

PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA DE COLETAS AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA

PLANNING AND LOGISTICS OF ENVIRONMENTAL COLLECTIONS IN THE AMAZON

Kathleen Caroline Gomes Donozor

Aluna de Graduação do 4º período de Bacharel em Engenharia química
Universidade Federal do Rio de Janeiro
kathleencaroline@eq.ufrj.br

Zuleica Carmen Castilhos

Orientadora, Bioquímica, D.Sc.
zcastilhos@cetem.gov.br

Lillian M. Domingos

Co-orientadora, Química Industrial, M.Sc.
ldomingos@cetem.gov.br

RESUMO

A logística operacional aplicada às expedições de campo em áreas remotas, como terras indígenas e unidades de conservação na Amazônia, requer planejamento detalhado e rigoroso, além do cumprimento estrito de protocolos técnicos, administrativos e normativos previamente estabelecidos. O presente trabalho descreve detalhadamente as etapas de planejamento e operacionais do Projeto “Rede de Monitoramento Ambiental no Território Indígena Yanomami e Alto Amazonas” no que concerne ao CETEM (Monitora Y). São abordadas as fases pré-campo, campo e pós-campo, evidenciando seus procedimentos logísticos específicos, incluindo o treinamento e capacitação da equipe técnica, gestão eficiente de materiais e insumos, transporte adequado, além da preservação criteriosa das amostras e rigoroso controle de qualidade e de rastreabilidade de amostras. O delineamento e a execução das ações são essenciais para assegurar a integridade, confiabilidade e representatividade dos dados ambientais coletados, garantindo sua aplicabilidade e validade para análises laboratoriais conforme os parâmetros técnicos e normativos vigentes, contribuindo para a efetividade do monitoramento ambiental.

Palavras chave: Logística; matrizes ambientais; rastreabilidade; áreas remotas.

ABSTRACT

The operational logistics applied to field expeditions in remote areas, such as Indigenous Lands and Conservation Units in the Amazon region, require detailed and rigorous planning, as well as strict compliance with previously established technical, administrative, and regulatory protocols. This paper provides a detailed description of the operational stages to run the “Environmental Monitoring Network in the Yanomami Indigenous Territory and Upper Amazon” concerned with CETEM’s activities (Monitora Y). It addresses pre-field, field, and post-field phases, highlighting their specific procedures, including the training and qualification of the technical team, sample traceability, efficient management of materials and supplies, and appropriate transportation, as well as careful preservation of samples and strict quality control. The design and execution of these actions are essential to ensure the integrity, reliability, and representativeness of the environmental data collected, guaranteeing their applicability and validity for laboratory analyses according to current technical and regulatory standards, thereby contributing to the effectiveness of environmental monitoring.

Keywords: Logistics; environmental matrices; sample traceability; remote areas.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho integra o Projeto “Rede de Monitoramento Ambiental no Território Indígena Yanomami (TIY) e Alto Amazonas”, financiado pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudanças do Clima (MMA) e executado pelo CETEM (Centro de Tecnologia de Mineral), sob coordenação geral do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), em parceria com o ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) e a FUNAI (Fundação Nacional dos Povos Indígenas). O Laboratório de Especiação de Mercúrio Ambiental (LEMA/CETEM) é o responsável pela execução das atividades aqui detalhadas. O LEMA possui ampla experiência em projetos voltados ao monitoramento da contaminação por mercúrio, especialmente oriunda da atividade garimpeira de ouro.

Este trabalho descreve de forma detalhada a logística aplicada à coleta ambiental em áreas remotas, exigindo planejamento rigoroso e cumprimento de protocolos. Inicialmente, o CETEM foi convidado para participar de reuniões interinstitucionais com o MMA, IBAMA, FUNAI e MPI (Ministério dos Povos Indígenas) para definição de diretrizes e alinhamento estratégico.

A principal preocupação é a contaminação por mercúrio (Hg) e metilmercúrio (MeHg), altamente tóxicos e persistentes, mas também são analisados outros metais, parâmetros físico-químicos, HPAs, BTEX, íons, cianeto livre, cianobactérias, agrotóxicos e são realizados testes ecotoxicológicos em sedimentos. As amostragens seguem normas técnicas e éticas para atuação em territórios protegidos, organizadas em um fluxograma que assegura a eficiência, segurança e rastreabilidade das etapas operacionais.

2. METODOLOGIA

A logística foi estruturada em três etapas integradas: pré-campo, campo e pós-campo. As etapas operacionais foram organizadas por meio de um modelo de gestão em fluxograma, permitindo a visualização sequencial de todas as ações técnicas, logísticas e administrativas e identificados os responsáveis por sua execução. Essa abordagem garantiu fluidez, rastreabilidade e mitigação de riscos, assegurando a eficácia das atividades em regiões remotas e de difícil acesso.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. Pré-Campo

A equipe técnica foi capacitada em procedimentos padronizados de coleta, preservação e armazenamento de amostras conforme protocolos técnicos e normativos, garantindo a integridade e validade das análises laboratoriais para cada matriz ambiental e grupo de contaminantes. Os pontos prioritários de amostragem no território indígena foram definidos pela FUNAI/SESAI e IBAMA, e nas unidades de conservação, pelo IBAMA, ICMBio e CETEM. Foram preparadas planilhas digitais contendo informações logísticas e técnicas, como prioridade do ponto; polo base; pontos de coleta; município; bacia hidrográfica e corpo hídrico; coordenadas geográficas (latitude e longitude); justificativa para priorização e observações; logística de Boa Vista até o ponto de coleta (incluindo o tipo de aeronaves adequadas); logística complementar para deslocamento até comunidades e mananciais; estimativa quantitativa de amostras (por matriz e total); volume e peso das amostras (por matriz e total) e descrição detalhada dos locais previstos para coleta. As matrizes ambientais incluem água para consumo humano e águas fluviais, sedimento e pescado, com cronograma definido conforme janela operacional e condições ambientais; a equipe técnica foi selecionada pela coordenação do projeto no CETEM, observando critérios técnicos, e atos administrativos como obtenção de autorização junto à FUNAI e do SISBIO, aquisição de passagens aéreas, locação de veículos, calibração de equipamentos, entre outros, foram realizados. A estimativa de número de frascos necessários é realizada considerando cada analito e matriz. Equipamentos de campo, incluindo sondas multiparamétricas, foram testados previamente para garantir funcionalidade, com

manutenção realizada quando necessário. A conferência e separação dos materiais de campo, incluindo os frascos codificados e agrupados por matriz, data, analito e ponto, itens de escritório e equipamentos de proteção individual (EPIs) ocorreram com uso de *check-list* padronizado e todo o material foi organizado em caixas de isopor identificadas para transporte aéreo a Boa Vista. A coordenação designou responsáveis pela recepção dos materiais em Boa Vista, que conferiram integridade e quantidade via *check-list*, armazenando-os na sede do IBAMA até o início das atividades de campo; os dados dos responsáveis foram registrados para validação junto à transportadora. Todo o material técnico e de apoio foi enviado por via aérea com antecedência, transportado por empresa contratada, com caixas etiquetadas conforme padrão do projeto, acompanhadas de nota fiscal, declaração de conteúdo, autorização de fornecimento e minuta de despacho, sendo liberadas após inspeção por raio-X na transportadora por via aérea.

3.2. Campo

Após a conclusão das etapas de pré-campo, a equipe viaja na data prevista para Boa Vista, para organizar-se com antecedência para as atividades de campo. Antes das visitas às terras indígenas, todos realizam o teste de Covid-19. A coordenação define previamente as equipes de trabalho para as distintas localidades conforme datas e horários estabelecidos, atribuindo responsabilidades e funções claras para garantir organização e eficiência. Um dia antes das coletas é realizado novo treinamento, com a leitura das instruções de trabalho (IT) e esclarecimento de dúvidas. A equipe realiza amostragens de acordo com cada grupo de analitos e matriz, preservando as amostras com conservantes específicos, conforme metodologia descrita na IT. As amostras são acondicionadas para garantir a estabilidade dos parâmetros, podendo ser congeladas, refrigeradas ou mantidas em temperatura ambiente, conforme matriz e análise exigida. No retorno, amostras refrigeradas são transportadas com gelo e armazenadas na base segundo instruções para assegurar a qualidade analítica. Fotos e fichas digitalizadas são organizadas em *drive* do projeto e a cadeia de custódia geral é elaborada e arquivada para rastreabilidade das amostras enviadas ao Rio de Janeiro. Após o fechamento desta etapa, é elaborado relatório técnico de campo, com fotos relevantes sobre as características das áreas visitadas. As amostras coletadas são embaladas e despachadas para o Rio de Janeiro via aérea.

3.3. Pós-campo

Ao chegarem ao CETEM, as amostras são conferidas quanto à integridade dos frascos, número de amostras e códigos informados, comparando-os com a cadeia de custódia originária de Boa Vista/RR, verificando perdas ou quebras. Após, as amostras são armazenadas conforme cada IT, para garantir a preservação adequada. As amostras são organizadas conforme o laboratório de destino, e para cada lote é gerada uma cadeia de custódia contendo código da amostra, analito, data, hora, e assinaturas dos responsáveis pelo envio e recebimento, garantindo a rastreabilidade das amostras. Se o laboratório for no Rio de Janeiro, a entrega é feita diretamente; caso contrário, via transportadora. Todos os laboratórios contratados são acreditados pelo INMETRO ou seguem a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, com limites de detecção compatíveis com as exigências da legislação ambiental. Os laboratórios têm até um mês para enviar os laudos com os resultados das análises, que passam por uma análise crítica da acuracidade e precisão laboratoriais e para identificar possíveis inconsistências. Após validação pela coordenação, os resultados são inseridos em banco de dados para interpretação integrada dos dados. Cada resultado é primeiramente comparado com os valores máximos permitidos pela norma vigente, possibilitando identificar áreas contaminadas. Para segurança, os documentos gerados são impressos e arquivados em pastas organizadas por campanha de campo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final do primeiro ano, concluíram-se as coletas nos pontos selecionados (exceto em duas comunidades na TI Yanomami, em função da meteorologia), estimando a quantidade de frascos necessários por ponto e matriz, conforme especificações dos parâmetros analisados. O projeto abrangeu 26 pontos no Território Indígena Yanomami e 15 em Unidades de Conservação. Cada matriz ambiental segue sua respectiva legislação vigente como apresentado na Tabela 1:

Tabela 1: Legislação e órgão competente relacionados a cada matriz ambiental.

Matriz	Norma / Resolução	Órgão Responsável
Água para consumo humano	Portaria GM/MS nº 888/2021	Ministério da Saúde
Água Fluvial	Resolução CONAMA nº 357/2005	Ministério do Meio Ambiente
Sedimento	Resolução CONAMA nº 454/2012	Ministério do Meio Ambiente
Peixes (Biota)	RDC ANVISA nº 160/2022	Ministério da Saúde

O projeto mobilizou uma equipe técnica multidisciplinar de 15 profissionais, que seguiram rigorosamente as etapas previstas, possibilitando sua eficiente condução. O desempenho reflete planejamento estratégico, gestão integrada e execução operacional estruturada, fatores essenciais para os resultados obtidos sem intercorrências relevantes. O monitoramento ambiental é essencial para acompanhamento da qualidade temporais e melhor compreensão da contaminação ambiental.

5. CONCLUSÃO

Com a conclusão do primeiro ano deste projeto, 416 amostras de águas fluviais, 316 de sedimentos, 256 de água de consumo humano e 400 amostras biológicas de peixes, totalizando mais de 10.000 análises laboratoriais foram gerenciadas sem intercorrências relevantes. A metodologia adotada mostrou-se eficiente e replicável na condução de monitoramento ambiental em áreas remotas na Amazônia. Passível de adaptações adequadas, será adotada também na continuidade do projeto no triênio 2025-2027.

6. AGRADECIMENTOS

Expresso minha gratidão ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) por toda a infraestrutura oferecida, fundamental para a realização deste trabalho e a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Computação Científica (FACC) pela bolsa concedida. À minha orientadora, Zuleica Carmen Castilhos, agradeço pela confiança ao me conceder a primeira oportunidade no meio científico e por todo o conhecimento e orientação transmitidos ao longo desta jornada. À minha co-orientadora, Lillian Maria Borges Domingos, sou grata pela constante disponibilidade e apoio dedicados ao desenvolvimento da pesquisa. Agradeço também à Thainá de Lima Farinchon, pelo zelo empregado ao longo deste trabalho e a todos os envolvidos na criação deste projeto.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 — Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 160, de 1º de julho de 2022. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. Diário Oficial da União: Seção 1, [Brasília], n. 126, p. 76, 6 jul. 2022.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 454, de 1º de novembro de 2012. Dispõe sobre critérios e valores orientadores para o enquadramento e classificação de sedimentos em corpos de água interiores. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2 nov. 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Aprova o regulamento técnico de procedimentos para o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de qualidade. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 5 maio de 2021.

CASTILHOS et al. 2024. Rede de Monitoramento Ambiental no Território Yanomami e Alto Amazonas. Operações de Campo. Amostragem de matrizes ambientais e biológicas. CETEM- Centro de Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro, 20p.