Revista EDUCAmazônia
Revista EDUCAmazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente, Humaitá, LAPESAM/GISREA/UFAM/CNPq/
EDUA –ISSN 1983-3423 –IMPRESSA –ISSN 2318 –8766 –CDROOM –ISSN 2358-1468 -DIGITAL ONLINE
UFAM

REESMA, Humaitá - Amazonas, Ano 18, Volume XVIII, nº ESPECIAL, Jul-dez. 2025

PROTOCOLO IGARAPÉS: UM MÉTODO PADRONIZADO DE AMOSTRAGEM DE PEIXES E CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DE RIACHOS PARA LEVANTAMENTOS RÁPIDOS E ESTUDOS DE LONGA DURAÇÃO

IGARAPÉS PROTOCOL: A STANDARDIZED APPROACH FOR THE ASSESSMENT OF STREAM FISH AND ENVIRONMENTAL VARIABLES IN RAPID SURVEYS AND LONG-TERM MONITORING

Mariel Acácio[1], Fernando Pereira de Mendonça[2], Lis Fernandes Stegmann[3], Lucélia Nobre Carvalho[4], Willian Massaharu Ohara[5], Paula Carolina Paes Guarido[6], Carlos Alberto de Sousa Rodrigues-Filho[7], Carolina Rodrigues da Costa Doria[8], Fabíola Gomes Vieira[8], Rafael Pereira Leitão[9], Douglas Bastos[10], Marla Soares Carvalho[11], Murilo Sversut Dias[12], Marcelo Rodrigues dos Anjos[13], William Ernest Magnusson[14] & Jansen Zuanon[15]

Resumo:

O protocolo de amostragens de peixes em sistemas RAPELD foi adaptado do Projeto Igarapés, a partir de estudos inicialmente realizados em riachos da Reserva Florestal Adolpho Ducke em Manaus. A partir da criação do protocolo, diversos estudos foram realizados e mais grupos de pesquisa passaram a utilizá-lo em sítios de pesquisa na Amazônia e em outros biomas brasileiros. O protocolo de amostragens foi projetado para ser simples, prático, eficiente e de baixo custo financeiro, e permite realizar amostragens rápidas da diversidade de peixes de riachos. O uso de técnicas e esforço de amostragem padronizados também possibilita a realização de estudos ecológicos de longo prazo em riachos de diferentes biomas. Apresentamos aqui uma descrição detalhada e ilustrada dos procedimentos metodológicos do protocolo de amostragem de peixes para levantamentos rápidos e estudos a longo prazo, incluímos uma breve síntese do uso e aplicabilidades do protocolo e as principais informações geradas a partir de um método padronizado para estudar a ictiofauna de riachos.

Palavras-chave: RAPELD, ictiofauna, monitoramento de peixes, biodiversidade aquática, inventários.

[1] Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Centro de Estudos Integrados da Biodiversidade Amazônica - CENBAM/INPA., Avenida André Araújo, Aleixo, CEP: 69.067-375, Manaus-AM, Brasil Email: marielacacio@gmail.com
[2] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Presidente Figueiredo-AM, Brasil.

Abstract:

The fish sampling protocol used in RAPELD sites was adapted from the Igarapés Project, based on studies initially conducted in streams of the Adolpho Ducke Forest Reserve in Manaus. Since the creation of the protocol, several studies have been conducted, and more research groups have started using it in research sites across the Amazon and other Brazilian biomes. The sampling protocol was designed to be simple, practical, efficient, and low-cost, allowing for quick assessments of stream fish diversity. The use of standardized techniques and sampling effort also enables long-term ecological studies in streams across different biomes. Here, we present a detailed and illustrated description of the methodological procedures of the fish sampling protocol for rapid surveys and long-term studies, including a brief synthesis of the protocol's use and applicability, as well as the main information generated from a standardized method for studying stream ichthyofauna.

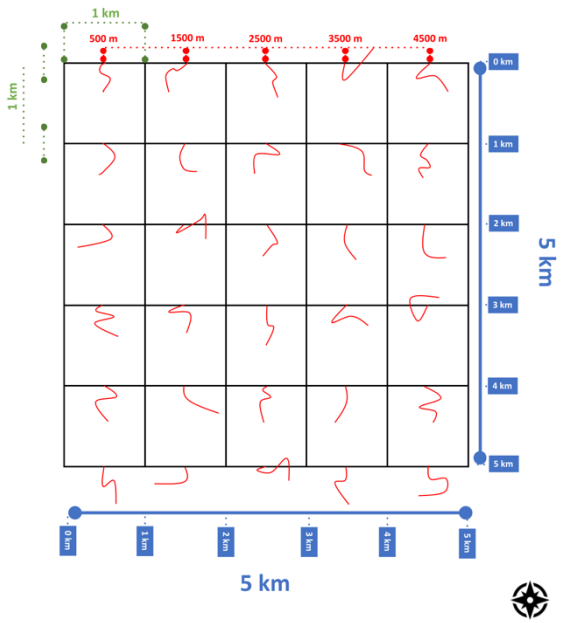
Keywords: RAPELD, ichthyofauna, fish monitoring, aquatic biodiversity.

[3] Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA, Brasil.
[4] Laboratório de Ictiologia Tropical, Instituto de Ciências Naturais Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop-MT, Brasil.
[5] Laboratório de Zoologia, Departamento de Biologia da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus-AM, Brasil.
[6] Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia -IPAM, Brasília-DF, Brasil.
[7] Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - IDSM; Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA, Tefé-AM, Brasil.
[8] Laboratório de Ictiologia e Pesca, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho-RO, Brasil.
[9] Departamento de Genética, Ecologia e Evolução, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte-MG, Brasil.
[10] Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus-AM, Brasil.
[11] Projeto Igarapés, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus-AM, Brasil.
[12] Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília - UnB , Brasília-DF, Brasil
[13] Laboratório de Ictiologia e Ordenamento Pesqueiro do Vale do Rio Madeira - LIOP, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Humaitá-AM, Brasil.
[14] Centro de Estudos Integrados da Biodiversidade Amazônica - CENBAM, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia-INPA, Manaus-AM., Brasil
[15] Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brasil (Aposentado); Professor Visitante Sênior da Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos-SP, Brasil

O que é o RAPELD?

O RAPELD é um sistema padronizado de infraestrutura de campo voltado ao monitoramento integrado da biodiversidade e de processos ecossistêmicos. Ele combina padronização e flexibilidade, permitindo sua aplicação em diferentes ecossistemas. Seu objetivo é atender à demanda por **levantamentos rápidos de biodiversidade** (RAP) e por uma metodologia padrão para **pesquisas ecológicas de longa duração** (PELD). A infraestrutura consiste em grades (*grids*) ou módulos de pesquisa com trilhas principais de 5 km e parcelas uniformemente distribuídas de 250 metros, instaladas a cada 1 km. Em áreas com cursos d'água, incluem-se parcelas ripárias (250 metros) e aquáticas (50 metros), complementando a amostragem em ambientes específicos. Essa disposição maximiza a representatividade de diferentes grupos taxonômicos e variações ambientais, sendo facilmente replicável em outras localidades, o que permite comparações em diversas escalas espaciais e temporais. Além disso, favorece a integração de dados ecológicos e informações sobre uso sustentável de recursos, sendo amplamente aplicado no Brasil para subsidiar políticas de manejo ambiental.

Grid de amostragem com as trilhas principais de 5 km
e parcelas dispostas a cada 1 km

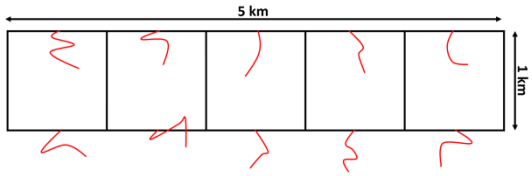


As **parcelas uniformemente distribuídas** são transectos de 250 metros de comprimento posicionados ao longo de curvas de nível, com larguras ajustadas conforme o grupo taxonômico ou variável estudada. Essa disposição minimiza os efeitos da topografia sobre as condições ambientais dentro das parcelas, garantindo que as variações sejam registradas entre parcelas, e não dentro delas, já que cada parcela é a unidade amostral central na maioria dos estudos. Piquetes são instalados a cada 10 metros e conectados por uma linha central marcada com barbante plástico ou fitilho, facilitando a aplicação dos protocolos metodológicos. À esquerda da linha central, localiza-se a **zona sensível**, uma faixa de 1,5 metros dedicada a estudos de regeneração florestal, onde o trânsito de pesquisadores é restrito para evitar pisoteio. À direita, há um **corredor de deslocamento** de 1 metro de largura que permite a movimentação dos pesquisadores.

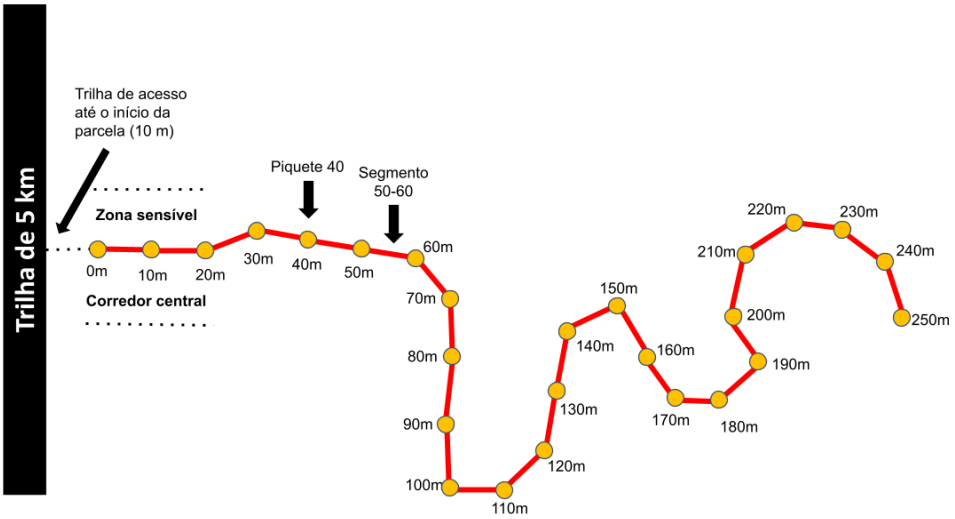
z

As **parcelas ripárias** estão localizadas às margens de pequenos cursos d'água, também com 250 metros de comprimento. Cada parcela é demarcada ao longo da margem direita do curso d'água, seguindo em direção à nascente (montante), com piquetes a cada 10 metros. Elas sempre começam onde a trilha principal do grid (grade) ou módulo cruza o curso d'água

Módulo de amostragem com as trilhas principais de 5 km e parcelas dispostas a cada 1 km



As **parcelas aquáticas fixas** são posicionadas nos canais dos riachos, geralmente a 10 metros da trilha principal. Cada parcela mede 50 metros de comprimento, com piquetes nos pontos 0, 16, 32 e 50 metros, instalados próximos às margens para representar adequadamente o ambiente aquático.



1 INTRODUÇÃO

1.1Características de riachos amazônicos

Na região amazônica, os riachos que drenam áreas de florestas de "terra-firme" (áreas que não são inundadas pela cheia dos rios) são popularmente conhecidos como "igarapés", uma palavra de origem tupi-guarani que significa "caminho de canoa". Os riachos da bacia amazônica formam uma complexa rede hidrológica que abriga uma alta diversidade de peixes (Zuanon et al., 2015; Stegmann et al., 2022). De modo geral, os riachos apresentam o leito bem delimitado e correnteza relativamente acentuada, mas em áreas mais planas como os interflúvios Juruá-Purus-Madeira, os riachos podem apresentar leitos não tão encaixados, canais mais largos, menor velocidade da correnteza e baixa concentração de oxigênio dissolvido (Stegmann et al., 2022).

Classificamos os riachos pela ordem, conforme a classificação proposta por Strahler (1957), na qual as nascentes são consideradas riachos de primeira ordem; os de segunda ordem resultam da confluência entre dois canais de primeira ordem; canais de terceira ordem resultam da confluência de dois canais de segunda ordem e assim sucessivamente. Em relação à coloração da água, os riachos da Amazônia apresentam águas predominantemente claras ou pretas, com características físicas e químicas distintas, que variam conforme a formação geológica e nutrientes disponíveis no solo drenado (Sioli, 1991; Lowe-McConnell, 1999). Riachos com águas naturalmente barrentas são raros e a turbidez elevada geralmente está associada a cursos d'água que drenam áreas antropizadas. Os riachos também podem ser caracterizados em relação ao fluxo de água no canal, os que permanecem com o fluxo contínuo são classificados como perenes, enquanto que os riachos que secam totalmente ou perdem a conectividade ao longo do canal em algum período do ano, são considerados intermitentes (Datry et al., 2016). O fluxo de água de um riacho intermitente pode ser interrompido pela falta de chuvas no período de estiagem, ou pela cessação de descarga nas nascentes ou nas águas subterrâneas (Datry et al., 2017).

É possível encontrar diferentes ambientes dentro de um único trecho de riacho, como áreas de corredeiras com baixa profundidade ou ambientes de remanso e mais profundos, que se formam na parte interna das curvas do riacho (Zuanon et al., 2015). Além dos ambientes dentro do canal, durante o período de chuvas são formadas poças

laterais que podem permanecer com água por até 11 meses (Pazin et al., 2006; Espírito-Santo et al., 2013). Na Amazônia Central, mais de 60 espécies de peixes já foram registradas ocupando poças temporárias, demonstrando que esses ambientes também são áreas de reprodução, abrigo, crescimento e alimentação de peixes de riachos (Pazin et al., 2006; Espírito-Santo et al., 2009; 2013; Couto et al., 2015; Espírito-Santo & Zuanon, 2016) e outros organismos como anfíbios e uma grande diversidade de invertebrados.

1.2 Criação e evolução do Protocolo Igarapés

O protocolo de amostragens de peixes utilizado em sistemas RAPELD foi adotado do Projeto Igarapés, cujo início se deu em 2001 por pesquisadores ligados ao Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- PDBFF/INPA, especialmente Jansen Zuanon, Paulo De Marco Jr., Eduardo Venticinque, Marcelo Gordo e Jorge Nessimian. Esses pesquisadores viam uma lacuna no conhecimento dos efeitos da fragmentação florestal sobre os riachos da bacia amazônica e fauna associada (peixes, invertebrados aquáticos, anfíbios, libélulas e aranhas) e por isso iniciaram este projeto que perdura até hoje.

A primeira questão a tratar no protocolo foi o tamanho do trecho amostrado. Inicialmente, foram utilizados trechos de 20 metros de riacho para realizar as amostragens de peixes. Após alguns testes da efetividade dessa estratégia para registro da riqueza de espécies de peixes nos riachos analisados (Anjos & Zuanon, 2007), foi proposto o uso de trechos de 50 metros de extensão em cada amostra. Os primeiros estudos utilizando o protocolo de peixes foram realizados em riachos da Reserva Florestal Adolpho Ducke, localizada próxima a Manaus, com a primeira descrição dos métodos publicada por Mendonça, Zuanon e Magnusson (2005).

Em 2007, foi elaborado o *"Roteiro para levantamentos e monitoramento de peixes de riachos em grades e módulos RAPELD"*, adaptado dos métodos publicados em Mendonça et al. (2005). Além de ter sido adotado por programas de pesquisa consolidados como o PELD (Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração) e PPBio (Programa de Pesquisa em Biodiversidade), o protocolo de coletas de peixes também passou a ser utilizado nos monitoramentos ictiofaunísticos do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, por meio do Programa MONITORA (Programa MONITORA).

1.3 Estado da arte dos estudos sobre peixes de riachos

O número de estudos sobre peixes de riachos aumentou nas últimas duas décadas, com a maioria concentrada nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (Dias et al., 2016; Junqueira et al., 2020). Mesmo com grandes avanços, os padrões de composição e distribuição das assembleias de peixes de riachos em ampla escala espacial e temporal ainda permanecem pouco conhecidos, o que pode estar relacionado com diferenças nos tipos de metodologias usadas nos estudos (Junqueira et al., 2020).

A região amazônica brasileira ainda carece de informações básicas sobre biologia, distribuição e diversidade de peixes de riachos (Dias et al., 2016; Junqueira et al., 2020). Além das grandes dimensões da bacia amazônica, que abriga mais de 2400 espécies de peixes reconhecidas (Jézéquel et al., 2020), a dificuldade em acessar os ambientes de terra-firme, a falta de recursos financeiros, de recursos humanos e de infraestrutura adequada para pesquisa, estão entre os principais obstáculos para o conhecimento adequado da biodiversidade em áreas de terra-firme (Carvalho et al., 2023). A região Norte é a que menos recebe bolsas de auxílio à pesquisa e apoio financeiro por km^2 no Brasil, com orçamento insuficiente para cobrir pesquisas em escalas mais amplas e garantir infraestruturas de pesquisa adequadas (Stegmann et al., 2024).

Outro obstáculo é que metade dos artigos publicados sobre peixes de riachos está com as informações dos protocolos de amostragem ausentes ou insuficientemente detalhadas para que seja possível replicar os estudos (Junqueira et al., 2020). A variedade de métodos e a falta de padronização nos protocolos de amostragem entre os estudos, limitam o uso dos dados para comparações espaciais e temporais (Junqueira et al., 2020). Isso demonstra a necessidade de uso de um protocolo de amostragem unificado para integrar informações sobre a ictiofauna em escalas mais amplas, que podem ser úteis para o estabelecimento de estratégias de manejo e conservação da biodiversidade aquática.

Nessa perspectiva, o protocolo de amostragem de peixes proposto neste trabalho constitui um método consolidado, projetado para ser simples, prático, rápido, eficiente e de baixo custo financeiro, com amostragens representativas da diversidade de peixes de riachos da Bacia Amazônica. Dessa forma, apresentamos uma descrição detalhada do protocolo de amostragem de peixes e da caracterização ambiental utilizando trecho de 50 metros de riacho, contendo as adaptações após sua criação pelo Projeto Igarapés.

Apresentamos também uma proposta de amostragem de peixes em poças temporárias e uma breve síntese dos avanços nos estudos de peixes de riachos amazônicos, que foram possíveis a partir da implementação de um protocolo com métodos e esforço padronizados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Antes de iniciar a coleta de dados dos peixes de riachos, é essencial obter as autorizações necessárias dos órgãos de fiscalização ambiental e seguir os procedimentos metodológicos de acordo com as normas do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) e as diretrizes da American Veterinary Medical Association (AVMA, 2020) para pesquisa científica.

O protocolo foi criado para realizar amostragens padronizadas de peixes em riachos de pequeno porte, ou seja, de primeira a terceira ordem, conforme a classificação de Strahler (1957). Riachos de mesma ordem podem apresentar dimensões variadas dentro da mesma área, por isso é necessário levar em consideração a largura, profundidade e velocidade da correnteza. Riachos com mais de cinco metros de largura e profundidade do canal maior que 1,0 metro, geralmente apresentam fluxo de água intenso. Essas características limitam o uso do protocolo pelo fato de dificultarem o bloqueio do trecho amostrado, havendo necessidade de adaptações e investimento em outros apetrechos de coleta para captura de peixes (o que acaba diminuindo a comparabilidade). Portanto, realizar uma avaliação prévia do local de coleta é fundamental.

Em riachos maiores, é necessário avaliar o trecho mais adequado para delimitar os 50 metros de parcela. Se a parcela for inteiramente profunda, o método de peneira não será tão eficiente, pois o tempo para o coletor levar a peneira do fundo à superfície é mais longo e isso pode facilitar a fuga dos peixes, principalmente se não houver como bloquear a parcela. Em situações em que o trecho possui apenas alguns locais mais profundos, pode-se fazer a melhor combinação possível entre peneiras e arrasto com redinhas dentro dos 50 metros da parcela, investindo mais em peneiras nas margens e trechos rasos do canal, com arrasto nas partes mais profundas. Uma outra opção é verificar se tem um riacho menor desaguando próximo do local que pretende coletar e que possibilite executar o protocolo com eficiência.

Caso não seja possível realizar medidas repetidas em cada parcela, é aconselhável realizar as amostragens em uma dada área (por exemplo, uma Unidade de Conservação) em um mesmo período sazonal (chuvas ou estiagem), buscando-se evitar que a variação temporal possa interferir nos resultados observados. Essa preocupação é especialmente importante em locais sob latitudes maiores, onde as estações sazonais são mais pronunciadas e os riachos podem secar completamente durante o período de estiagem.

A coleta normalmente é feita durante o dia, mas pode ser complementada com coletas noturnas quando algumas espécies que se abrigam embaixo das folhas estão ativas. A captura ativa é o método mais frequentemente empregado nos estudos de peixes de riachos, e os apetrechos de coleta mais utilizados são as peneiras, puçás e pequenas redes de arrasto ou de cerco. As armadilhas de espera requerem esforços de coleta adicionais e demandam mais tempo em campo, o que pode aumentar os custos das expedições. Nessa perspectiva, detalharemos aqui apenas a utilização de métodos de captura ativa, que são os mais comumente utilizados pelos diferentes grupos de pesquisa.

2.1 Material necessário

Nesta seção apresentamos o material de coleta necessário para a realização de amostragens padronizadas de peixes e a caracterização ambiental dos riachos. Esse material pode ser adaptado ou substituído, de acordo com a realidade de cada localidade e grupo de pesquisa.

2.1.1 Equipamentos:

Os equipamentos utilizados para coleta de dados ambientais podem ser adaptados ou substituídos por alternativas mais simples, robustas ou de menor custo. Elencamos aqui os equipamentos mais frequentemente utilizados e, sempre que possível, apontamos algumas alternativas.

- Trena de 50 m;
- Fita de marcação;
- Metro articulado de pedreiro (madeira, plástico ou alumínio);

- Caderno de campo a prova d'água ou planilhas impressas para anotação de dados ambientais (no caso de uso de planilhas, incluir prancheta plástica e saco plástico para abrigar o material da chuva);
- Caneta de tinta indelével ou nanquim (ponta fina: 0,3 a 0,5) ou lápis preto e apontador;
- GPS de boa qualidade (capaz de captar o sinal dos satélites sob o dossel da floresta);
- Mapa com a grade de trilhas, posição da sede e outros pontos de referência relevantes para localização das parcelas aquáticas (e da própria equipe em campo);
- Densiômetro côncavo ou celular com câmera digital para medidas de abertura/cobertura do dossel sobre o canal do riacho. Alternativa: máquina fotográfica digital, com lente grande angular (28 mm), para tomada de imagens do dossel e posterior análise em computador; telefone celular com aplicativos específicos para mensuração de abertura/cobertura do dossel.
- Cronômetro (ou relógio digital com cronômetro) e disco de espuma injetada para tomada de medida de velocidade da correnteza (Alternativa 1: pequena bola de borracha semi-flutuante, de preferência de cor forte e contrastante – vermelha, azul, cores fluorescentes; Alternativa 2: fluxômetro digital ou analógico).

2.1.2 Material para fixação e preservação de peixes

- Formol 37% (1 litro rende 10 litros de solução de formalina a 3,7%; 1 parte de formol para 9 partes de água. É o que muitos autores chamam de "formol a 10%");
- Álcool 96 GL (para eventual preservação de amostras de peixes ou tecidos, para posterior análise genética);
- Eugenol (óleo de cravo) (para eutanasiar os peixes com dose letal de anestésico, antes da preservação em formalina);
- Etiquetas de papel vegetal 90g (tamanho aproximado: 10 x 7 cm) para confecção de etiquetas de identificação das amostras;
- Caneta de tinta indelével ou nanquim, ponta fina (0,3 a 0,5), ou lápis preto e apontador;

- Sacos plásticos resistentes e de tamanhos diversos (mais comumente utilizados: capacidade de aprox. 2 kg, ou 35 x 20 cm), alguns sacos plásticos maiores e resistentes para o eventual transporte de peixes grandes;
- Ligas de borracha (elásticos) para fechar os sacos plásticos contendo as amostras preservadas;
- Seringas plásticas descartáveis de 10 e 20 ml;
- Luvas cirúrgicas;
- Agulhas hipodérmicas descartáveis, de calibre médio e grande;
- Bombonas plásticas de boca larga, tampa de rosca, resistente, com alças resistentes (de preferência, tipo "leiteira"), capacidades diversas (5 a 20 litros).

Quadro 1 - Descrição dos apetrechos de coleta de peixes utilizados no Protocolo Igarapés

Apetrecho	Descrição	Observações
Puçá e peneira	Equipamento com aro metálico ou de madeira e malha fina (1 mm), largos (sugestões: 40 x 30 cm, 60 x 40 cm), com cabo curto ou longo (preferência do coletor);	É importante que a malha do puçá seja fina, com 6 mm ou tamanho menor de medida entre nós opostos, pois muitas espécies de peixes possuem tamanho adulto menor que 3 cm.
Rede de arrasto	Rede pequena (3,0 m de comprimento x 1,5 m de altura), de malha fina (1,0 a 5,0 mm entre nós opostos), com bóias na parte superior e chumbada leve na inferior	As redes são utilizadas para fazer os arrastos no canal dos riachos, e podem ser do mesmo modelo e dimensões das redes de bloqueio.
Rede de bloqueio	Tamanho aproximado de 3,0 m comprimento x 1,5 m altura, de malha fina (3,0 a 6,0 mm entre nós opostos), com bóias na parte superior e chumbada leve na inferior. Em algumas áreas, os riachos podem apresentar largura maior que 4,0 m, e pode ser necessário utilizar duas redes acopladas (ou confeccionar redes maiores).	Para bloquear as extremidades da parcela de 50m, recomenda-se o uso de duas redes, presas firmemente às margens com cordas e com uso de estacas plásticas (de camping) para manter a linha de chumbada rente ao substrato.
Pesca elétrica	Gerador portátil de corrente alternada, ligado a dois eletrodos por um cabo elétrico isolado e flexível com extensão variável.	Para mais detalhes sobre amostragens com uso de pesca elétrica em riachos, veja Uieda e Castro (1999). Para se usar a pesca elétrica, é importante registrar os resultados separadamente das outras coletas.

2.2 Métodos

2.2.1 Descrição do Protocolo Igarapés

Diferente das parcelas ripárias que possuem 250 metros de extensão acompanhando as curvas do riacho, a parcela aquática está localizada onde corre o riacho e corresponde a um trecho de 50m de comprimento. Em sítios de pesquisa do PPBio Amazônia Ocidental, existem parcelas aquáticas que são fixas, como é o caso das grades RAPELD da Reserva Ducke situada próximo à Manaus e da Estação Ecológica de Cuniã em Rondônia. Nessas localidades, geralmente as parcelas aquáticas são delimitadas 10 metros a montante das trilhas principais e podem ser facilmente localizadas pela marcação com piquetes de cano PVC ou fitas coloridas (Figura 1). Caso seja um módulo RAPELD que foi estabelecido recentemente e que não foi realizada a coleta de peixes de riachos, você pode delimitar a parcela aquática seguindo as instruções abaixo.

Passo 1: Estabelecimento das parcelas aquáticas

O primeiro passo é encontrar um trecho do riacho que seja adequado para delimitar a parcela aquática de 50 metros (Figura 1). A parcela aquática deve ser estabelecida distante da trilha principal de deslocamento das pessoas (pelo menos 10 metros a montante), o que evita possíveis efeitos da atividade humana sobre as parcelas aquáticas permanentes, como é o caso do trânsito de pessoas pelas trilhas principais. Além disso, é fundamental evitar entrar no canal do riacho durante o processo de delimitação dos 50 metros da parcela. Nesse sentido, é recomendável esticar a trena pela margem do riacho, acompanhando as curvas do canal.

Após a delimitação da parcela aquática, é feita a marcação dos pontos de coleta dos dados ambientais, no sentido foz-cabeceira. O início da parcela corresponde ao ponto "0m", o segundo ponto após 16 metros, o terceiro ponto localizado a 32 metros do início da parcela, e o quarto ponto no final da parcela (50m). Os pontos 0m, 16m, 32m e 50m podem ser marcados com piquetes de canos de PVC, fincados próximos da margem do riacho e visíveis para os coletores (Figura 1). Outra possibilidade é marcar esses pontos amarrando fitas coloridas na vegetação, em locais fáceis de serem avistados, mas essa marcação é temporária.

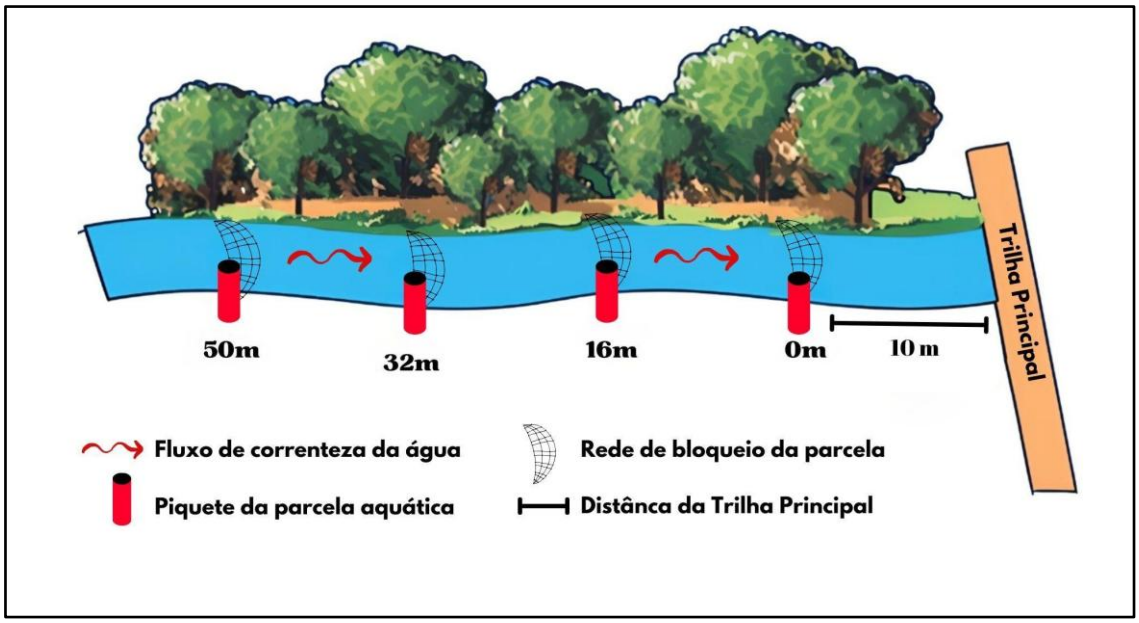


Figura 1 - Esquema de estabelecimento da parcela aquática de 50 metros de comprimento, dos pontos de coleta dos dados ambientais (0m, 16m, 32m e 50m; representados por bola preta) e a distância mínima necessária (10 metros) a montante da trilha de acesso/principal (em laranja).

Passo 2: Bloqueio da parcela aquática

Redes de bloqueio devem ser colocadas imediatamente após o estabelecimento da parcela de 50 metros. São necessárias duas redes para bloquear o canal do riacho, colocadas no ponto 0 e 50 da parcela aquática (Figura 2). O bloqueio da parcela é importante para minimizar o risco de fuga dos peixes durante os procedimentos de coleta e enquanto é feita a caracterização ambiental. A terceira e a quarta rede de bloqueio podem ser utilizadas para restringir a movimentação dos peixes, facilitar a sua captura e aumentar a eficiência da amostragem, elas são colocadas nos pontos 16m e 32m da parcela aquática durante o período de amostragem. Em riachos com canais largos é possível unir duas ou mais redes para bloquear a parcela aquática.

Figura 2 - Exemplo da aplicação de uma rede de bloqueio da parcela aquática localizada na Reserva Ducke, Manaus, Amazonas (Banco de imagens do Projeto Igarapés).

Passo 3: Identificação das características limnológicas do riacho

Após o estabelecimento da parcela aquática de 50 metros e marcação dos pontos 0m, 16m, 32m e 50m, o próximo passo é medir parâmetros físicos e químicos da água, como o potencial hidrogeniônico (pH), a condutividade elétrica (em µS/cm), o oxigênio dissolvido (mg/L e % de saturação) e a temperatura da água (ºC). Outras variáveis, como temperatura do ar e a turbidez da água, também podem ser registradas nesse momento.

A tomada dessas medidas deve ser feita no ponto 0m, coletando os dados no meio do canal do riacho (Figura 1). É importante ressaltar que esses dados são os primeiros a serem coletados, antes da captura de peixes, pois é fundamental que o leito do riacho não tenha sido revolvido, o que evita alterações nos valores dos dados ambientais.

Esses dados podem ser medidos usando uma sonda multiparâmetros, que permite a leitura dessas variáveis em um só equipamento. Também é possível medir oxigênio dissolvido, pH e condutividade em laboratório, a partir de amostras de água fixadas quimicamente e acondicionadas adequadamente para transporte. Amostras de água também podem ser coletadas para outras análises químicas (compostos húmicos, concentrações de Nitrogênio e Fósforo, poluentes, etc.) e físicas (total de sólidos em

suspensão, por exemplo) e podem ser recolhidas nesse momento, seguindo protocolos específicos para cada parâmetro a ser analisado.

Passo 4: Caracterização da estrutura física do riacho

Na caracterização da estrutura física do riacho, os parâmetros são medidos começando do ponto 0m e posteriormente mede-se os parâmetros nos pontos 16m, 32m e 50m (Figura 3).

- **Largura do canal**: é medida com uma trena e equivale à distância entre as margens do riacho na linha d'água. Após medir a largura do canal, divide-se o valor da largura por dez (10) para se determinar a posição das nove (9) seções onde a profundidade e o substrato serão aferidos (Figura 3). As aferições de profundidade sempre devem começar da margem esquerda em direção à margem direita. Por exemplo: se a largura do riacho no ponto "0m" mede 300 cm, a seção 1 estará distante 30 cm da margem esquerda, onde serão aferidos a profundidade do canal e o tipo de substrato. Em seguida, mede-se a profundidade e o tipo de substrato na sessão seguinte, que estará 30 cm distante da seção anterior, repetindo-se esse procedimento até concluir as nove medidas necessárias.
- **Profundidade do canal**: medida com metro de pedreiro ou bastão graduado nas nove sondagens equidistantes ao longo de cada largura do canal.
- **Composição do substrato**: a determinação da composição do substrato é feita simultaneamente à tomada da medida de profundidade. Em cada uma das nove seções é anotado o tipo de substrato no leito do canal tocado pelo bastão, gerando nove registros de tipos de substrato para cada uma das quatro medidas de largura do canal (0, 16, 32 e 50). O tipo de substrato é classificado em categorias, as mais comumente observadas são: areia, argila, tronco (madeiras com diâmetro acima de 10cm), liteira grossa (folhas e pequenos galhos), liteira fina (material particulado fino), raiz (emaranhado de raízes, geralmente finas, provenientes da vegetação marginal), e macrófita. Substratos rochosos (seixos, lajes, matacões etc.) são raros na Amazônia central, mas podem ocorrer em outras regiões e devem ser registrados apropriadamente.

- **Velocidade da correnteza (m/s)** – Com um cronômetro é calculado o tempo que um objeto flutuante ou semi-flutuante leva para percorrer um metro de distância. O observador deve procurar uma posição com fluxo de água evidente e sem ocorrência de obstáculos (galhos, bancos de folhiço) que possam interromper o trajeto do objeto flutuando à deriva. São feitas três medidas em cada ponto da parcela aquática (0m, 16m, 32m e 50m), uma em cada margem e uma no centro do canal. A velocidade de cada ponto é expressa pela média dessas três medidas. Alternativamente, pode ser utilizado um fluxômetro analógico ou digital para o registro da velocidade da correnteza.
- **Cobertura de dossel (%)** - A cobertura de dossel refere-se à quantidade de área coberta pelas copas das árvores na parcela aquática. Ela pode ser calculada de várias maneiras. Alguns aplicativos de celular medem a cobertura de dossel a partir da câmera do telefone (App Canopy, Cover, por exemplo). O aplicativo do celular é a forma mais prática de obter os valores de cobertura de dossel. As medidas são feitas sempre no meio do canal do riacho, com o celular posicionado na altura do cotovelo e fotografa-se o céu em cada ponto da parcela aquática. O aplicativo já faz a mensuração da cobertura de dossel, portanto não necessita fazer essas medidas em programas de edição de imagens. É importante verificar as configurações do aplicativo se ele está fornecendo a medida de "abertura de dossel" (área não coberta pela copa das árvores), ou "cobertura de dossel" (área coberta pela copa das árvores), dado que são informações diferentes. A cobertura do dossel da parcela de 50 m é representada pela média das leituras nos quatro pontos de medidas (0m, 16m, 32m, 50m). Também pode ser usado um densiômetro côncavo para determinar a cobertura do dossel, para mais informações sobre a utilização do densiômetro, pode-se acessar o Protocolo de uso do Densiômetro Florestal
- **Vazão:** calculada a partir dos dados de largura, profundidade e velocidade da correnteza. A vazão média (m^3/s) pode ser obtida relacionando-se velocidade média, largura e profundidade, pela fórmula: Q = A.Vm (onde, Q = vazão; Vm = velocidade média da corrente; A = área média na secção transversal do curso de água. Para isso, é calculada a média da área seccional dos quatro pontos de

amostragem em cada trecho estudado, pela fórmula: At = ΣniAn, onde, At = área do transecto, dada pela somatória de [(Z1+Z2)/2].l + [(Z2+Z3)/2].l + ...[(Zn+Zn+1)/2].l, e onde, Zn = profundidade medida em cada segmento; l = largura de cada segmento (equivalente a 1/10 da largura do canal).

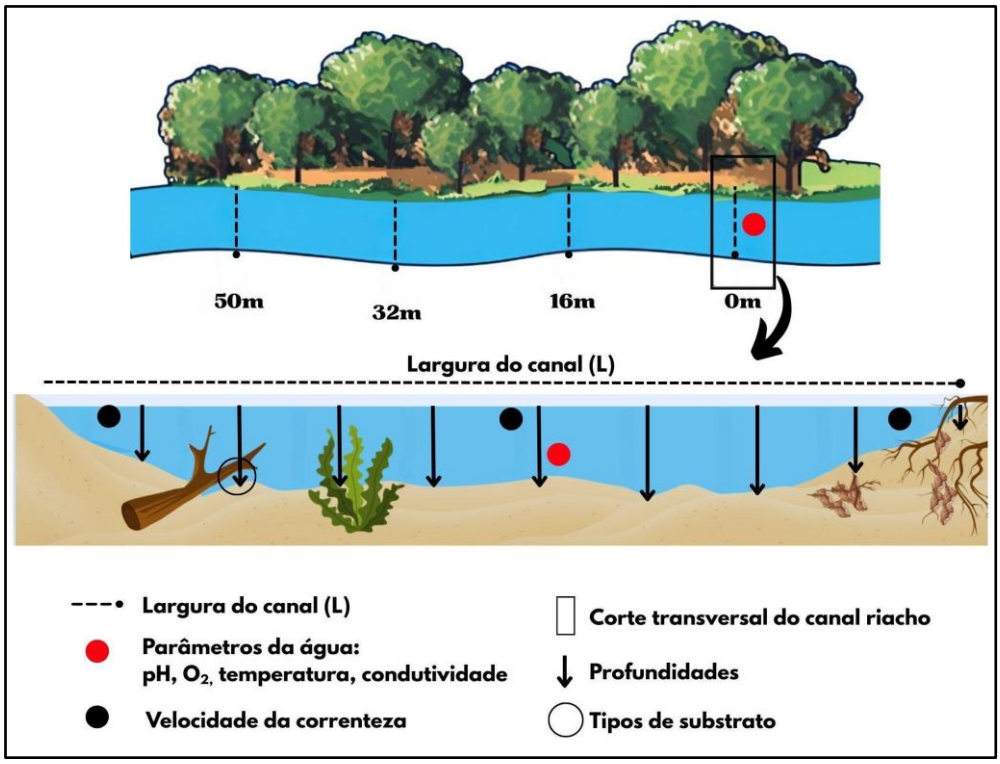


Figura 3 - Recorte transversal do canal do riacho, mostrando as posições de medida de largura do canal (L), profundidades (linhas verticais com seta), tomada de dados da água (círculo vermelho), velocidade da correnteza (círculo preto) e tipo de substrato (círculo sem preenchimento).

Passo 5: Coleta de peixes na parcela aquática

Após a tomada dos dados ambientais e com a parcela aquática bloqueada com redes nos pontos 0m e 50m, os coletores podem cronometrar o tempo de amostragem e iniciar a captura no sentido foz-cabeceira, de forma a não turvar excessivamente a água do riacho e dificultar as capturas. É importante padronizar o esforço de captura, com dois coletores por 2 horas de busca ativa. O ideal é ter uma equipe de quatro ou cinco pessoas, sendo uma delas designada para armazenar os peixes coletados e dar apoio logístico. Em situações onde o tempo de trabalho em campo é limitado, é possível acelerar o processo utilizando quatro coletores durante uma hora de amostragem.

Os peixes podem ser capturados utilizando peneiras, puçás e redinhas de arrasto (Quadro 1). Detectores de peixes elétricos (Gymnotiformes: ituí, sarapó, tuvira, poraquê)

podem ser utilizados para facilitar a localização e captura desses indivíduos, que geralmente permanecem escondidos em meio a raízes e bancos de folhiço submerso durante o dia. A pesca elétrica também pode ser empregada neste protocolo, percorrendo o trecho de 50 metros da parcela aquática e fazendo uma varredura nos diferentes tipos de habitats. Entretanto, essa técnica costuma ser pouco efetiva nos riachos amazônicos, que possuem condutividade elétrica da água muito baixa e limita muito o raio de ação das descargas elétricas geradas pelo aparelho. O custo elevado e as dificuldades logísticas de transporte desse equipamento nas trilhas da floresta também são fatores limitantes importantes. Para mais detalhes sobre as amostragens com uso de pesca elétrica em riachos, veja Uieda e Castro (1999) e também Alves et al. (2021). Para usar esse método, é importante anotar os resultados separados dos outros métodos.

A amostragem de peixes deve ser feita por meio de uma varredura no sentido foz-cabeceira, realizando sucessivas passagens pelo trecho buscando retirar todos os peixes presentes. Para isso, deve-se revirar os bancos de folhiço submerso, tufos de raízes e troncos em busca de peixes que se abrigam em meio à serrapilheira submersa, ou mesmo enterrados no substrato. Os peixes capturados podem ser armazenados em sacos plásticos com água do próprio riacho. É importante colocar os peixes carnívoros em sacos plásticos separados, para evitar a predação das espécies menores.

Figura 4 - Captura de peixes utilizando peneira/puçá (A) e rede de arrasto (B) em riachos amazônicos.

Passo 6: Coleta de variáveis ambientais e peixes nas poças temporárias

A amostragem de peixes em poças temporárias é feita com base em estudos realizados na Reserva Ducke (veja Pazin et al., 2006; Espírito-Santo et al., 2013; Espírito-Santo & Zuanon, 2016). Geralmente, as poças são encontradas durante o período chuvoso, momento que esses ambientes aquáticos associados ao canal principal do riacho são formados. As poças temporárias associadas ou próximas ao trecho de 50 metros de riacho delimitado como parcela aquática, podem ser incluídas na amostragem. É fundamental deixar claro nos dados e metadados que essas amostragens foram realizadas em poças temporárias e não no canal principal do riacho. Cada poça deve ser identificada e delimitada em campo, com o registro das seguintes variáveis ambientais (Figura 5):

- **Comprimento máximo (C):** medido com uma trena entre as margens de maior eixo da poça.
- **Larguras** (L_1, L_2, L_3): são feitas três medidas de largura no mesmo ponto de medida de profundidade (início, meio e fim da poça). Cada largura é medida com uma trena, tomando a distância em linha reta entre as margens da poça.
- **Profundidade** (P_1, P_2, P_3): mensurada em três pontos ao longo do comprimento máximo da poça (início, meio e final).
- **Volume de água (V)**: estimado pela fórmula:

$$V \approx (C / 3) \times ((L_1 \times P_1) + (L_2 \times P_2) + (L_3 \times P_3))$$

- **C** = Comprimento máximo da poça (eixo mais longo, medido com trena).
- **L_1, L_2, L_3** = Larguras medidas em 3 pontos (início, meio, fim).
  P_1, P_2, P_3 = Profundidades medidas nos mesmos 3 pontos.
- **Distância do canal principal do igarapé**: medida com trena ou GPS, tomando a menor distância em linha reta entre a poça e o canal do riacho, esse procedimento é feito apenas nas poças que não estiverem conectadas ao canal principal.
- **Parâmetros ambientais da água das poças**: os dados de pH, oxigênio dissolvido, temperatura, turbidez, composição do substrato e condutividade, são medidos no centro de cada poça.

- **Área superficial**: Para a medição da área superficial, largura e comprimento das poças temporárias, pode-se utilizar o aplicativo RA Plan 3D, disponível para dispositivos Android e IOS. Esse aplicativo emprega tecnologia de realidade aumentada, permitindo que o usuário utilize a câmera do celular para demarcar os limites da poça diretamente no campo, de forma rápida e precisa. A medição é realizada apontando o celular para a poça e marcando os vértices do perímetro da poça, o que possibilita a estimativa automática da área (em metros quadrados), além das dimensões lineares (comprimento e largura). O aplicativo é de fácil manuseio, funciona offline e apresenta resultados em tempo real, sendo adequado para uso em ambientes com boa iluminação e poças com contornos visíveis. Para garantir maior confiabilidade, recomenda-se repetir as medições sempre que possível e registrar uma imagem da poça contendo os dados apresentados na tela do aplicativo. Uma alternativa para estimar a área superficial da poça é utilizar uma rede de futebol com malhas de tamanho conhecido. Ao posicionar a rede sobre a poça, é possível contar o número de quadrados que a cobrem, permitindo calcular a área total com base na área de cada malha.

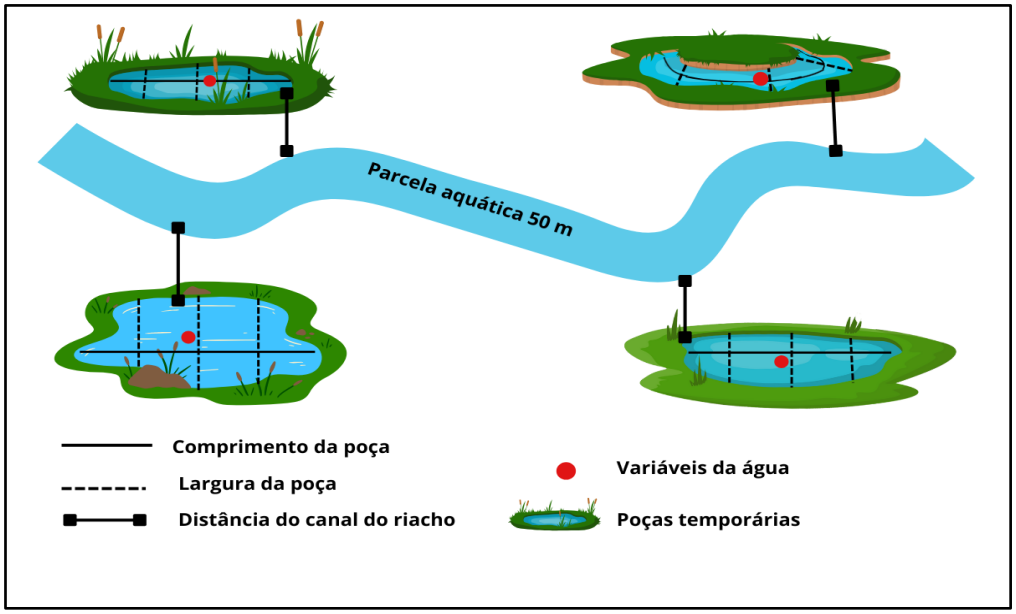


Figura 5 - Ilustração da caracterização ambiental em diferentes tipos de poças temporárias, demonstrando as formas de medir o comprimento, largura, distância do canal do riacho e as variáveis ambientais das poças temporárias (ph, oxigênio, condutividade, temperatura, etc).

A coleta de peixes nas poças é realizada com puçás e/ou peneiras. Devido à profundidade geralmente reduzida e à presença de vegetação submersa, redes de arrasto não são utilizadas. A amostragem pode ser conduzida por dois ou mais pesquisadores, que coletarão os peixes até o momento em que nenhum novo exemplar for capturado após, ao menos, 5 minutos de esforço contínuo. Os peixes capturados podem ser armazenados em sacos plásticos até o momento da triagem.

Passo 7: Triagem e preservação dos peixes coletados

Em muitos casos, é necessário preservar as amostras de peixes para identificação taxonômica e montagem de coleções de referência. Nesses casos, os exemplares coletados devem ser eutanasiados com uma dose letal de anestésico, antes de serem imersos em solução de formalina para preservação. Esse procedimento é exigido por órgãos de fiscalização ambiental, sociedades científicas, comitês de ética no uso de animais em pesquisas científicas e por editores de revistas científicas, pois evita o sofrimento desnecessário dos animais sacrificados.

O anestésico mais utilizado é o óleo de cravo (Eugenol), pois é um produto eficiente, de baixo custo e baixo risco ambiental quando comparado com outros produtos químicos utilizados para o mesmo fim. Duas gotas de Eugenol por litro de água geralmente são suficientes para eutanasiar a maior parte dos peixes de pequeno porte dos riachos. A dissolução do Eugenol em uma pequena quantidade de álcool facilita a sua diluição na água e acelera o processo de anestesia e eutanásia (veja American Veterinary Medical Association 2020). Após eutanasiar os peixes, os exemplares devem ser preservados em formol 10% (uma parte de formol e nove partes de água).

Peixes pequenos (até 5 ou 7 cm) podem ser simplesmente imersos em formalina; peixes maiores precisam ser injetados na musculatura e na cavidade abdominal com solução de formalina 10%. Os exemplares preservados devem ser acondicionados em sacos plásticos resistentes, contendo formalina suficiente para cobrir completamente todos os peixes (o volume de peixes deve corresponder à metade do volume de formalina).

É importante lembrar que amostras de peixes para estudos genéticos (DNA) devem ser preservadas diretamente em álcool etílico, sem passar pela solução de formol. Uma etiqueta de papel vegetal resistente contendo as informações de coleta (local, data,

horário, parcela, método de coleta, tipo de solução preservativa, nomes dos coletores, e outros dados úteis para o estudo) deve ser incluída com a amostra dentro do saco plástico. O conjunto de sacos plásticos contendo as amostras obtidas nos diferentes locais deve ser acomodado em bombonas plásticas resistentes e com tampa à prova de vazamentos, com espaço suficiente para que os exemplares não sejam amassados ou danificados.

Em laboratório, e transcorrido um período mínimo de três dias de imersão em formalina 10%, as amostras podem ser lavadas rapidamente em água corrente e transferidas para frascos com álcool 70%.

Passo 8 - Identificação das espécies de peixes

A identificação taxonômica não é uma tarefa fácil, e exige conhecimento e paciência devido à grande diversidade de espécies de peixes encontradas nos riachos amazônicos. Além da alta diversidade, a grande maioria das espécies é composta de peixes de pequeno porte, sendo necessário recorrer ao uso de estereomicroscópio (lupa) para enxergar estruturas pequenas (contagem de escamas, raios das nadadeiras, dentes, etc.) que são importantes para identificar espécies.

Em áreas de estudos com monitoramentos a longo prazo (coletas periódicas), é importante tentar reconhecer as espécies em campo (levemente anestesiadas com solução de Eugenol) e devolvê-las com vida ao local de coleta, pois isso evita perturbações ambientais desnecessárias. Nesses casos, é extremamente útil a elaboração prévia de uma coleção de referência e confecção de um catálogo ou guia de campo, ilustrado com fotos de exemplares vivos ou recentemente preservados (Figura 6).

Figura 6 - Guias de peixes de riachos elaborados para algumas localidades da bacia Amazônica (A - Zuanon et al., 2015; B - Vieira et al., 2016; C - Stegmann et al., 2022).

Os guias facilitam o reconhecimento das espécies, mas a identificação taxonômica deve ser feita com auxílio de chaves de classificação disponíveis em livros e/ou em artigos científicos de descrição ou revisão taxonômica. Também se recomenda a consulta a pesquisadores taxonomistas experientes na identificação da ictiofauna do local a ser amostrado, pois muitas espécies de peixes de riachos amazônicos ainda não foram descritas cientificamente ou permanecem com a taxonomia incerta. É importante que as amostras de peixes (exemplares testemunho) sejam depositadas em uma Coleção de Referência (por exemplo, Coleção Ictiológica do INPA e Museu Emílio Goeldi) devidamente credenciada como fiel depositária pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

3 PERSPECTIVAS: USO E APLICABILIDADES DO PROTOCOLO

Os estudos sobre peixes de riachos brasileiros têm avançado nos últimos anos, com um aumento considerável no número de artigos publicados, na quantidade de riachos estudados e de áreas amostradas, principalmente a partir dos anos 2000 (Dias et al., 2016; Junqueira et al., 2020). Mais de 40% (de 88 artigos) dos estudos publicados utilizaram trechos de 50 metros de riacho para realizar as amostragens de peixes, e o uso de trechos com essas dimensões está crescendo continuamente ao longo do tempo (Junqueira et al., 2020). Desde a criação do protocolo de peixes do Projeto Igarapés, mais de 400 riachos foram amostrados na bacia amazônica, utilizando essa metodologia padronizada. Além do preenchimento de lacunas de informação, esses levantamentos contribuíram para o aumento do acervo da Coleção Ictiológica do INPA, alimentaram o banco de dados do Projeto Igarapés e o repositório de dados *online* do PPBio (DataOne), atualmente em processo de revisão para possível migração ao Sistema de Informação da Biodiversidade Brasileira (SiBBr), conforme diretrizes do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

A aplicação do Protocolo Igarapés para amostragens de peixes em riachos da bacia amazônica vem contribuindo para a elaboração de listas de espécies de peixes de diferentes áreas da Amazônia (Oliveira et al., 2009; Barros et al., 2011; Vieira et al., 2016; Fróis et al., 2021; Loeb et al., 2022; Acácio et al., 2024). Tais listas são úteis para comparações espaciais e temporais, pois trazem informações da diversidade de peixes em

diversas localidades e momentos. Além disso, as listas de espécies compõem uma das ferramentas que embasam a tomada de decisões sobre manejo de áreas naturais e em estudos de impactos ambientais de diferentes tipos de empreendimentos (Silveira et al., 2010).

Nos estudos realizados na Reserva Ducke, o Protocolo Igarapés foi empregado para avaliar se (e como) a sazonalidade ocasiona mudanças na estrutura das assembleias de peixes de riachos no canal e em poças marginais temporárias. Foi observado que a abundância foi maior nas poças durante a estação chuvosa, mas conforme as poças secam, a abundância de peixes aumenta no canal do riacho, demonstrando que esses ambientes temporários são essenciais para fornecer refúgios e alimentos para os peixes, ajudando a manter a estabilidade da ictiofauna durante as mudanças sazonais (Espírito-Santo et al., 2013; Espírito-Santo & Zuanon, 2016).

O Protocolo Igarapés já foi utilizado em estudos com peixes para diversos tipos de finalidades. O isolamento dos riachos causado pela estrutura espacial da rede de drenagem influencia a diversidade de peixes no local. O estudo de Barros et al. (2013) demonstrou que a diversidade de peixes na região do interflúvio Purus-Madeira é fortemente influenciada pelo isolamento geográfico dos riachos em decorrência da estrutura espacial da rede de drenagem, onde os riachos mais isolados apresentaram mais espécies endêmicas e abundância mais baixa. Da mesma forma, Stegmann et al. (2019) viram que riachos mais distantes de grandes rios abrigam uma menor riqueza taxonômica e funcional de peixes. Em outro estudo, Leitão et al. (2016) demonstraram que espécies raras podem contribuir de maneira desproporcional para a diversidade funcional de peixes quando comparada com a representatividade em biomassa ou em abundância total nas assembleias locais. Nesse sentido, os papéis ecológicos desempenhados pelas espécies raras podem ter funções críticas para a manutenção das assembleias de peixes, que não são facilmente substituíveis pelas espécies mais comuns e abundantes.

O protocolo também tem se mostrado eficiente na avaliação de diversos impactos antrópicos no habitat e na fauna de peixes de riachos. Os peixes de riachos podem atuar como bons indicadores dos impactos antrópicos ocasionados pela exploração comercial de madeira, desmatamento e processos de urbanização (Zuanon et al., 2015). No estudo de Dias et al. (2010), foi mostrado que as mudanças na qualidade do habitat devido à

exploração de madeira, mesmo sob técnicas de manejo de baixo impacto, podem afetar a estrutura das assembleias de peixes e as características físicas e químicas da água a médio prazo, com aumento na abundância de espécies mais comuns. Nos riachos urbanos, a ictiofauna é fortemente impactada pela degradação ambiental ocasionada pelos processos de perda da vegetação ripária, poluição da água e acúmulo de lixo sólido, com extinção local de espécies nativas e predomínio de espécies não-nativas invasoras em áreas mais poluídas (Guarido, 2014). Isso mostra a flexibilidade e utilidade do protocolo para avaliar impactos de forma rápida e efetiva.

Além das perturbações antrópicas diretas sobre os sistemas de riachos, as mudanças climáticas em curso no planeta também têm afetado os sistemas aquáticos e a biota na Amazônia. Os efeitos de eventos climáticos extremos em assembleias de peixes de riachos da Amazônia central foram estudados utilizando dados históricos e atuais coletados na Reserva Ducke. Os resultados obtidos demonstraram que chuvas fortes e tempestades (acima de 20mm) têm contribuído para a alteração dos habitats aquáticos ao longo do tempo, gerando mudanças direcionais nas assembleias de peixes (Borba et al., 2020). Um estudo realizado por Rodrigues-Filho et al. (2018) também demonstrou que a estabilidade histórica pode afetar a estrutura funcional das assembleias de peixes de riachos em diferentes biomas brasileiros. Em ambientes historicamente mais estáveis, como na Amazônia Central, os peixes apresentam características funcionais mais diversas, enquanto na Caatinga (historicamente mais instável, e onde predominam riachos intermitentes) as espécies são funcionalmente mais semelhantes entre si, devido à elevada frequência de distúrbios que funcionam como um forte filtro ambiental para a ictiofauna (Rodrigues-Filho et al., 2018).

Apesar da ictiofauna de riachos da Bacia Amazônica ser a menos estudada quando comparada com outras bacias brasileiras (Dias et al., 2016; Junqueira et al., 2020), as pesquisas realizadas pelo Projeto Igarapés, PPBio e PELD aumentaram substancialmente o conhecimento sobre os peixes de riachos amazônicos. Ainda há enormes lacunas de amostragem que precisam ser preenchidas, o que dificulta análises de ampla escala espacial na Amazônia. Nesse sentido, a criação do “Programa Nacional de Monitoramento da Conservação da Biodiversidade - Programa MONITORA” pelo ICMBio, com o subprograma aquático que também é baseado no Protocolo Igarapés e

utiliza trechos de 50 m para amostragens de peixes, o número de riachos amostrados tende a aumentar, principalmente nas Unidades de Conservação brasileiras. Essa estratégia deverá ajudar a fornecer uma perspectiva mais acurada da distribuição da diversidade de peixes de riachos no bioma amazônico, do estado de conservação dessas espécies e do papel do Sistema Nacional de Unidades de Conservação brasileiro para a manutenção da biodiversidade aquática na Amazônia

4 MATERIAL SUPLEMENTAR

S1. Ficha de Campo I - Medidas físico-químicas da água;

S2. Ficha de campo II. composição do substrato e dados de profundidade e velocidade da correnteza para cálculo de vazão;

S3. Modelo de Tabela de Dados.

Material disponível em: https://github.com/ProtocolosRAPELD/EducAmazonia_VolumeXVIII_N.ESPECIAL_2025/tree/main/MS_Protocolo_Peixes

5 AGRADECIMENTOS

Este artigo integra uma edição especial financiada pelos projetos PPBio Amazônia Ocidental (CNPq, processos nº 441260/2023-3 e 441228/2023-2), INCT-CENBAM (CNPq, processo nº 406474/2022-2) e CAPACREAM (CNPq, processo nº 444350/2024-1). Os participantes do Projeto Igarapés agradecem à FAPEAM e ao CNPq pelos financiamentos recebidos ao longo das duas últimas décadas, por meio de editais do tipo "Universal".

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acácio, M., Lourenço, I. H., Nina, M. M., Macêdo-Filho, H. F. D., Barros, B. S. F., Souza, M. S. D., Stegmann, L.F, Magnusson, W. E. & Anjos, M. R. D. (2024). The ichthyofauna of streams from the Purus-Madeira interfluve: composition, new records, and conservation status for the south of the Amazon. *Biota Neotropica*, *24*(2), e20231554.

American Veterinary Medical Association (2020). AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2020 Edition.

Anjos, M. B. D. & Zuanon, J. (2007). Sampling effort and fish species richness in small terra firme forest streams of central Amazonia, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, *5*, 45-52.

Barros, D.F., Zuanon, J., De Mendonça, F. P., Santo, H. M. V. E., Galuch, A. V. & Albernaz, A. L. M. (2011). The fish fauna of streams in the Madeira-Purus interfluvial region, Brazilian Amazon. *Check List*, *7*(6), 768-773.

Barros, D. D. F., Albernaz, A. L. M., Zuanon, J., Espírito Santo, H. M. V., Mendonça, F. P. & Galuch, A. V. (2013). Effects of isolation and environmental variables on fish community structure in the Brazilian Amazon Madeira-Purus interfluve. *Brazilian Journal of Biology, 73*, 491-499.

Borba, G. C., Costa, F. R., Espírito-Santo, H. M., Leitao, R. P., Dias, M. S. & Zuanon, J. (2021). Temporal changes in rainfall affect taxonomic and functional composition of stream fish assemblages in central Amazonia. *Freshwater Biology*, *66*(4), 753-764.

Carvalho, R. L., Resende, A. F., Barlow, J., França, F. M., Moura, M. R., Maciel, R., ... & Daly, D. (2023). Pervasive gaps in Amazonian ecological research. *Current Biology*, *33*(16), 3495-3504.

Couto, T. B. A., Espírito Santo, H. M. V., Leitão, R.P., Bastos, D. A., Dias, M. S. & Zuanon, J.A.S. (2015). Os peixes e as poças: o uso de áreas marginais alagáveis por peixes de igarapés amazônicos. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia 116*: 31–39.

Datry, T., Moya, N., Zubieta, J., & Oberdorff, T. (2016). Determinants of local and regional communities in intermittent and perennial headwaters of the Bolivian Amazon. *Freshwater Biology*, *61*(8), 1335-1349.

Datry, T., Bonada, N., & Boulton, A. J. (2017). *Intermittent rivers and ephemeral streams: Ecology and management*. Academic Press.

Dias, M. S., Magnusson, W. E. & Zuanon, J. (2010). Effects of reduced-impact logging on fish assemblages in Central Amazonia. *Conservation Biology*, *24*(1), 278-286.

Dias, M. S., Zuanon, J., Couto, T. B., Carvalho, M., Carvalho, L. N., Espírito-Santo, H. M., ... & Tedesco, P. A. (2016). Trends in studies of Brazilian stream fish assemblages. *Natureza & Conservação*, *14*(2), 106-111.

Espírito-Santo, H. M. V., Magnusson, W. E., Zuanon, J., Mendonça, F. P., & Landeiro, V. L. (2009). Seasonal variation in the composition of fish assemblages in small Amazonian forest streams: evidence for predictable changes. *Freshwater Biology*, *54*(3), 536-548.

Espírito-Santo, H. M. V., Rodríguez, M. A. & Zuanon, J. (2013). Reproductive strategies of Amazonian stream fishes and their fine-scale use of habitat are ordered along a hydrological gradient. *Freshwater Biology*, *58*: 2494-2504.

Espírito-Santo, M. V. H. & Zuanon, J. (2016). Temporary pools provide stability to fish assemblages in Amazon headwater streams. *Ecology of Freshwater Fish 26*(3): 475–83.

Jézéquel, C., Tedesco, P. A., Bigorne, R., Maldonado-Ocampo, J. A., Ortega, H., Hidalgo, M., ... & Oberdorff, T. (2020). A database of freshwater fish species of the Amazon Basin. *Scientific data*, *7*(1), 96.

Junqueira, N. T., Magnago, L. F. & Pompeu, P. S. (2020). Assessing fish sampling effort in studies of Brazilian streams. *Scientometrics*, *123*(2), 841-860.

Fróis, R.D.P.D.S., Ribeiro, B. O., Zuanon, J. & Mortati, A. F. (2021). Fish fauna of small-order streams of savannah and forest fragments landscape in the lower Tapajós River basin, Amazonia. *Biota Neotropica*, *21*(4), e20201179.

Guarido, P. C. P. (2014). *Degradação ambiental e presença de espécies de peixes não-nativas em pequenos igarapés de terra firme de Manaus*, Amazonas. Dissertação de Mestrado, INPA.

Leitão, R. P., Zuanon, J., Villéger, S., Williams, S. E., Baraloto, C., Fortunel, C., ... & Mouillot, D. (2016). Rare species contribute disproportionately to the functional structure of species assemblages. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *283*(1828), 20160084.

Loeb, M. V. & Ohara, W. M. (2022). Fish fauna of moderate altitude from first order stream in upper Rio Machado, Rondônia, Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, *62*, e202262028.

Lowe-McConnell, R. H. (1999). *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais.* São Paulo, EDUSP. 584p.

Mendonça, F. P., Magnusson, W. E. & Zuanon, J. (2005). Relationships between habitat characteristics and fish assemblages in small streams of Central Amazonia. *Copeia*, *4*: 750-763.

Oliveira, R., Zuanon, J., Rocha, M., Anjos, M. & Py-Daniel, L. (2009). Fish fauna of small streams of the Catuá-Ipixuna Extractive Reserve, state of Amazonas, Brazil. *Check List*, *5*(2), 154-172.

Pazin, V. F. V., Magnusson, W. E., Zuanon, J. & Mendonça, F. P. (2006). Fish assemblages in temporary ponds adjacent to "terra-firme" streams in Central Amazonia. *Freshwater Biology*, *51*: 1025-1037.

Rodrigues-Filho, C. A., Leitão, R. P., Zuanon, J., Sánchez-Botero, J. I. & Baccaro, F. B. (2018). Historical stability promoted higher functional specialization and originality in Neotropical stream fish assemblages. *Journal of Biogeography*, *45*(6), 1345-1354.

Silveira, L. F., Beisiegel, B. D. M., Curcio, F. F., Valdujo, P. H., Dixo, Dixo, M., Verdade, V. K., ... & Cunningham, P. T. M. (2010). What use do fauna inventories serve. *Estudos avançados*, *24*(68), 173-207.

Sioli, H. (1991). *Amazônia fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais.* Editora Vozes, Petrópolis, 73p.

Stegmann, L. F, Zuanon, J., Santorelli, S., Magnusson, W. E., Lourenço, I. H., Bastos, D., Mendonça, F. & Anjos, M. R. (2022). *Guia Ilustrado Dos Peixes de Igarapés Da BR-319*: Uma Introdução à Biodiversidade.

Stegmann, L. F., Leitão, R. P., Zuanon, J., & Magnusson, W. E. (2019). Distance to large rivers affects fish diversity patterns in highly dynamic streams of Central Amazonia. *PLoS One*, *14*(10), e0223880.

Stegmann, L. F., Franca, F. M., Carvalho, R. L., Barlow, J., Berenguer, E., Castello, L., ... & Ferreira, J. (2024). Brazilian public funding for biodiversity research in the Amazon. *Perspectives in Ecology and Conservation*, *22*(1), 1-7.

Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, *38*(6), 913-920.

Uieda. V. S., & Castro, R. M. C. (1999). Coleta e fixação de peixes de riachos. In: E. P. Caramaschi, R. Mazzoni & P. R. Peres-Neto (Eds.), Ecologia de peixes de riachos. pp. 01–22. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro (*Oecologia Brasiliensis*, *6*).

Vieira, F. G., Matsuzaki, A. A., Barros, B. S. F., Ohara, W. M., Paixão, A. D. C., Torrente-Vilara, G., Zuanon, J. & Doria, C. R. C. (2016). *Catálogo de peixes da ESEC Cuniã*.

Zuanon, J., Mendonça, F. P., Espírito Santo, H., Dias, M. S., Galuch, A. V. & Akama, A. (2015). *Guia de peixes da Reserva Adolpho Ducke*.

Submetido em: **30 de outubro de 2024**
Aprovado em: **22 de maio de 2025**
Publicado em: **15 de julho de 2025**

AUTORIA

Autor 01

Nome: Mariel Acácio

Breve currículo: Mestre em Biologia de Água Doce e Pesca Interior pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Pesquisador Colaborador no Centro de Estudos Integrados da Biodiversidade Amazônica - CENBAM/INPA, aluno de doutorado no Programa de Pós Graduação em Ecologia do INPA.

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6949-3315

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA

E-mail: marielacacio@gmail.com

País: Brasil

Autor 02:

Nome: Fernando Pereira de Mendonça

Breve currículo: Doutor em Ecologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM.

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9583-3392

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM, campus Presidente Figueiredo.

E-mail: fernando.mendonca@ifam.edu.br

País: Brasil

Autor 03:

Nome: Lis Fernandes Stegmann

Breve currículo: Mestra em Biologia Animal pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE e Doutora em Ecologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, período sanduíche em Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour L'environne. Pesquisadora Pós-Doc na Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará.

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6047-9928

Instituição: Embrapa Amazônia Oriental

E-mail: lis.stegmann@gmail.com

País: Brasil

Autor 04:

Nome: Lucélia Nobre Carvalho

Breve currículo: Mestra em Ecologia e Conservação pela Universidade Federal do Mato Grosso e Doutora em Biologia de Água Doce e Pesca Interior pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Professora Associada III na Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT, Sinop, Mato Grosso.

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0673-0165

Instituição: Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT, Sinop, Mato Grosso.

E-mail: lucelia.carvalho@ufmt.br

País: Brasil

Autor 05:

Nome: Willian Massaharu Ohara

Breve currículo: Mestre em Biologia de Água Doce e Pesca Interior pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Doutor em Sistemática, Taxonomia Animal e Biodiversidade do Museu de Zoologia da USP, docente do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Amazonas - UFAM.

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1684-4198

Instituição: Universidade Federal do Amazonas - UFAM

E-mail: ohara@ufam.edu.br

País: Brasil

Autor 06:

Nome: Paula Carolina Paes Guarido

Breve currículo: Mestra em Biologia de Água Doce e Pesca Interior pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia - IPAM.

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0455-0854

Instituição: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia - IPAM

E-mail: paula.guarido@gmail.com

País: Brasil

Autor 07:

Nome: Carlos Alberto de Sousa Rodrigues-Filho

Breve currículo: Mestre em Ecologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Doutor em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Pesquisador Pós-Doc no Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - IDSM, Tefé, Amazonas.

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8168-9000

Instituição: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - IDSM
E-mail: carlosfilho918@gmail.com
País: Brasil

Autor 08:
Nome: Carolina Rodrigues da Costa Doria
Breve currículo: Mestra em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais pela Universidade Estadual de Maringá - UEM e Doutora em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido pela Universidade Federal do Pará - UFPA. Professora Titular na Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Porto Velho, Rondônia.
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1638-0063
Instituição: Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Porto Velho, Rondônia.
E-mail: carolinarcdoria@unir.br
País: Brasil

Autor 08b:
Nome: Fabíola Gomes Vieira
Breve currículo: Mestra em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Rondônia - UNIR. Pesquisadora Colaboradora no Laboratório de Ictiologia e Pesca, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Porto Velho, Rondônia.
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6069-0275
Instituição: Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Porto Velho, Rondônia.
E-mail: vieira.fabis@gmail.com
País:Brasil

Autor 09:
Nome: Rafael Pereira Leitão
Breve currículo: Mestre em em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Doutor em Biologia de Água Doce e Pesca Interior pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Professor Adjunto na Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais.
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7990-0068
Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG.
E-mail: ecorafa@gmail.com
País: Brasil

Autor 10:
Nome: Douglas Aviz Bastos

Breve currículo: Mestre e Doutor em Biologia de Água Doce e Pesca Interior. pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Bolsista de Pós-Doc no INPA.

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7718-7764

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA

E-mail: avizdoug@gmail.com

País: Brasil

Autor 11:

Nome: Marla Soares Carvalho

Breve currículo: Mestra em Biologia de Água Doce e Pesca Interior pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA.

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA.

E-mail: marlinhaa@gmail.com

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9854-1328

País: Brasil

Autor 12:

Nome: Murilo Sversut Dias

Breve currículo: Mestre em Ecologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA e Doutor em Sciences de la Nature et de l'Homme (ED 227), Muséum National d'Histoire Naturelle, MNHN, França. Professor Adjunto na Universidade de Brasília - UnB.

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7213-5284

Instituição: Universidade de Brasília - UnB, Brasília, Distrito Federal.

E-mail: msdias@unb.br

País: Brasil

Autor 13:

Nome: Marcelo Rodrigues dos Anjos

Breve currículo: Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Rondônia, Doutor em Física Ambiental pela Universidade Federal do Mato Grosso, pós-doutorado em Ciências Ambientais pelo Instituto Politécnico de Bragança, Portugal. Professor Associado na Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Campus Vale do Rio Madeira em Humaitá-AM. Coordenador do Laboratório de Ictiologia e Ordenamento Pesqueiro do Vale do Rio Madeira - LIOP e do Núcleo Regional do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) em Humaitá-AM.

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0013-2236

Instituição: Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Humaitá, Amazonas.

E-mail: anjos@ufam.edu.br

País: Brasil

Autor 14:

Nome: William Ernest Magnusson

Breve currículo: Doutorado em Ciências Biológicas pela Universidade de Sydney, SYDNEY UNI, Austrália. Pesquisador Titular no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Coordenador do Centro de Estudos Integrados da Biodiversidade Amazônica - CENBAM/INPA.

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1988-3950

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA.

E-mail: wemagnusson@gmail.com

País:Brasil

Autor 15:

Nome:Jansen Zuanon

Breve currículo: Mestre em Biologia de Água Doce e Pesca Interior pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA e Doutor em Ecologia pela Universidade Estadual de Campinas, Unicamp. Atuou como Pesquisador do INPA entre 1986 e 2022. Atualmente é Professor Visitante Sênior da Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos, SP, Brasil.

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8354-2750

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brasil (Aposentado); Professor Visitante Sênior da Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos, SP, Brasil

E-mail: jzuanon3@gmail.com

País: Brasil