em informações secundárias provenientes da literatura científica, relatórios institucionais e marcos normativos vigentes. Assim, os resultados aqui apresentados não substituem levantamentos primários detalhados, mas fornecem um diagnóstico estratégico inicial para orientar decisões do projeto.

Adicionalmente, a dinâmica da mineração artesanal e de pequena escala na Amazônia, especialmente em contextos transfronteiriços, é altamente mutável, o que exige atualização periódica das informações regulatórias e institucionais aqui sistematizadas.

Em consulta direta aos órgãos de controle (ANM, IPAAM) e pesquisa (SGB) em dezembro de 2025, constatou-se que a regulamentação da MAPE na calha do Içá enfrenta o desafio da 'mineração invisível'. O uso de dragas de pequeno porte em afluentes como o Rio Puretê permite que a atividade ilegal se oculte rapidamente de ações fiscalizatórias. Somado a isso, o Serviço Geológico do Brasil (SGB) sinalizou que as restrições orçamentárias impedem a distinção clara entre o mercúrio de origem natural e o antrópico.

Tais fatos reforçam que a regulamentação ambiental no Brasil, embora robusta juridicamente, carece de viabilidade operacional. A proposta de monitoramento participativo e a integração transfronteiriça não são apenas melhorias técnicas, mas medidas de sobrevivência institucional para que as metas de redução de 30% na contaminação por mercúrio deixem de ser planos de gabinete e tornem-se resultados aferíveis no território.

É imperativo registrar que, apesar dos esforços empenhados junto aos órgãos competentes para o levantamento de dados que pudessem enriquecer este relatório, a escassez de dados secundários sobre a real situação da bacia do rio Putumayo-Içá no lado brasileiro, permanece como um desafio crítico. A inexistência de um histórico de monitoramento sistemático e a impossibilidade de realização de etapas de campo para a coleta de dados primários durante esta fase, impediram a elaboração de um zoneamento socioambiental e de um diagnóstico de precisão para a bacia. Este 'vazio de informações' limita a profundidade analítica dos produtos apresentados até o momento.

Diante deste cenário, torna-se indispensável a realização de incursões técnicas e expedições de campo na região para a coleta de dados biofísicos e sociais. É fundamental

que estas atividades não sejam isoladas, mas sim fruto de uma grande mobilização interinstitucional. Propõe-se a integração efetiva de órgãos reguladores e de pesquisa, como o Serviço Geológico do Brasil (SGB), a Agência Nacional de Mineração (ANM) e a FUNAI, Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Universidade Federal do Amazonas (UFAM), em conjunto com o suporte logístico e de segurança das Forças Armadas, Polícia Federal, Polícia Civil e Polícia Militar.

O objetivo desta união de forças deve ir além do diagnóstico, deve focar em ações de fiscalização rigorosa e na implementação de tecnologias de ponta que eliminem o uso do mercúrio no processo de amalgamação do ouro. A estratégia central deve ser a formalização e criação de cooperativas de moradores locais, capacitadas para gerir a extração mineral de forma autônoma e sustentável. Ao substituir práticas predatórias por tecnologias limpas e métodos de extração modernos, será possível garantir a proteção dos ecossistemas aquáticos, terrestres e florestais, transformando o atual ciclo de degradação em um modelo de conservação e desenvolvimento socioeconômico para a bacia.

12 CONTRIBUIÇÕES DESTE PRODUTO PARA A TOMADA DE DECISÃO NO ÂMBITO DO PROJETO

Este Produto 7 subsidia diretamente os processos de tomada de decisão do Projeto Manejo Integrado da Bacia Hidrográfica do Rio Putumayo–Içá ao oferecer uma análise estratégica e integrada do marco regulatório ambiental aplicável à Mineração Artesanal e de Pequena Escala (MAPE), com foco nos desafios associados ao uso do mercúrio e à gestão transfronteiriça dos recursos hídricos. Suas principais contribuições para os componentes do projeto incluem:

- Apoio ao Componente 1 – Governança e Tomada de Decisão Informada: ao sistematizar o estado atual da regulamentação ambiental incidente sobre a MAPE, o produto identifica lacunas normativas, institucionais e territoriais que limitam a efetividade da gestão ambiental na bacia, fornecendo subsídios técnicos para o aprimoramento da governança, da coordenação interinstitucional e da cooperação entre os países envolvidos.
- Contribuição ao Componente 2 – Intervenções de Manejo Integrado: ao analisar criticamente a aplicação do marco legal vigente, este Produto 7 orienta a definição de ações-piloto voltadas à prevenção, ao controle e à redução da poluição por mercúrio, assegurando que tais intervenções

estejam alinhadas ao contexto regulatório brasileiro, aos consensos regionais e aos compromissos internacionais assumidos pelo Brasil, em especial no âmbito da Convenção de Minamata.

- Fortalecimento do Componente 3 – Gestão do Projeto, Comunicação e Monitoramento: ao organizar informações técnicas verificadas, referências normativas e científicas e lições aprendidas ao longo do projeto, este produto contribui para a consolidação do sistema de gestão do conhecimento, garantindo rastreabilidade das fontes, atualização contínua das informações e maior transparência institucional nos processos decisórios.

12.1 Contribuições do Taller Regional de Monitoramento (Quito, 2025)

O delineamento das estratégias de monitoramento e governança para a Bacia do Rio Putumayo-Içá foi significativamente fortalecido durante o espaço de cocriação participativa realizado em Quito, entre 26 e 28 de agosto de 2025. Este evento reuniu especialistas governamentais, acadêmicos e técnicos do Brasil, Colômbia, Equador e Peru para padronizar protocolos de monitoramento da qualidade da água e elementos contaminantes.

Entre os principais avanços e consensos que devem ser integrados à gestão brasileira da bacia, destacam-se:

- Priorização da Biota e Metais Pesados: Ficou estabelecido que o monitoramento deve focar na contaminação por mercúrio nos ecossistemas aquáticos, com ênfase na medição em peixes e aves carnívoras devido à bioacumulação do metilmercúrio.
- Protocolos Transdisciplinares: Recomenda-se a adoção de protocolos que integrem análises químicas tradicionais com microbiologia molecular (qPCR e metagenômica) para identificar microrganismos com potencial de biorremediação de solos e sedimentos contaminados.
- Rede Trinacional de Monitoramento: Foram acordados 21 pontos estratégicos de coleta ao longo da bacia. Para o lado brasileiro, é fundamental a incorporação de zonas como Vila Ipiranga, Vila Alterosa do Juí, Betânia e Santo Antônio do Içá, garantindo a cobertura da zona baixa do rio e a continuidade dos dados gerados pelos países vizinhos.

- **Modelo de Sítios Centinela e Hidrocustódios:** Inspirado na experiência do Instituto Mamirauá, o monitoramento deve evoluir para a criação de "Sítios Centinela" e a formação de equipes de "hidrocustódios" (monitores comunitários locais). Este modelo garante uma coleta de dados constante e econômica, ao mesmo tempo em que promove a ciência cidadã e a governança territorial.
- **Articulação Internacional:** Os resultados desse sistema integrado devem servir de subsídio para instâncias globais, como a Convenção de Minamata, visando a visualização dos impactos da mineração artesanal na próxima COP no Chile.

Esta abordagem participativa e tecnicamente avançada é essencial para superar as limitações logísticas e de segurança na região, permitindo uma gestão de riscos mais eficaz para a saúde ambiental e das comunidades ribeirinhas.

13 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Governança, regularização e resposta estratégica à pressão da MAPE

A análise detalhada da bacia do Rio Putumayo–Içá revela um paradoxo crítico: embora o Brasil disponha de um arcabouço legal ambiental e minerário robusto e tecnicamente avançado, sua efetividade é, na prática, severamente limitada pela ausência de uma presença estatal sistemática e pelas elevadas restrições logísticas que caracterizam a zona de fronteira amazônica. As evidências técnicas consolidadas ao longo dos diagnósticos anteriores (Produtos 2 a 6) não permitem mais que o problema seja tratado como uma lacuna meramente informativa ou pontual. Trata-se de uma crise ambiental, sanitária e de soberania em curso, na qual a legislação vigente falha em proteger o território frente à pressão crescente da Mineração Artesanal e de Pequena Escala (MAPE) ilegal.

Os dados alarmantes de bioacumulação apresentados no Produto 4 demonstram que a contaminação por mercúrio já ultrapassou as barreiras físicas do ecossistema, estando presente na principal fonte de proteína das populações ribeirinhas e indígenas. Esse cenário configura uma exposição crônica e silenciosa, cujos impactos neurológicos, imunológicos e sistêmicos podem ser irreversíveis. De forma complementar, o georreferenciamento de balsas e dragas em áreas transfronteiriças, conforme evidenciado no Produto 6, confirma que a regulamentação vigente, embora rigorosa no plano normativo, torna-se inócua sem uma estratégia de fiscalização integrada, contínua e dotada de suporte tecnológico compatível com a realidade territorial.

Adicionalmente, a pressão exercida pela MAPE tende a se intensificar em função de fatores econômicos globais. Crises financeiras, conflitos geopolíticos e instabilidades cambiais historicamente elevam o preço internacional do ouro, tornando a atividade ainda mais atrativa em regiões de baixa presença estatal e alta vulnerabilidade socioeconômica. Nesse contexto, insistir exclusivamente em estratégias repressivas de fiscalização mostra-se insuficiente e, muitas vezes, contraproducente.

Diante dessa realidade, a regularização da Mineração Artesanal e de Pequena Escala emerge como uma estratégia estruturante e inevitável para a região. A formalização da atividade, associada à criação de cooperativas de moradores locais, permitiria a substituição progressiva de práticas predatórias por modelos de extração tecnicamente assistidos, baseados em tecnologias limpas que eliminam ou evitam o uso do mercúrio, como sistemas de circuito fechado, concentradores gravimétricos modernos e retortas de alta eficiência. Essa abordagem reduz significativamente os danos ambientais, protege os recursos hídricos e transforma os próprios mineradores em aliados da gestão ambiental.

Além de seus benefícios ambientais, a organização da MAPE em cooperativas fortalece a inclusão social e econômica das comunidades ribeirinhas, hoje frequentemente inseridas em cadeias ilegais de exploração. Ao reconhecer e regular a atividade, o Estado cria condições para a implementação de protocolos de saúde ocupacional, rastreabilidade do ouro, monitoramento ambiental participativo e geração de renda lícita, reduzindo a dependência de redes criminosas e ampliando a governança territorial em áreas onde a fiscalização tradicional é logisticamente inviável.

Nesse sentido, a implementação das diretrizes estratégicas propostas neste documento não deve ser compreendida apenas como uma recomendação técnica, mas como o único caminho viável para evitar o colapso dos serviços ecossistêmicos da bacia do Rio Putumayo–Içá. A transição para um modelo de monitoramento dinâmico, baseado em Sítios Sentinela e no empoderamento de Hidrocustódios — conforme pactuado e validado internacionalmente no Taller Regional de Quito (2025) — precisa ser elevada ao status de prioridade de Estado. Esse modelo de Ciência Cidadã responde, de forma prática e realista, à histórica limitação da capacidade estatal de monitorar territórios remotos, transformando as comunidades locais na primeira linha de defesa ambiental.

Em última análise, a omissão continuada no controle da MAPE na bacia do Rio Içá não representa apenas uma falha administrativa, mas um descumprimento direto das

obrigações assumidas pelo Brasil no âmbito da Convenção de Minamata sobre Mercúrio. A persistência desse cenário condena a biodiversidade amazônica e as futuras gerações da região a um legado de contaminação, insegurança alimentar e subdesenvolvimento. Assim, a cooperação técnica, institucional e policial entre Brasil, Colômbia e Peru deixa de ser uma opção diplomática e passa a constituir uma necessidade técnica, ambiental e humanitária imediata para assegurar a sobrevivência do ecossistema e a dignidade das populações que dele dependem.