



UM NOVO SISTEMA
DE INFORMAÇÕES
GEOGRÁFICAS (SIG)
SOBRE RIOS E BACIAS
PARA A CONSERVAÇÃO DE
ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS
NA AMAZÔNIA

2^{da} edição

pt.aguasamazonicas.org

info@aguasamazonicas.org



Iniciativa Águas Amazônicas, 2022

Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons -
Atribuição-NãoComercial-Compartilhual 4.0 Internacional.
info@aguasamazonicas.org

Primeira edição: abril, 2017

Segunda edição: janeiro, 2022

Citação sugerida:

Venticinque, E., Forsberg, B., Barthem, R., Petry, P., Hess, L., Mercado, A., Cañas, C., Montoya, M., Durigan, C., Goulding, M. (2022). *Um novo Sistema de Informações Geográficas (SIG) sobre rios e bacias para a conservação de ecossistemas aquáticos na Amazônia*. DOI: 10.19121/2021.Report.40051

Introdução

A Iniciativa Águas Amazônicas é uma chamada para ações afim de promover uma visão do vasto ecossistema aquático amazônico como um todo, juntando diversos atores que atuam em inúmeras fronteiras: nas margens de rios, em áreas protegidas, em cada uma das nações amazônicas e em todas as instituições que trabalham dentro dessas fronteiras.

Suas ações focam na manutenção da integridade desse sistema interligado e dinâmico de águas amazônicas, com objetivo de preservar o bem-estar humano, a vida silvestre, e as paisagens de que ambos dependem.

Esse documento resume o processo de construção e uso de um novomarco geográfico para a bacia amazônica em múltiplas escalas.

Esse novo marco foi primeiramente publicado¹ na revista científica *Earth System Science Data* por Eduardo Venticinque da Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Bruce Forsberg do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia; Ronaldo B. Barthem do Museu Paraense Emílio Goeldi; Paulo Petry da The Nature Conservancy; Laura Hess do Earth Research Institute; Armando Mercado, Carlos Cañas, Mariana Montoya, Carlos Durigan, e Michael Goulding da Wildlife Conservation Society, em dezembro de 2016. E está disponível, sem custos, no link: <http://www.earth-syst-sci-data.net/8/651/2016/>.

Este marco² geográfico para a bacia amazônica é uma contribuição da Iniciativa Águas Amazônicas e SNAPP, e produto de um esforço colaborativo de mais de 15 anos entre hidrólogos, limnólogos, e ecólogos de água doce. O desenvolvimento desse marco SIG foi coordenado por Michael Goulding. Pode ser descarregado em <https://knb.ecoinformatics.org/view/doi:10.5063/BG2MDZ>.

1. Venticinque, E. and Forsberg, B. and Barthem, R. and Petry, P. and Hess, L. and Mercado, A. and Cañas, C. and Montoya, M. and Durigan, C. and Goulding, M.: An explicit GIS-based river basin framework for aquatic ecosystem conservation in the Amazon. *Earth System Science Data*, 8, 2,651-661, 2016.

2. Venticinque, E., Forsberg, B., Barthem, R. B., Petry, P., Hess, L., Mercado, A., Canas, C., Montoya, M., Durigan, C., and Goulding, M.: SNAPP Western Amazon Group – Amazon Aquatic Ecosystem Spatial Framework. KNB Data Repository, doi:10.5063/FIBG2KX8, 2016.

Descrição geral da base de dados

Bacias hidrográficas são unidades espaciais naturais dos ecossistemas aquáticos e, portanto, são as unidades normalmente utilizadas por agência e autoridades que gerenciam os países amazônicos.

No entanto, a maior parte das classificações de bacias usadas para a Amazônia (como a metodologia Pfafstetter³) não considera o canal principal dos rios e as planícies de inundação associadas como uma única unidade. Essas planícies de inundação abrigam os habitats aquáticos (de rios e áreas inundáveis) mais produtivos e, portanto, deveriam ser manejadas como uma unidade, do mesmo modo que as grandes bacias. Essa nova base de dados inclui o canal principal e as planícies de inundação associadas do rio Amazonas e seus principais tributários como sub-bacias distintas, em uma hierarquia regional de bacia. Isso cria um novo marco espacial, explícito e integrado, para a bacia hidrográfica, tornando mais fácil o gerenciamento e a conservação do ecossistema fluvial amazônico em escalas múltiplas (Fig. 1).

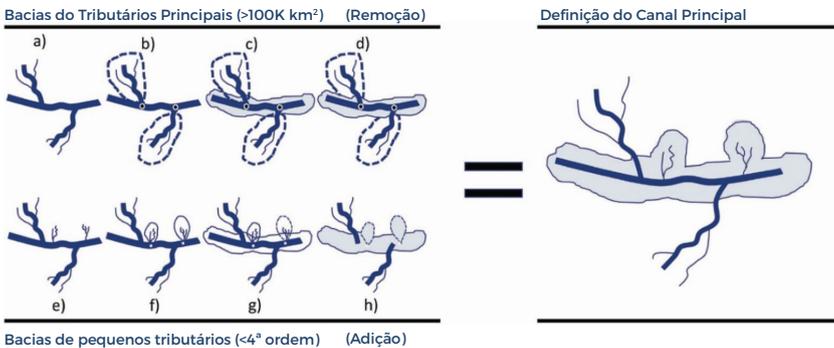


Figura 1. Definição esquemática das sub-bacias do canal principal.

3. Desenvolvida por Otto Pfafstetter em 1989, é uma metodologia que consiste em designar uma identificação as unidades de drenagem baseada na topografia da superfície do terreno. É um sistema hierárquico e as unidades são delimitadas desde a união dos rios (confluências), onde o nível 1 corresponde

O pulso de inundação dos rios, no tempo e no espaço, influencia os padrões de inundação de áreas alagáveis e tem um papel fundamental na manutenção da biodiversidade e produtividade desses habitats, e também no modo de vida das populações humanas em toda a Amazônia. O desenvolvimento de infraestruturas, incluindo a construção de barragens, estradas, e hidrovias ao longo da bacia, assim como a transformação acelerada do uso dos solos e as mudanças climáticas, ameaçam o equilíbrio desse complexo sistema de águas e vida silvestre, com previsíveis consequências negativas para a biota e as populações ribeirinhas que dependem diretamente dessa integridade. A conservação e manejo dos recursos naturais e serviços fornecidos por este ecossistema requerem um marco hidrológico padrão que funcione toda a região amazônica, e que esteja especialmente desenhado com esse objetivo.

Dois tipos de dados sobre os sistemas aquáticos são incluídos neste marco espacial para a bacia amazônica (ambos descritos com mais detalhes em seções mais a frente):

1. Bacias (*polígonos*): representa a classificação hierárquica de bacias hidrográficas e delimitação das planícies de inundação associadas ao canal principal. Canais principais são as seções da bacia que coletam toda a água do rio Amazonas e também os seus tributários principais. Ainda que não sejam bacias por si só, esses canais principais possuem amplas planícies de inundação que são importantes para a produção pesqueira e para a biodiversidade aquática da bacia amazônica. Essa classificação de bacias tem sete níveis de bacias com áreas decrescentes, incluindo as áreas das planícies de inundação das sub-bacias dos canais principais, permitindo assim a análise de dados em escalas variáveis.

2. Rios (*linhas*): representa uma nova rede de drenagem de alta densidade contendo importantes atributos geográficos, que incluem a ordem do curso de água (da 1ª a 11ª ordem), nome do tributário (de 6ª a 11ª ordem), tipo de rio (de 6ª a 11ª ordem) e distância até a foz do rio Amazonas (de 4ª a 11ª ordem).

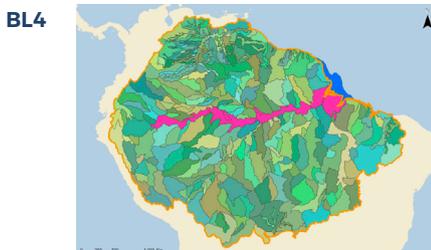
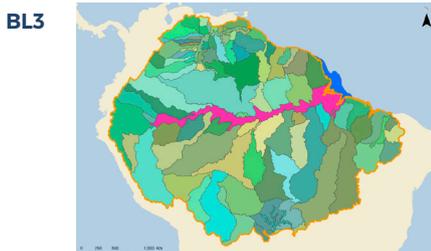
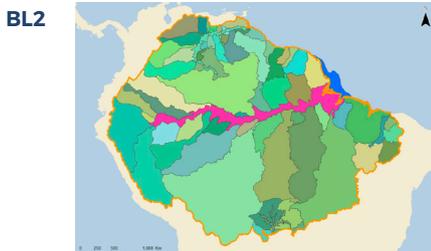
a escala continental de unidades de drenagem (Pfafstetter, O., 1989, "Classification of hydrographic basins: coding methodology", unpublished manuscript, DNOS, August 18, 1989, Rio de Janeiro).

Bacias: O desenvolvimento da hierarquia de bacias

Doze diferentes escalas de níveis hierárquicos são delineadas na nossa hierarquia de bacias, denominadas: nível de bacia 1 até nível de bacia 12 (BL1-BL12, devido a suas siglas em inglês, *Basin Level*) (Fig 2).

Figura 2.
Representação cartográfica das bacias Pan-Amazônicas (área de trabalho) e dos dados de classificação dos quatro primeiros níveis de bacia.

(BL = nível de bacia).



Geração de códigos de bacias hidrográficas: os códigos de bacias hidrográficas BL1 e BL4 foram derivados dos nomes dos principais rios de cada polígono. Os códigos das bacias do nível BL5-BL12 foram compostos pela combinação do nome da bacia associada BL02 e com números de identificação gerados automaticamente quando cada bacia foi delimitada. Além disso, cada bacia hidrográfica tem um código numérico único (BL<número>_código) para identificação.

Nível de bacia 1 (BL1, bacias regionais): este nível divide a área de trabalho (ver figura 2) em sete polígonos de drenagem: um grande polígono contendo as bacias dos rios Amazonas e Tocantins; a bacia do Orinoco, um grande polígono contendo todas as bacias hidrográficas da região das Guianas drenando diretamente para o Atlântico, a bacia do Parnaíba, a bacia do Alto Paraná, a região do delta do Orinoco e duas contendo as bacias costeiras do norte e do sul drenando diretamente para o Atlântico.

Nível de bacia 2 (BL2, grandes bacias): este nível delimita subdivisões de bacias de acordo com diferentes limiares de tamanho para cada bacia BL1 da seguinte forma: grandes bacias tributárias do Amazonas > 100.000 km², grandes bacias tributárias do Rio Orinoco > 17.000 km², grandes bacias hidrográficas da região da Guiana drenando diretamente para o Atlântico > 17.000 km², grandes bacias tributárias do Parnaíba > 24.000 km², grandes bacias tributárias do Alto Paraná > 100.000 km², grandes bacias tributárias do Orinoco fluindo diretamente para o Atlântico > 20.000 km² e grandes bacias tributárias da costa norte e sul do estuário fluindo diretamente para o Atlântico > 100.000 km².

Nível de bacia 3 (BL3, principais bacias tributárias): este nível delimita todas as bacias maiores que o limite de área específica definido para BL2, incluindo aquelas que não fluem diretamente no canal principal do rio.

Nível de bacia 4 (BL4, bacias tributárias locais): este nível delimita todas as bacias tributárias cujas áreas > 10.000 km² e < 100.000 km², assim como todas as drenagens de planície de inundação tributária > 100.000 km². A drenagem da planície de inundação deve incluir todos os tributários com bacias hidrográficas < 10.000 km² que fluem para a planície de inundação em inundação.

Nível de bacia 5-12 (BL5-BL12, sub-bacias secundárias): Os oito níveis restantes de bacia, BL5 a BL12, foram delineados subdividindo as bacias BL4 em unidades de subdrenagem com tamanhos de limiar de 7.621, 4.572, 1.524, 762, 457, 305, 152 e 38 km², respectivamente.

Os limites de bacias para os tributários do Amazonas (BL2), tributários principais (BL3), e tributários secundários (BL4) foram criadas a partir de estimativas que usaram a grade de direção do fluxo e a ajuda de um *shapefile*⁴ que representa o ponto de confluência das bacias. A base de dados inclui informações sobre áreas e os nomes dos principais tributários de todas as bacias de tributários principais e secundários. Os limites de sub-bacias de 5.000 (BL5), 1.000 (BL6) e 300 km² (BL7) foram criadas para toda a bacia amazônica. Os limites das sub-bacias foram então transformados em polígonos separados usando uma ferramenta que processa essa informação indicando a direção de drenagem da água. Características gerais e estatísticas para cada nível de bacia são resumidas na **Tabela 1**.

Tabela 1 -Descrição geral do sistema de captação da Amazônia

Descrição geral	Nível	N° Bacias	Área média (km ²)	Canal principal
Bacias regionais (Amazonas, Orinoco, Parnaíba, Alto Paraná e bacias costeras)	BL1	7	N/A	No
Grandes bacias (de acordo com limites específicos de superfície)	BL2	67	139 189	Sí
Principais bacias tributárias (superiores aos limiares específicos definidos para BL2)	BL3	99	94 199	Sí
Bacias tributárias locais entre 100.000 e 10.000 Km ²	BL4	289	31 294	Sí
10.000 Km ² < sub-bacias > 7.621 Km ²	BL5	1.325	7039	No
7.621 Km ² < sub-bacias > 4.572 Km ²	BL6	1.678	5558	No
4.572 Km ² < sub-bacias > 1.524 Km ²	BL7	4.488	2097	No
1.524 Km ² < sub-bacias > 762 Km ²	BL8	8.330	1120	No
762 Km ² < sub-bacias > 457 Km ²	BL9	13.403	693	No
457 Km ² < subcuencas > 305 Km ²	BL10	19.726	473	No
305 Km ² < sub-bacias > 152 Km ²	BL11	38.403	243	No
152 Km ² < sub-bacias > 38 Km ²	BL12	142.572	65	No

4. Um *shapefile* é um formato de armazenamento de dados vetoriais de Esri para armazenar a localização, a forma e as características de entidades geográficas (Environmental Systems Research Institute, Inc. - ESRI, 2016).

Rios: Desenvolvimento da rede de drenagem

Construímos o sistema de cursos d'água a partir de um modelo digital de elevação (DEM; cobertura geoespacial que descreve gradientes de elevação e de direção de fluxo, especificando como a água deve correr dada a elevação), e um arquivo de acumulação de fluxo (que mostra como a água se acumularia, dada a elevação e a direção do fluxo). O valor do "limite dos cursos d'água" determina o tamanho da área de drenagem a montante onde a grade do curso d'água começa a ser delineada, e conseqüentemente a resolução final da rede de drenagem. Para criar uma grade ordenada de cursos d'água de alta resolução foi utilizada um arquivo cum um limiar de cursos d'água a montante de aproximadamente 81 ha junto com o arquivo de direção de fluxo.

Neste produto, a hierarquia de ordem dos cursos d'água variou de primeira a décimo-primeira. Provavelmente está subestimada por uma ordem, já que as áreas de drenagem da primeira ordem de cursos d'água (rios permanentes com tributários a montante não permanentes) tende a variar entre 10 e 50ha na bacia central do Amazonas. Assumindo que isso é correto, o menor curso d'água na rede de cursos d'água desenvolvida aqui seria aproximadamente de segunda ordem e o canal principal do rio Amazonas próximo ao seu delta seria de décima-segunda ordem. Os três diferentes shapefiles da rede rios foram criados com este produto de alta resolução, que contém rios de primeira a décimo-primeira ordem, sexta a décimo-primeira ordem e sétima a décimo-primeira ordem, respectivamente. Os nomes dos tributários, derivados de base de dados existentes, foram adicionados à rede de drenagem da sexta a décimo-primeira ordem.

O *shapefile* que contém os rios de primeira a décimo-primeira ordem foi filtrado para remover os cursos d'água de primeira a terceira ordem que se geraram em superfícies de águas abertas e áreas úmidas conhecidas, e que se foram gerados devido a possíveis erros de DEM e do arquivo de direção do fluxo d'água. Essas anomalias resultaram em falsos segmentos de rios de baixa ordem, gerados predominantemente em áreas úmidas de baixo relevo onde a variação da elevação foi hora extremamente baixa (ambientes de águas abertas) ou devido a variação na altura da vegetação. Mesmo com a maioria dos segmentos com anomalias removidos pelo filtro, alguns ainda estão aparentes em resoluções mais altas. Alguns todavia aparecem em resoluções altas. Aunque la mayoría de segmentos anómalos se eliminaron con este filtro, algunos todavia aparecen en resoluciones altas.

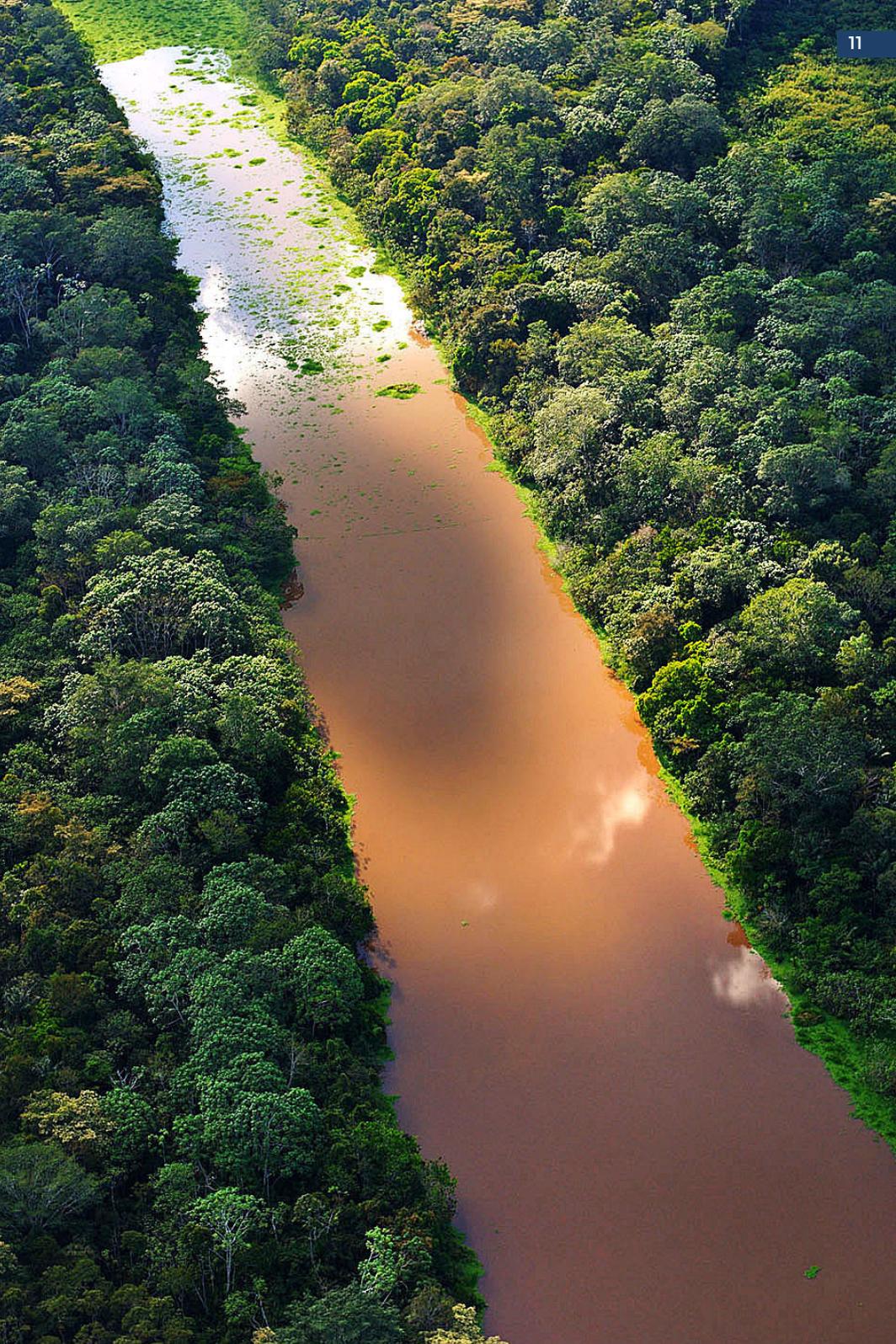
Classificação do tipo de rios

Os tipos de águas variam consideravelmente no sistema fluvial amazônico e já foi demonstrado que influenciam fortemente os processos biogeoquímicos e a distribuição e dinâmica dos habitats e da biota aquática.

Existem três tipos principais de rios na bacia amazônica classificados por diferenças naturais na cor e qualidade de suas água: **1) rios de águas brancas**, que tem pH neutro e alta concentração de material em suspensão e sedimentos, **2) rios de águas pretas**, que tem pH baixo e baixa concentração de nutrientes e material em suspensão, mas alto teor de carbono orgânico dissolvido, e **3) rios de águas claras**, que tem pH baixo ou neutro, baixa concentração de nutrientes, material em suspensão e carbono orgânico dissolvido. Definimos os tipos de água (branca, preta ou clara) para rios de sexta a décimo-primeira ordem com base no conhecimento regional e análise visual de imagens ópticas a diversas resoluções disponíveis através do Google Earth (Google Inc.).

Distância dos rios.

As distâncias ao longo da rede fluvial desde a foz do rio Amazonas até pontos específicos dentro do sistema, podem ser importantes para caracterizar as rotas de desova, para estimar quanto tempo uma espécie permanece em determinado lugar, ou para estimar a velocidade das larvas/juvenis durante as migrações rio abaixo, e a presença de outros materiais, como sedimentos, no sistema fluvial. Esses dados fornecem não só a distância até pontos específicos desde a foz do Amazonas, mas também até regiões distantes. Os valores das distâncias e a ordem dos cursos d'água estão incluídos na tabela de atributos dos segmentos no *shapefile* final da rede fluvial na base de dados.





Conclusiones generales

Essa hierarquia de múltiplos níveis de bacias e a classificação dos rios fornecem uma nova ferramenta que reflete a visão da Amazônia como uma região conectada através de suas águas. Sua arquitetura permite o monitoramento e gerenciamento integrado dos ecossistemas aquáticos em distintas escalas espaciais. Os principais produtos de dados fornecidos pelo SIG, incluem:

1. Uma hierarquia em múltiplos níveis especialmente desenhada para conservação e manejo de bacias de rios e planícies de inundação em diferentes escalas de bacias e sub-bacias.

2. Uma rede de drenagem ordenada, de alta resolução (primeira e segunda ordem) e espacialmente uniforme para a bacia amazônica e suas bacias costeiras adjacentes (norte e sul).

3. Uma primeira aproximação dos tipos de rios baseada em tipos de águas como um indicador para diferentes características químicas, incluídas nos atributos de tributários de sexta a décimo-primeira ordem.

4. Estimativas de distâncias de seções de rio desde em relação a foz do rio Amazonas eno Oceano Atlântico, incluídas como atributos para os rios da bacia amazônica de quarta a décimo-primeira ordem.

5. Un *shapefile* de pontos indicando as confluências (nós) entre diferentes tipos de rio que são zonas críticas para a desova de espécies migratórias de peixes. Essa base de dados regional e hidrológica fornece um marco coerente para a integração e análises de uma ampla variedade de dados espaciais, fundamentais para a gestão e a conservação desse valioso ecossistema fluvial.

Próximos passos

A publicação original deste marco, *GIS-based River Basin Framework for Aquatic Ecosystem Conservation in the Amazon*, foi desenvolvido como um marco interativo para abordar uma ampla gama de desafios de conservação. Pesca e paisagens aquáticas foram o foco da análise inicial devido ao seu papel crítico na segurança alimentar na bacia amazônica. Vamos continuar a construir esses aspectos com análises de áreas protegidas, territórios indígenas e impactos de infraestruturas nas águas, paisagens aquáticas e bacias prioritárias.

O time da Iniciativa Águas Amazônicas irá também trabalhar em conjunto com uma variedade de atores chaves para implementação do marco para monitoramento e planejamento ambiental de ecossistemas aquáticos e sua biodiversidade. Esperamos que agências governamentais, ONGs, universidades e outras instituições adaptem várias de suas ferramentas dentro deste marco de acordo com seus interesses específicos na análise espacial a diferentes escalas de bacias na Amazônia.

info@aguasamazonicas.org

[f facebook.com/AguasAmazonicas](https://www.facebook.com/AguasAmazonicas) [t twitter.com/aguasamazonicas](https://twitter.com/aguasamazonicas)

pt.aguasamazonicas.org

MOORE

MOORE

