



PROJETO
AMAZONAS
PLATAFORMA NA ÁREA DE
RECURSOS HÍDRICOS

ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E SANEAMENTO BÁSICO

OTCA
Organização do Tratado
de Cooperação Amazônica

ABC
AGÊNCIA
BRASILEIRA DE
COOPERAÇÃO
MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES



MINISTÉRIO DAS
RELAÇÕES EXTERIORES



RELATÓRIO SOBRE A SITUAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA

BACIA AMAZÔNICA

RESUMO EXECUTIVO

RELATÓRIO SOBRE A SITUAÇÃO DA QUALIDADE
DA ÁGUA NA BACIA AMAZÔNICA

RESUMO EXECUTIVO

1^a EDIÇÃO | 2023 | BRASÍLIA



PROJETO
AMAZONAS

AÇÃO REGIONAL MÁRTIR DE
RECURSOS HÍDRICOS



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E SANEAMENTO BÁSICO



OTCA

Organização do Tratado
de Cooperação Amazônica



ABC

AGÊNCIA
BRASILEIRA DE
COOPERAÇÃO



MRE

MINISTÉRIO DAS
RELAÇÕES EXTERIORES

SUMÁRIO

PREFÁCIO.....	06
INTRODUÇÃO.....	07
1. BASE CONCEITUAL E METODOLÓGICA.....	08
2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA.....	12
2.1. Uso e ocupação do solo Amazônico.....	13
2.2. Áreas Naturais de Proteção e Terras Indígenas.....	14
2.3. Zonas inundáveis.....	15
2.4. Classificação hidrogeoquímica dos rios Amazônicos: águas claras, brancas e pretas.....	16
3. PRESSÕES SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	17
3.1. Desmatamento.....	18
3.2. Queimadas.....	19
3.3. Mineração.....	20
3.4. Agropecuária.....	21
3.5. Hidrelétricas.....	22
3.6. Exploração petrolífera.....	22
3.7. Esgotos domésticos e resíduos sólidos.....	24
3.8. Hidrovias.....	25
3.9. Mudanças climáticas.....	26
4. ESTADO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	27
4.1. Condutividade elétrica.....	30
4.2. pH.....	31
4.3. Oxigênio Dissolvido (OD).....	31
4.4. Indicador Potencial de Poluição Orgânica (IPPO).....	32
4.5. Metais.....	33
5. RESPOSTAS ÀS PRESSÕES IDENTIFICADAS.....	34
6. SÍNTSE GERAL.....	39
6.1. Áreas críticas.....	40
6.2. Proposta para a gestão integral da qualidade da água na Bacia Amazônica.....	43
6.3. Desafios para a gestão da qualidade da água na Bacia Amazônica.....	44
TABELA DE FONTES PRIMÁRIAS.....	45
BIBLIOGRAFIA.....	46



CARIMBO

SECRETARIA PERMANENTE DA ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DE COOPERAÇÃO AMAZÔNICA (SP/OTCA)
Alexandra Maria Moreira López
Secretária-Geral
Embaixador Carlos Alfredo Lazary
Diretor Executivo
Carlos Salinas
Diretor Administrativo
Projeto Amazonas: Ação Regional na Área de Recursos Hídricos - Fase II
Embaixador Carlos Alfredo Lazary
Coordenador
Ana Cristina Cruz Escalera
Assistente Executiva Sênior
Equipe técnica
Diego da Costa e Silva
Ingrid Monteiro Peixoto Becker
Endereço SP/OTCA:
SEPN 510, Bloco A, 3º andar
Asa Norte, Brasília - DF
CEP: 70750-521 Brasil.
Tel. +(55 61) 3248-4119
www.otca.org

OTCA - Organização do Tratado de Cooperação Amazônica
ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ABC - Agência Brasileira de Cooperação
COBRAPE - Cia. Brasileira de Projetos e Empreendimentos

Aviso legal (Disclaimer)

Isenção de responsabilidade: As denominações e informações utilizadas nesta publicação técnica da OTCA, e a forma como são representados os dados, mapas, imagens e cartas contendo informações geográficas dos Países Membros, não constituem juízo sobre quaisquer outros Tratados ou Atos Internacionais vigentes entre as Partes, nem sobre quaisquer divergências sobre limites ou direitos territoriais que existam entre as Partes, nem este documento pode ser interpretado ou invocado para alegar aceitação ou renúncia, afirmação ou modificação, direta ou indireta, expressa ou tácita, e as posições e interpretações que em estas questões detidas por cada Parte.

Nota Geral: Este estudo foi elaborado considerando o limite hidrológico da Bacia Amazônica e por este motivo, o Suriname, que não possui área de contribuição hídrica na Bacia Amazônica, não foi considerado nas análises do estudo em tela, mesmo sendo País Membro da OTCA. De acordo com o Tratado de Cooperação Amazônica (TCA), os resultados gerados por este estudo serão benéficos para todos os 8 Países Membros, mesmo o Suriname não fazendo parte da bacia hidrográfica.

É importante salientar que a consultoria para a realização do Relatório sobre a situação da qualidade da água na Bacia Amazônica teve, desde o início de sua elaboração, o acompanhamento efetivo da equipe da OTCA, especialmente para as questões gerenciais, e da ANA, frente às questões técnicas. Essa dinâmica foi realizada diretamente sobre todos os produtos entregues, por meio de avaliações técnicas escritas e de diversas reuniões.

Nota da Venezuela: No caso da República Bolivariana da Venezuela, foram considerados os dados referentes ao Braço Casiquiare e Rio Negro que correspondem à Amazônia venezuelana.

© 2023. OTCA - ANA - ABC

Todos os direitos reservados

É permitida a reprodução de dados e de informações contidos nesta publicação, desde que citada a fonte.

PREFÁCIO

O "Projeto Amazonas - Ação Regional na Área de Recursos Hídricos" é uma iniciativa dos oito países amazônicos: Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela implementada por meio da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) com a cooperação técnica e financeira da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e da Agência Brasileira de Cooperação (ABC/MRE).

O projeto tem como objetivo o fortalecimento da cooperação entre os países amazônicos e a integração numa região de importância global visando ao planejamento e à execução de ações estratégicas de proteção e gestão dos recursos hídricos transfronteiricos.

Iniciado em 2012, e já em sua segunda fase, o projeto está alinhado com a Agenda Estratégica de Cooperação Amazônica e com o Tratado de Cooperação Amazônica

8), no qual os países membros assumiram, dentre outros, o compromisso de para promover a utilização racional do recurso água, condição essencial paraolvimento sustentável da bacia, onde vivem mais de 33 milhões de pessoas. A qualidade da água é desafio comum. Assim, é com grande satisfação que se este resumo executivo do Relatório sobre a Situação da Qualidade da Água na Amazônica para benefício dos gestores em recursos hídricos na Bacia Amazônica, énter essencial do Projeto, e resultado do trabalho conjunto das instituições dos amazônicos responsáveis pelas políticas públicas de meio ambiente e de gestão soss hídricos, que forneceram dados de monitoramento de suas redes nacionais. O to mostra os principais vetores que impactam a qualidade das águas amazônicas o na perda da biodiversidade, no aumento de doenças de veiculação hídrica, na la pesca e na perda de valores turísticos, culturais e paisagísticos, entre outros.

Estudos deste tipo são importantes para contribuindo para que se estabeleçam poção e monitoramento dos ecossistemas a dinâmico do Observatório Regional Amazônico fortalecimento da OTCA em sua missão Amazônia. A íntegra do Diagnóstico esta

Essa publicação contribuirá efetivamente hidricos na Bacia Amazônica.

nar adequadamente e envolver a sociedade, públicas direcionadas à proteção, recuperação. Inserem-se, por outro lado, no conteúdo do, que é a ferramenta mais importante para promover o desenvolvimento sustentável na disponível no site da OTCA (www.otca.org).

a gestão integral e integrada dos recursos

básico (ANA)
E)



CÂO

osidade! Tudo o que lhe diz respeito é
vel. Para que seja possível atuar nesse
escindível conhecer suas peculiaridades e
As enormes distâncias entre os
o sistema de transporte terrestre, a
internet, entre outros, e a
e a coalizão de oito

dade e extensa rede hidrográfica, além da
esso histórico de ocupação do território e
edência étnica e geográfica. Tais aspectos,
regulação do clima, têm grande influência
es com latitudes mais elevadas, bem como
a na redução do aquecimento global. Por
o mundo (OTCA, 2022).

Por outro lado, toda essa
no contingente populacional
colocam em risco a existência
diretos na disponibilidade
própria - COBRAPE, 2022.

A água, culturalmente vez mais escasso fre um dos maiores desa qualidade para as futu da região (Elaboração

A bacia hidrográfica do planeta, ocupa 5,9% de sete países: Bolívia, Brasil, Colômbia, entre cerca de 33 milhões de pessoas (Adaptado de Souza, 2010).

Surge então a necessidade das informações técnicas equitativas dos recursos hídricos.

eus afluentes (rios Negro e Solimões), a o Amazonas varia de 220 mil m³/s a 300 io do mundo sequer se aproxima dessa maior volume de água do planeta, e tem urá e Negro (vertente norte), Juruá, Purus, 2022).

os centros urbanos; as embarcações como primordiais para região; os desafios para o suprimento de energia elétrica, serviços; a exuberância e adversidades da floresta amazônica para harmonizar a gestão de suas águas são algumas das zônica (SATHLER; MONTE-MÓR; CARVALHO, 2009).

Posteriormente, em 1995, os oito países decidiram criar a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA), como plataforma de diálogo político e de cooperação regional. Com a criação da OTCA, ações conjuntas para o desenvolvimento harmônico dos países amazônicos começaram a ser implementadas, até que, em 2010, a aprovação da Agenda Estratégica de Cooperação Amazônica (AECA), que estabelece a visão, a missão e

ze vem sofrendo grandes alterações ao longo do tempo, tanto quanto nas formas de exploração do território. As mudanças na natureza e cultura da região como um todo, com reflexos hidráulica, em termos quantitativos e qualitativos (Elaboração

es objetivos estratégicos da CER, além de definir os eixos temáticos e as atividades para a cooperação, coloca em pauta a gestão integrada dos recursos hídricos da Bacia Amazônica. Neste contexto, prioriza-se o tema água visando adotar um enfoque integrado para a gestão dos recursos hídricos da Bacia, por meio do Programa de Ações Estratégicas (PAE) (OTCA, 2023).

O Programa de Ações Estratégicas, por sua vez, é um instrumento orientador da cooperação regional e da atuação dos Países Membros, que requer o suporte do mais alto nível dos setores relevantes dos governos, já que estabelece estratégias e prioridades para a ação regional, ao passo que oferece delineamentos de políticas e normativas no contexto do fortalecimento institucional. Já o Projeto Amazonas, iniciado em 2012, estabeleceu várias ações de cooperação técnica entre os Países Membros, incluindo o monitoramento das águas e a gestão dos recursos hídricos, buscando uma maior nivelação nas capacidades

Na esteira desse desenvolvimento, foi elaborado o Relatório sobre a situação da qualidade do água no Bacia Amazônica (ROAA), englobando este produtos, de modo a fornecer

amazônicos assinaram o Tratado de Cooperação Amazônica em 1988, com o objetivo de promover o desenvolvimento harmônico e sustentável da bacia amazônica de maneira que as ações conjuntas gerem resultados benéficos para alcançar o desenvolvimento sustentável da bacia amazônica.

conhecimento adequado e contextualizado sobre a situação atual da qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica Amazônica. O principal propósito é apoiar os tomadores de decisão dos países amazônicos na definição de políticas públicas e no fortalecimento da gestão integrada dos recursos hídricos.



Cabo Pantoja | Peru | Banco de Imagens da OTCA



1. BASE CONCEITUAL E METODOLÓGICA

A partir da definição do conteúdo, metodologia e premissas para o estudo, foi estabelecido contato com cada um dos Países Membros, por meio de videoconferências, para elucidar os objetivos do trabalho e mostrar quais dados seriam necessários para o pleno andamento da consultoria (Figura 1). Desse contato foram obtidos os dados de monitoramento de qualidade da água do período de 2000 a 2019, os quais foram compilados e padronizados. Além dos dados de qualidade da água foram levantadas as informações sobre aspectos da gestão institucional e gestão compartilhada entre os países vizinhos, bem como a identificação de boas práticas para melhorar a qualidade das águas na Bacia Amazônica, incluindo ações nacionais e regionais, e um levantamento inicial das pressões que afetam diretamente a qualidade das águas. As informações descritas, dentre outras informações fundamentais para o estudo, estão dispostas no **Contexto sobre a situação da qualidade da água nos países da Bacia Amazônica**.

De posse dos dados de monitoramento, e já no **Diagnóstico e linha de base sobre a qualidade das águas superficiais da Bacia Amazônica**, aplicou-se a metodologia Pressão-Estado-Resposta (PER), com o propósito de diagnosticar a situação da qualidade da água nos corpos hídricos da região. A metodologia PER é baseada na ideia de que as atividades humanas exercem pressões no meio ambiente, afetando o estado da qualidade e quantidade dos recursos naturais e que a sociedade, por sua vez, responde a essas alterações através da proposição de políticas ambientais, econômicas e setoriais, além de mudanças no próprio comportamento.

Com esses resultados, foram avaliadas as melhores práticas globais em compartilhamento de águas transfronteiriças, de maneira a conceber uma **Proposta para a gestão integral da qualidade da água da Bacia Amazônica**. Ela compreende um conjunto de proposições de medidas e ações específicas a serem desenvolvidas nos âmbitos subnacionais, nacionais e de cooperação intergovernamental da OTCA, com fundamento em boas práticas sistematizadas, a fim de contribuir para a melhoria da gestão, do monitoramento e do controle da qualidade da água na BHA.

Para validação dessas proposições, na procura por garantir a máxima convergência e aderência com as diferentes realidades regionais, foram realizadas entrevistas com os representantes dos Países Membros, por meio de questionários escritos e videoconferências, com o intuito de ouvir múltiplas perspectivas a respeito do desenvolvimento da região e suas inclinações preferenciais acerca da qualidade da água.

Dessas entrevistas, afloraram percepções, indicações de prioridades, sugestões de diretrizes e projetos de ação para subsidiar a **Proposta para a gestão integral da qualidade da água da Bacia Amazônica**. As entrevistas captaram as expectativas e orientações relativas ao desenvolvimento da região, permitindo avaliar possíveis programas e campos prioritários de ação no tema da qualidade da água.

O ROQA ainda contempla o **Relatório de articulação e coordenação com outros estudos e processos da Bacia Amazônica**, que apresenta estudos com os quais possui ou deveria possuir relação direta, visando uma forma de integração.

Também incorpora o **Banco de dados**, para armazenar e fornecer, com os devidos critérios, todos os dados e informações gerados pelo estudo. A criação de um Banco de Dados Geográfico (BDG) permite prover dados para outros serviços, como o sistema do Observatório Regional Amazônico (ORA - <https://oraotca.org.pt/>). A afinidade existente entre ambos possibilita perfeita integração para o armazenamento, manipulação, visualização e compartilhamentos dos dados geográficos.

O estudo culmina em dois relatórios finais. O **Relatório final** traz a consolidação de todas as principais informações colhidas durante o estudo, ou seja, o "status" em termos qualitativos sobre a situação da água nos âmbitos nacional e regional da Bacia Amazônica, e este **Resumo executivo** expõe de maneira mais ilustrativa a síntese dos resultados alcançados.

Em complemento, com o intuito de melhor atender o objeto da contratação, mostrando a real situação da qualidade da água da Bacia Amazônica, foram realizadas reuniões estratégicas entre a equipe da Cobrapi e da OTCA/ANA com as consultorias responsáveis pela elaboração de outros estudos da entidade na região e que têm relação direta com o ROQA.

Figura 1. Resumo ilustrado do percurso do projeto



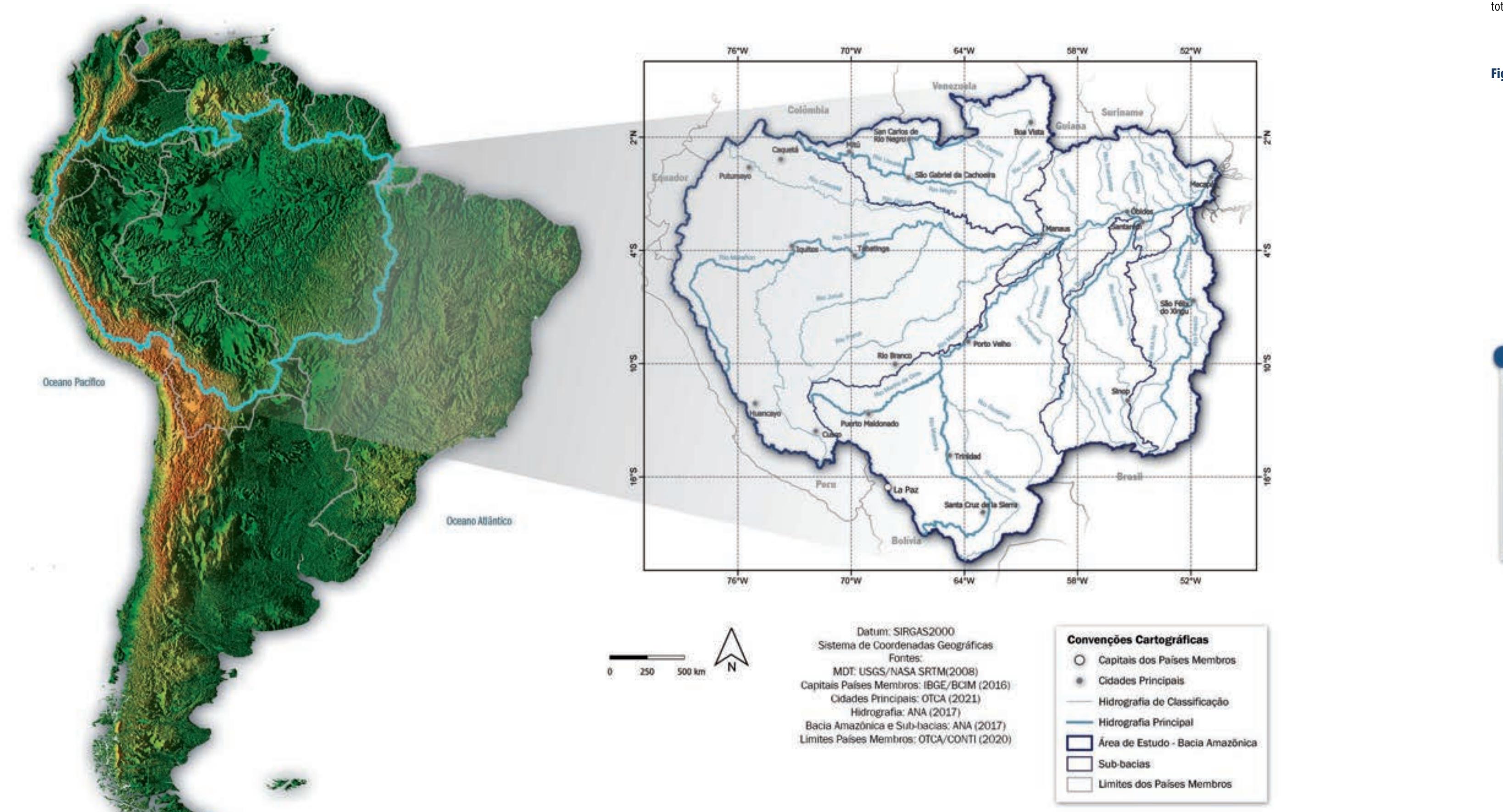
A Bacia Hidrográfica Amazônica (BHA) abrange uma área de aproximadamente 5,9 milhões de km², desde os andes peruanos, onde se encontra a nascente do Rio Solimões, até a foz do rio Amazonas, no Oceano Atlântico (ANA, 2015). Segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviários do Brasil (ANTAO, 2013), a bacia possui cerca de 25 mil km de rios navegáveis, o que a torna a mais extensa rede hidrográfica do planeta.

Toda essa área engloba sete países: Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Peru e Venezuela. No caso particular do Suriname, que também é um país membro da OTCA, este não possui área de contribuição hídrica para efeito deste estudo. Na Tabela 1 é apresentada a área ocupada por País e na Figura 2 é mostrada a área da BHA considerada para este estudo.

País	Área do país (km ²)	Área do país na BHA (km ²)	% da área do país na área total da BHA
Bolívia	1.089.314	713.152	12,06%
Brasil	8.515.707	3.709.067	62,73%
Colômbia	1.133.063	345.462	5,84%
Equador	248.619	131.265	2,22%
Guiana	209.902	12.565	0,21%
Peru	1.291.221	961.459	16,26%
Venezuela	912.235	39.626	0,67%
Total	5.912.598,61		100%

Fonte: Calculado pela interseção entre a base administrativa do IBGE (2016) e a base ottocodificada da ANA (2017).

Figura 2. Localização da Bacia Hidrográfica Amazônica e rios principais



A base hidrográfica utilizada no estudo foi extraída da base de ottobacias (ANA, 2017), por meio de um filtro que selecionou apenas a área compreendida pela Bacia Amazônica, totalizando 129.705 ottobacias.

Cabe destacar que a área da bacia hidrográfica amazônica utilizada neste estudo possui um caráter hidrológico (em azul), difere daquele utilizado pela RAISG para delimitar o Bioma Amazônico¹ (em vermelho), bem como do limite utilizado pela OTCA no Programa de Ações Estratégicas² (PAE) (em amarelo), todos representados na Figura 3.

Figura 3. Sub-bacias – Divisão e características



¹ Red Amazônica de Información Socioambiental Georeferenciada, RAISG. Disponível em: https://geo.socioambiental.org/arcgis/services/raisg_base/MapServer/WMServer?request=GetCapabilities&service=WMS.

² Programa de Ações Estratégicas: Estratégia Regional para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Bacia Amazônica (PAE) da OTCA. Disponível em: <http://otca.org/pt/project/programa-de-acoes-estrategicas/>

2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA

The image is a wide-angle aerial shot of the Amazon River's confluence in Manaus, Brazil. The dark blue water of the Rio Negro flows from the top left towards the bottom right, while the lighter brown water of the Rio Solimões flows from the bottom left towards the top right. The two rivers meet at a sharp angle, creating a clear demarcation between the two different colored waters. In the center-left foreground, a small white boat with several people is visible on the dark water. The background shows a dense green forest line along the horizon under a clear blue sky.

2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA

Encontro das águas do Rio Negro e Solimões | Manaus - Brasil | Banco de Imagens Adobe Stock

AÇÃO DO SOLO AMAZÔNICO

a se deu há cerca de 14 mil anos, quando grupos de europeus. Nesse tempo, realizaram manejo florestal e urbano, que permitiu a exploração sustentável dos recursos naturais necessários para o seu progresso. A partir do momento em que essas culturas agrícolas e compartilharam os mesmos espaços, suas estruturas sociais tornaram-se mais complexas. Essa forma de vida só seria alterada com a chegada dos europeus. Nesse tempo, realizaram manejo florestal e urbano, que permitiu a exploração sustentável dos recursos naturais necessários para o seu progresso.

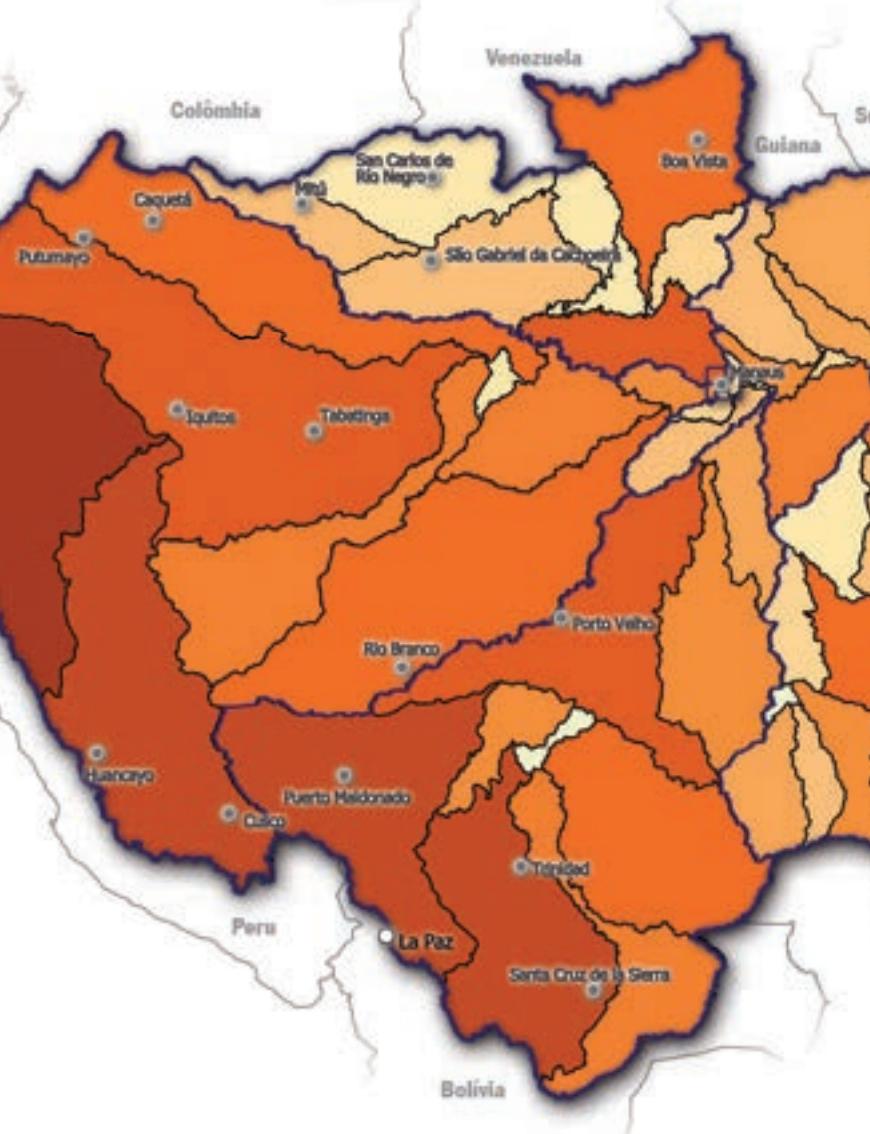
virtude do difícil acesso à densa floresta, limitado à exploração de madeira e outros recursos naturais. Da terra permaneceram com baixo impacto (KIRBY et al., 2005). No entanto, a chamada "ocupação colonial", abrangendo cidades e municípios ribeirinhos instalados em regiões mais isoladas, como Iquitos e Trinidad, ainda de forma pouco condensada (KIRBY et al., 2005).

Como consequência, e já no século XIX, a configuração das terras e a exploração de recursos naturais foram alteradas, com impactos duradouros na biodiversidade e no equilíbrio ambiental da região.

opeus depararam-se com uma densa floresta habitada por diversas espécies, e que as usavam a seu favor para sustentar

Apesar do ciclo econômico da borracha, ocorrido no Brasil no século XIX até a década de 1940, a exploração mais intensiva só ocorreu a partir da segunda metade do século XX (Araújo et al., 2014), o período foi marcado pela devastação da floresta e da paisagem, especialmente em decorrência da abertura de estradas para pastagens e a exploração de madeira de modo predatório.

XVII e XVIII, caracterizados pela fase de colonização, intensificação dos conflitos entre povos indígenas originários da Amazônia. Todavia, em



Ecuador Peru

A decorative graphic element consisting of a jagged, torn-paper-like shape filled with red and blue colors.

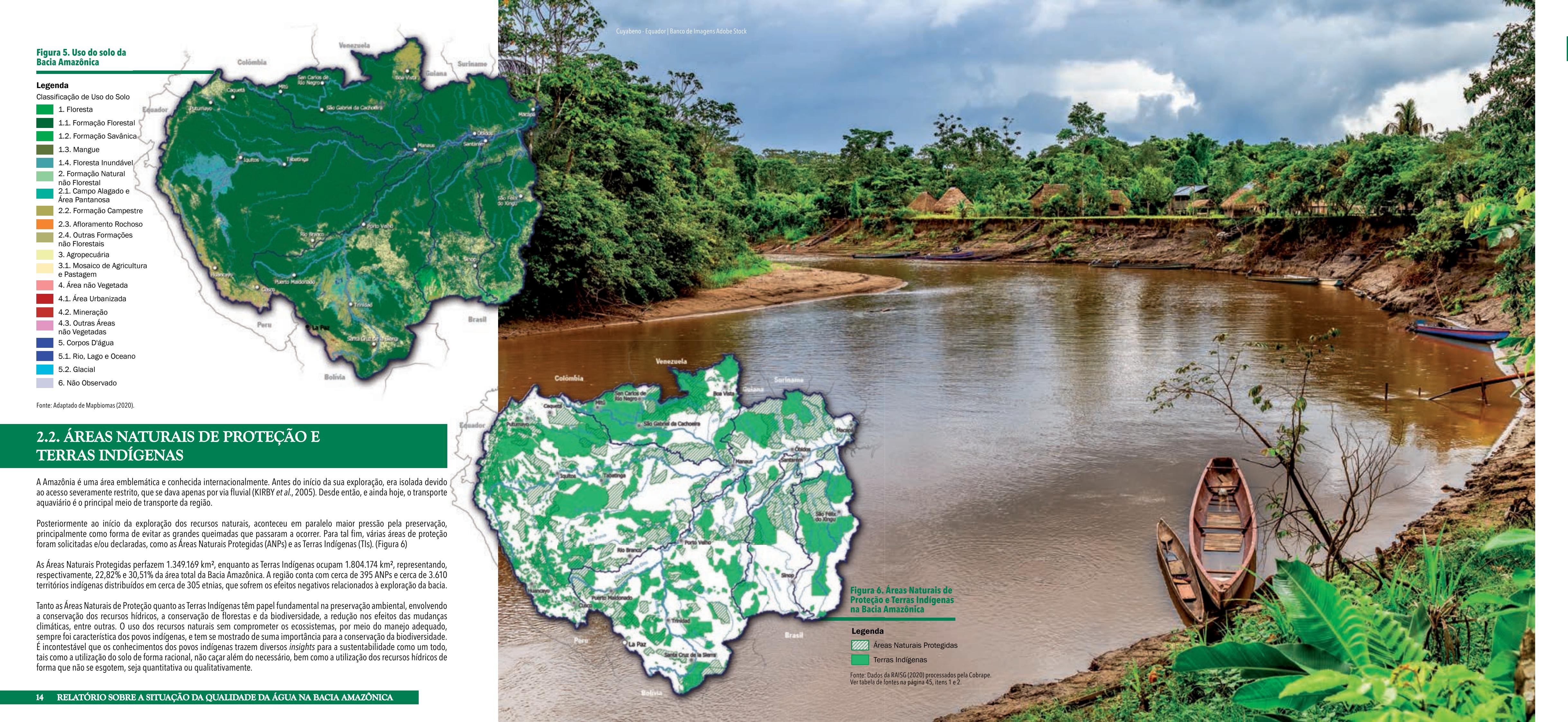
rabilidade

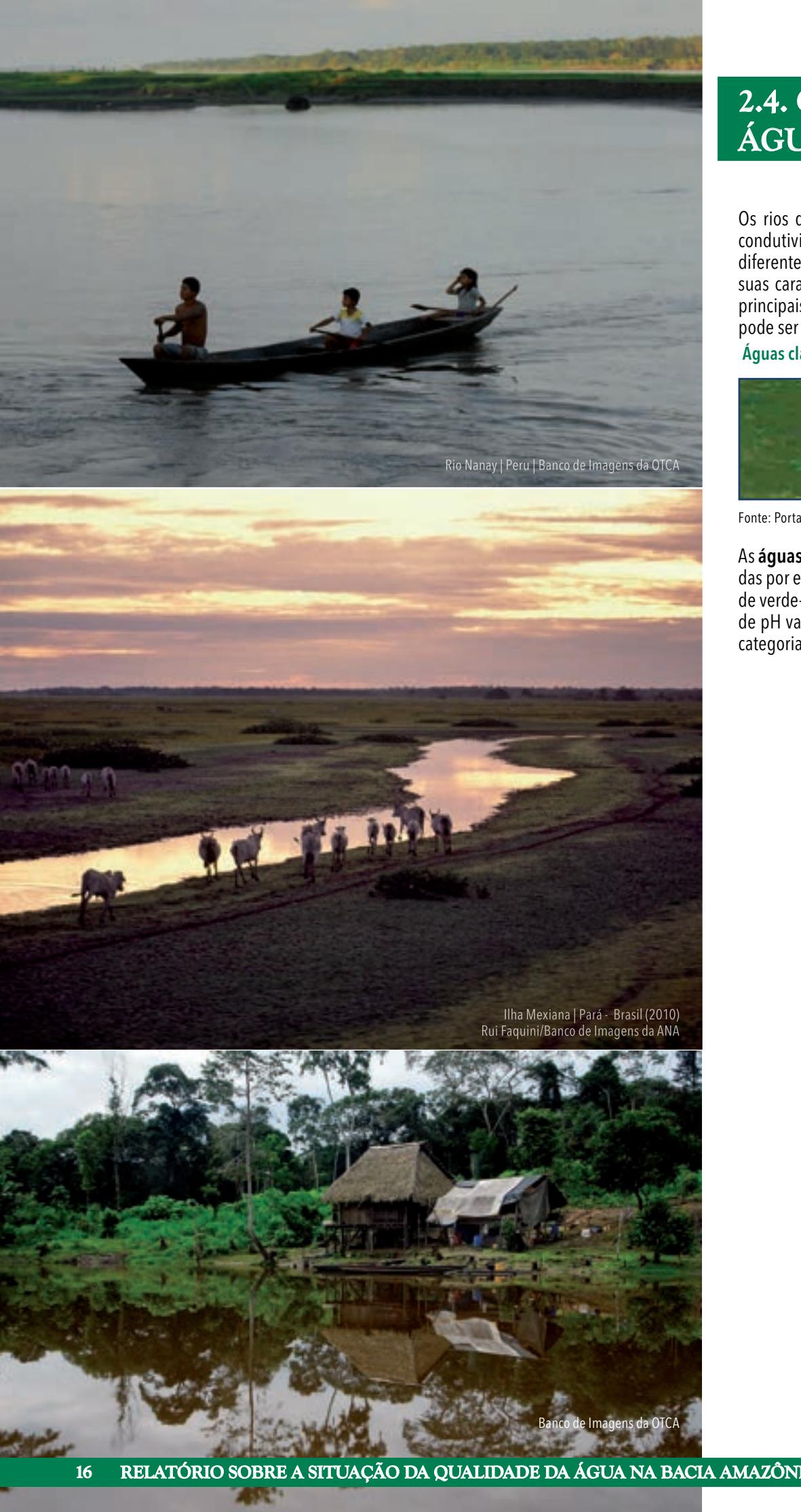
Hídrica, Pfafstetter (1989) elaborou uma proposta metodológica de codificação hierárquica de bacias hidrográficas. As bacias são tratadas como áreas terrestres e o solo é considerado como insumo principal as áreas de contribuição direta de cada trecho dessa mesma rede hidrográfica. O detalhamento da metodologia está disposto

Atualmente a Bacia Amazônica concentra cerca de 33 milhões de pessoas, das quais 1,1 milhão se refere à população indígena, representando 3,6% da população total. Essa população, distribuída nos sete países, se concentra principalmente ao longo dos grandes rios da bacia e da fronteira oeste, que é a Cordilheira dos Andes, e em cidades polos regionais. A figura 4 mostra a distribuição da população atual, na qual é possível observar a distribuição da população por ottobacias³ nível 3. Cabe ressaltar que estas informações se referem ao território que abrange exclusivamente a Bacia Hidrográfica Amazônica.

A seguir, na Figura 5, está representada a situação atual de uso e ocupação do solo da Bacia Amazônica.



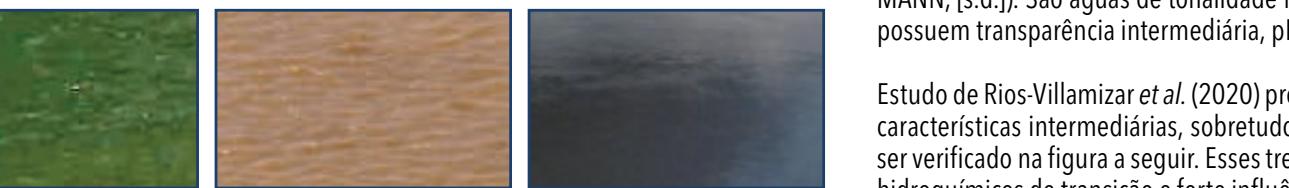




2.4. CLASSIFICAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA DOS RIOS AMAZÔNICOS: ÁGUAS CLARAS, BRANCAS E PRETAS

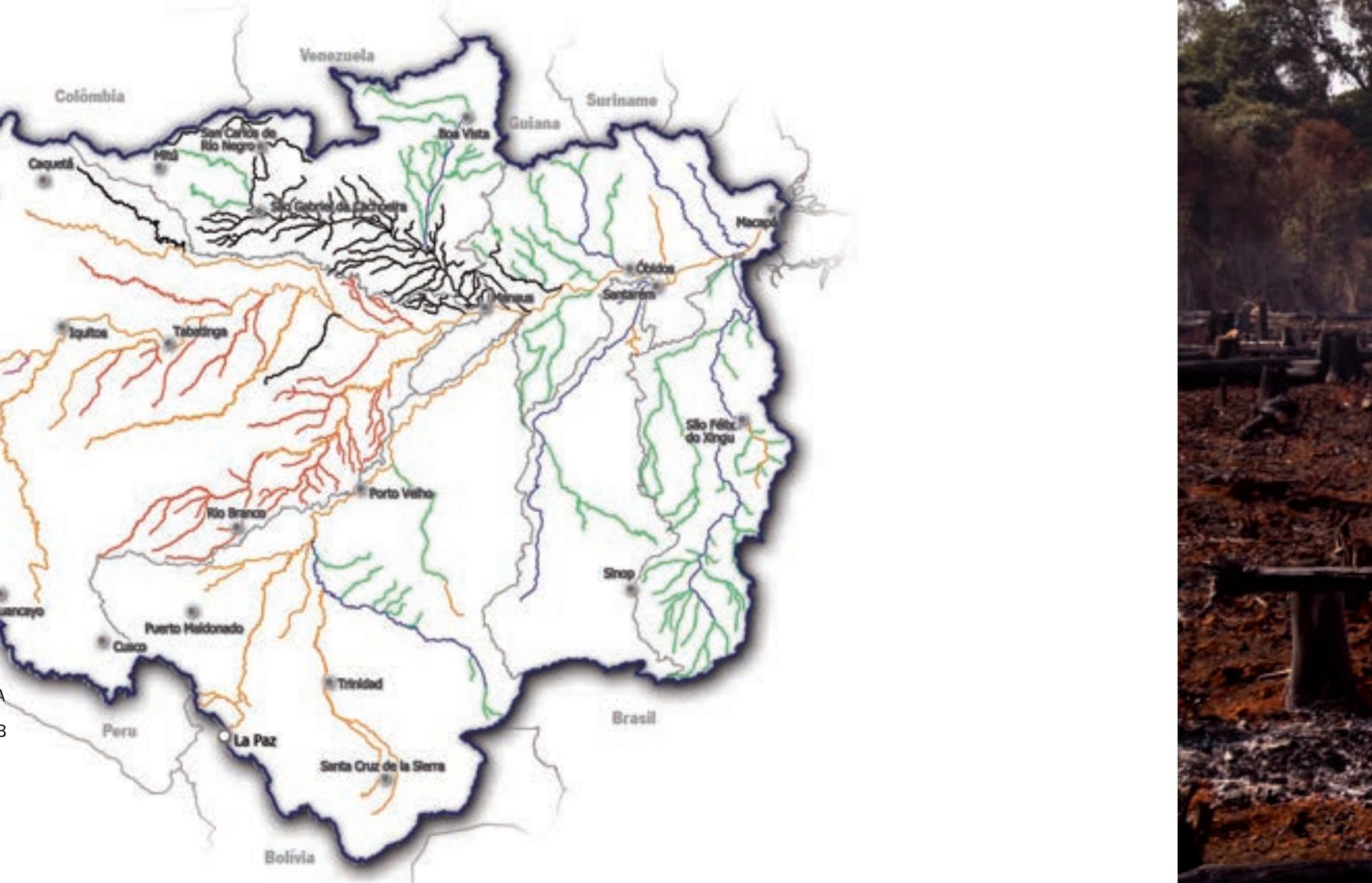
Os rios da Bacia Amazônica têm diferentes características hidrogeoquímicas como pH, condutividade, sais minerais, sólidos suspensos, substâncias orgânicas e cor, reflexos das diferentes regiões que cruzam. De acordo com as relações entre geologia, vegetação e suas características, estabeleceu-se uma divisão dos rios amazônicos em três categorias principais: rios de águas claras, brancas e pretas. A representação dessas três categorias pode ser vista nas imagens abaixo, nas quais fica evidente a diferença de cor.

Águas claras, brancas e pretas



Fonte: Portal Amazônia (2019).

As **águas claras** têm origem em formações geológicas muito antigas e as planícies inundadas por elas são chamadas de igapós (SANTOS, 2012; ZEIDEMANN, [s.d.]), a sua coloração é de verde-amarela até olivácea, clara, transparente. São as águas de maior transparência, de pH variando de ácido a básico e condutividade intermediária se comparada às demais categorias.



A partir do levantamento de dados secundários que possibilitassem uma análise homogênea e integrada das atividades humanas com potencial impacto sobre a qualidade das águas na Bacia Amazônica, definiram-se como pressões o desmatamento, as queimadas, mineração, agropecuária, hidrelétricas, exploração petrolífera, esgotos domésticos, resíduos sólidos e mudanças climáticas.

As pressões foram analisadas de forma integrada com os dados de monitoramento de qualidade da água realizado pelos Paises, com o objetivo de identificar as pressões que causam as alterações de estado ou áreas com pressões sem monitoramento. A análise integrada possibilitou verificação mais apurada das informações georreferenciadas para apontar as fontes de poluição mais impactantes e facilitar a identificação de estudos e boas práticas que possam estar relacionados àquela região ou pressão.

Essas pressões estão apresentadas na sequência, e foram agregadas para a Bacia Amazônica como um todo, porém, sempre evidenciando as sub-bacias nas quais elas se inserem.

Estas pressões corroboram as principais causas de contaminação das águas na Bacia Amazônica dispostas na Análise de Diagnóstico Transfronteiriço (OTCA, 2018), citando as atividades de mineração, águas residuais domésticas e industriais, o transporte fluvial, dentre outros.

3.1. DESMATAMENTO

O desmatamento na Bacia Amazônica está relacionado a diversas causas: a expansão dos assentamentos humanos e as diversas formas de uso dos recursos naturais, em alguns países os cultivos de usos ilegais e a extração ilegal de minerais, a construção de infraestrutura não planejada, as queimadas, a exploração de madeira, agropecuária, instalação de hidrelétricas, e é uma das pressões mais antigas enfrentadas pela região. O principal efeito do desmatamento está relacionado ao assoreamento dos corpos hídricos, pois, sem a floresta, o escoamento superficial carrega com maior velocidade os sedimentos para os rios. Nesse processo, junto com os sedimentos, várias substâncias, inclusive tóxicas, se depositam no corpo hídrico de forma mais intensa, podendo favorecer alterações na qualidade da água.

A Figura 9 ilustra as regiões de desmatamento identificadas entre 2001 e 2018. Nela é possível notar áreas significativas na bacia como um todo, com a ocorrência de uma região bastante desmatada nas cabeceiras localizadas entre o Peru e a Colômbia, na sub-bacia Marañon/Solimões. Nessa sub-bacia, as causas de desmatamento observadas são ligadas principalmente à mineração, por poços e aluvionares, além das atividades agropecuárias. Na figura salienta-se também uma região próxima a Santa Cruz de la Sierra, na Bolívia, além de toda região sudeste da bacia localizada no Brasil, onde se encontra o chamado "Arco do desmatamento", região onde a fronteira agrícola avança em direção à floresta e onde se encontra cerca de 75% do desmatamento da Amazônia (OVIEDO; LIMA; AUGUSTO, 2020). Ainda de acordo com os autores, é um território que abrange 256 municípios, indo do oeste do estado do Maranhão e sul do Pará em direção a oeste, passando por Mato Grosso, Rondônia e Acre.

Nessa região de intenso desmatamento, destaca-se a sub-bacia Tapajós como a mais impactada por essa pressão, sobretudo na região próxima ao rio São Manuel, ou Teles Pires, caracterizada pela presença de zonas inundáveis. A madeira resultante do desmatamento nessa sub-bacia é queimada ou comercializada e as áreas desmatadas ocupadas na maior parte pela agropecuária. O mesmo ocorre na sub-bacia Xingu – parte do “Arco do desmatamento” –, onde essas áreas são ocupadas pela mineração e pela infraestrutura do setor elétrico.



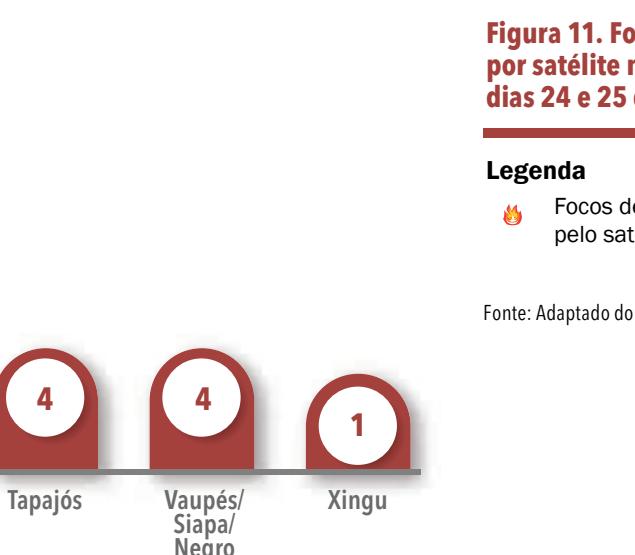
3.2. QUEIMADAS

O Centro de Energia Nuclear na Agricultura (Cena) concluiu que os impactos do desmatamento na Bacia Amazônica provocam uma reação em cadeia na esfera ambiental. Alguns rios da Bacia do Ji-Paraná atingiram níveis de materiais dissolvidos semelhantes a cursos d’água contaminados no interior de São Paulo (FAPESP, 2002).

Apesar das queimadas representarem uma prática muito antiga, inclusive adotada pelos povos originários amazônicos, seu objetivo era diferente, especialmente quando se trata da intensidade das queimadas. Os povos originários utilizavam as queimadas como jeito de “limpar” pequenos territórios, sem atingir as árvores, e entre elas plantavam seus cultivos. Isso fazia com que o carvão produzido servisse como fertilizante, o que em menores proporções não ocasiona impactos na qualidade da água (National Geographic, 2020).

Por outro lado, quando as queimadas são realizadas em grandes proporções, A Embrapa (2019) analisa que, apesar das cinzas serem ricas em nutrientes para as atividades agropecuárias (cálcio, fósforo, magnésio e nitrogênio), acarretam consequências aos corpos hídricos, como a redução do oxigênio dissolvido na água em ambiente lento, o aumento do pH, e geram toxicidade para espécies aquáticas.

Figura 10. Total de focos de queimadas por sub-bacia (24 e 25 de outubro de 2021)



O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Brasil realiza o monitoramento das queimadas via satélite em tempo quase real, identificando os focos de incêndio nas últimas 24 horas. Os dados obtidos têm demonstrado significativo aumento das queimadas na Amazônia, inclusive relacionando esse fato à diminuição das chuvas no Sul da América do Sul.

Em paralelo, a OTCA está trabalhando no uso do ORA também com o monitoramento em tempo real dos focos de queimadas, além dos dados do INPE, os dados do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (Censipam), e que servirá como ferramenta para utilização para os 8 Países Membros.

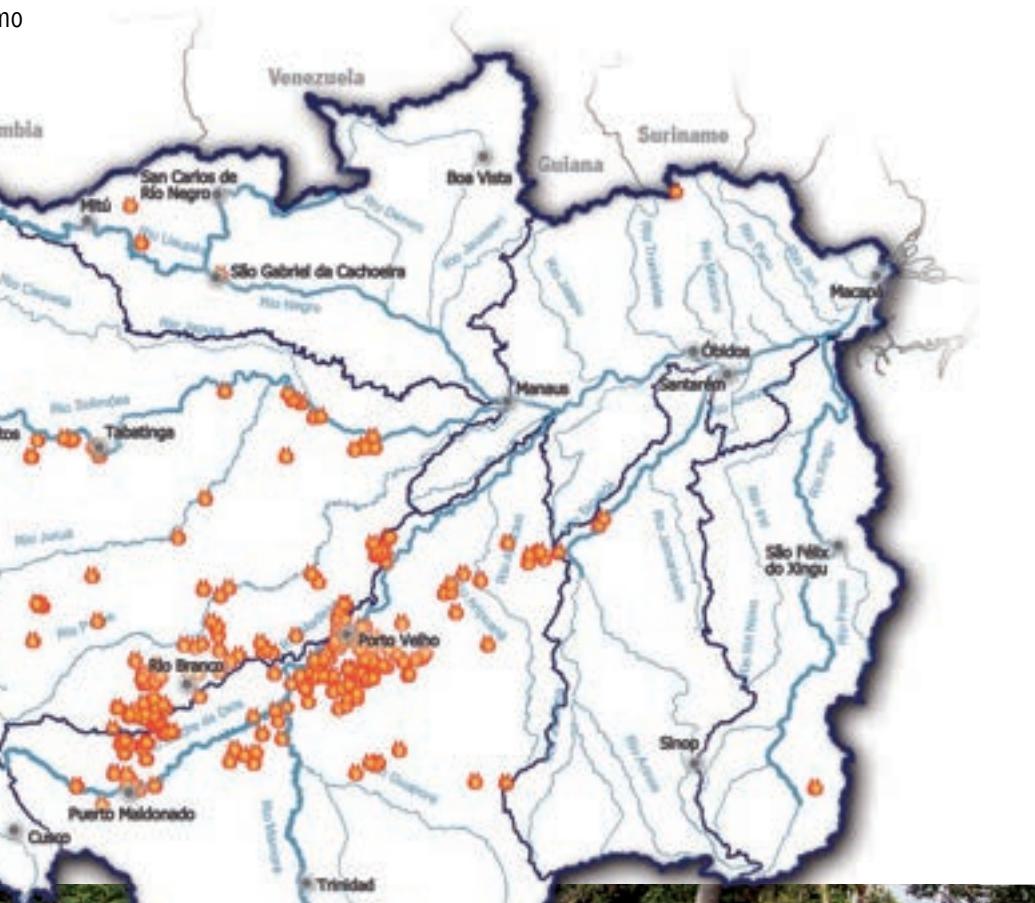


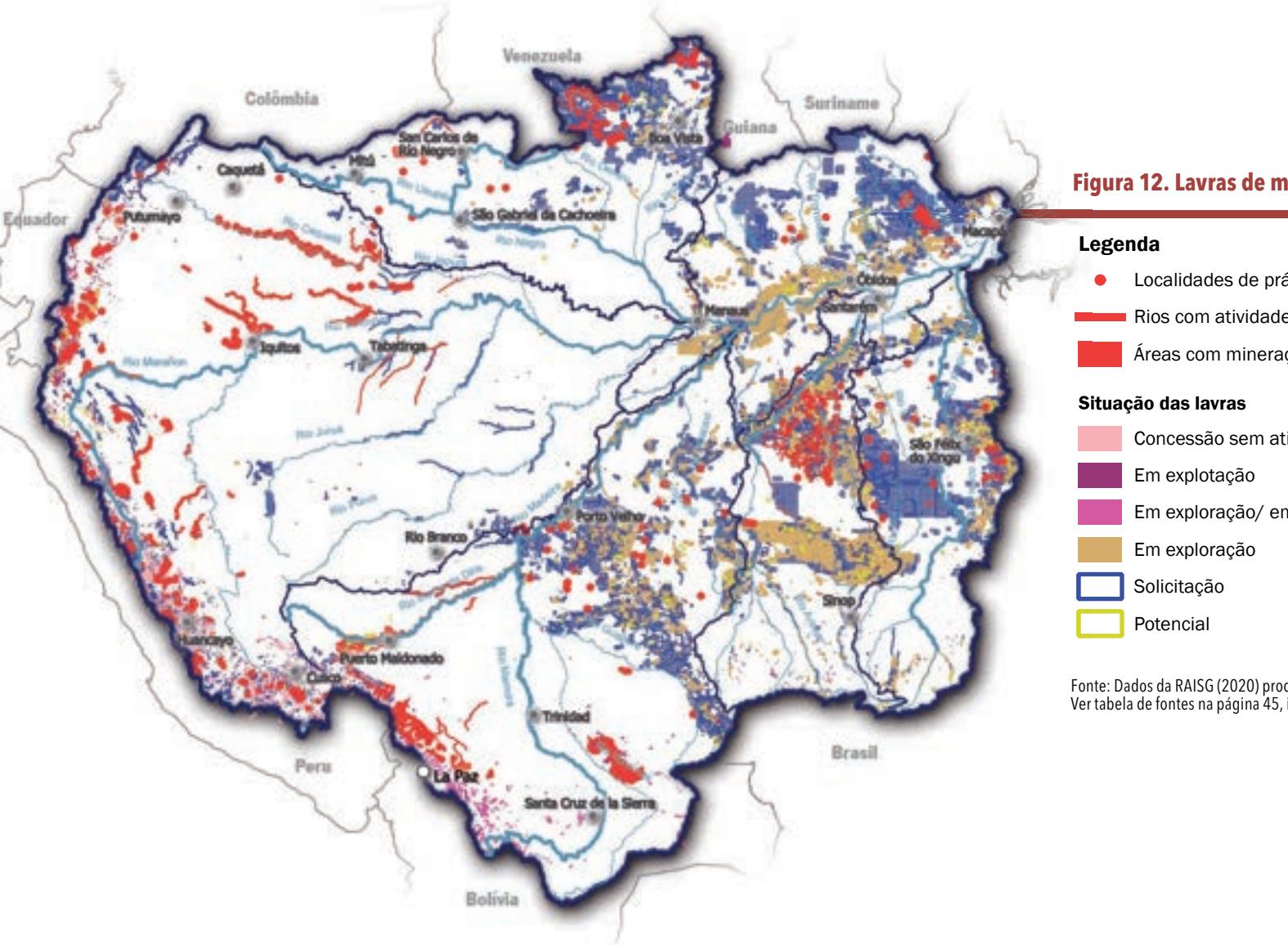
Figura 11. Focos de queimadas identificados por satélite na Bacia Amazônica entre os dias 24 e 25 de outubro de 2021

3.3. MINERAÇÃO

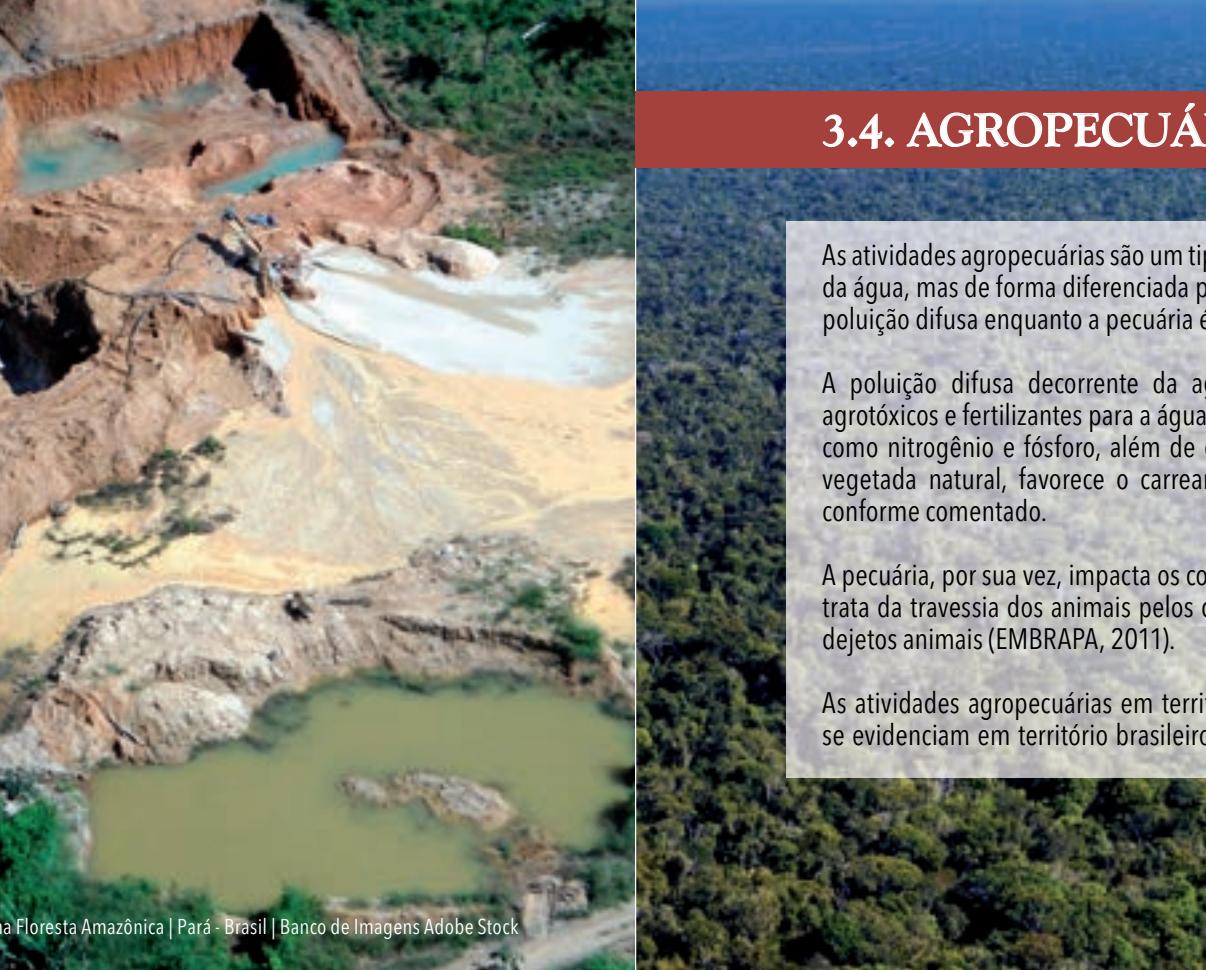
O setor de mineração é uma pressão significativa sobre a qualidade das águas por contaminá-las com substâncias poluentes, tais como óleos, graxas, silte, argila e metais pesados, dentre os quais o mercúrio.

Os metais pesados são particularmente preocupantes em relação à saúde pública devido ao seu caráter cumulativo, pois a concentração desses metais vai aumentando ao longo da cadeia trófica. Além dos efeitos na saúde pública, há os impactos diretos sobre os recursos hídricos, tais como a alteração de pH e condutividade elétrica que, por sua vez, podem alterar o equilíbrio de outros componentes físicos e químicos da água. Nesse sentido, destaca-se o garimpo ilegal, que afeta negativamente todo o ecossistema local, o que resulta em outros prejuízos diretos à qualidade da água.

Existem diversas lavras de mineração na Bacia Amazônica, concedidas (exploração ou exploração⁴) e solicitadas, como pode ser observado na Figura 12, na qual nota-se também a ocorrência de diversas áreas de garimpos ilegais. Já a Figura 13 mostra o número de lavras de mineração por sub-bacia. Dessa forma, a mineração é uma forte pressão sobre a qualidade das águas dos rios amazônicos e está presente em todas as sub-bacias, sobretudo impulsionada pelos garimpos ilegais.



⁴Lavras de exploração são aquelas concedidas para fins de pesquisa, sem a retirada de material, para analisar se há ou não um determinado recurso, sua viabilidade de exploração, estudo do minério e outros fins semelhantes. Já as lavras de exploração significam que há a retirada de recursos naturais. Nota-se que algumas lavras são concedidas para ambos os casos, tanto para exploração quanto para exploração.



Área de mineração de ouro na Floresta Amazônica | Pará - Brasil | Banco de Imagens Adobe Stock

3.4. AGROPECUÁRIA

As atividades agropecuárias são um tipo de pressão com significativo impacto na qualidade da água, mas de forma diferenciada por atividade, pois a agricultura está mais associada à poluição difusa enquanto a pecuária é tanto difusa quanto pontual.

A poluição difusa decorrente da agricultura acontece por meio do carreamento de agrotóxicos e fertilizantes para a água, o que faz aumentar as concentrações de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, além de outras substâncias. Além disso, por devastar a área vegetada natural, favorece o carreamento de sedimentos e o assoreamento dos rios, conforme comentado.

A pecuária, por sua vez, impacta os corpos hídricos superficiais de forma direta, quando se trata da travessia dos animais pelos córregos, e de forma indireta, pelo carreamento dos dejetos animais (EMBRAPA, 2011).

As atividades agropecuárias em territórios amazônicos são amplamente difundidas. Elas se evidenciam em território brasileiro nos estados de Rondônia, Mato Grosso e Pará; em

território boliviano, nos departamentos de Beni, Santa Cruz e Cochabamba; em território colombiano, principalmente nos departamentos de Putumayo e Caquetá; e, em território equatoriano e peruano, nos departamentos que costeiam as cabeceiras da sub-bacia Marañón/Solimões.

No Baixo Amazonas o destaque está na margem do rio Amazonas, indo de Manaus a Macapá. Esse rio é classificado hidrogeoquimicamente como de água branca, com característica natural de extensa zona inundável à sua margem, razão pela qual acaba sendo tão explorado pela agricultura. O mesmo ocorre na sub-bacia Madre de Dios/Madeira/Mamoré, com áreas inundáveis tomadas pela atividade agropecuária.

A sub-bacia Tapajós apresenta forte pressão da agricultura, sobretudo na porção sul, enquanto a sub-bacia Xingu apresenta a atividade pecuária mais acentuada, também na porção sul.



Fazendas de soja na Floresta Amazônica | Parque Indígena do Xingu - Brasil | Banco de Imagens Adobe Stock

Figura 13. Número de lavras de mineração por sub-bacia

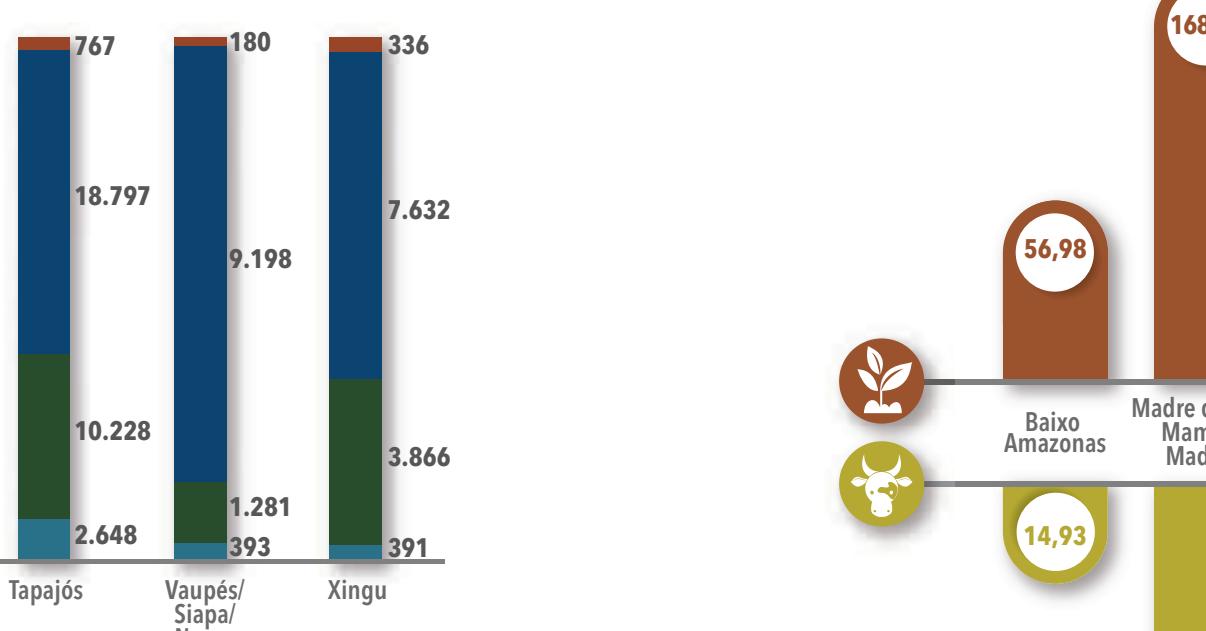


Figura 14. Área de agropecuária por sub-bacia (km² x 1.000)

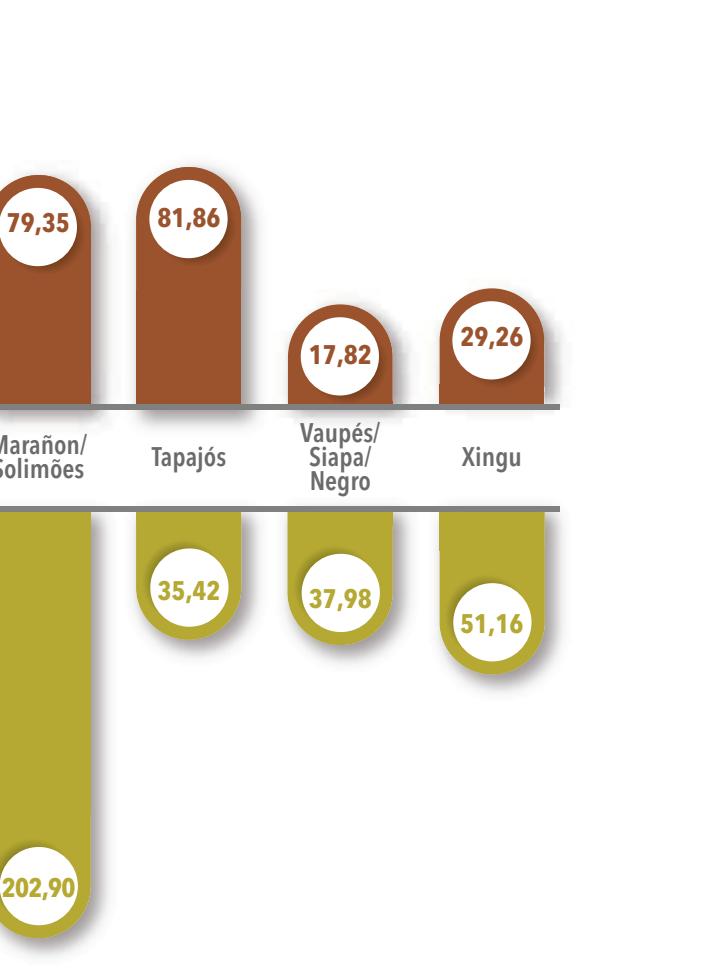


Figura 15. Agropecuária na Bacia Amazônica

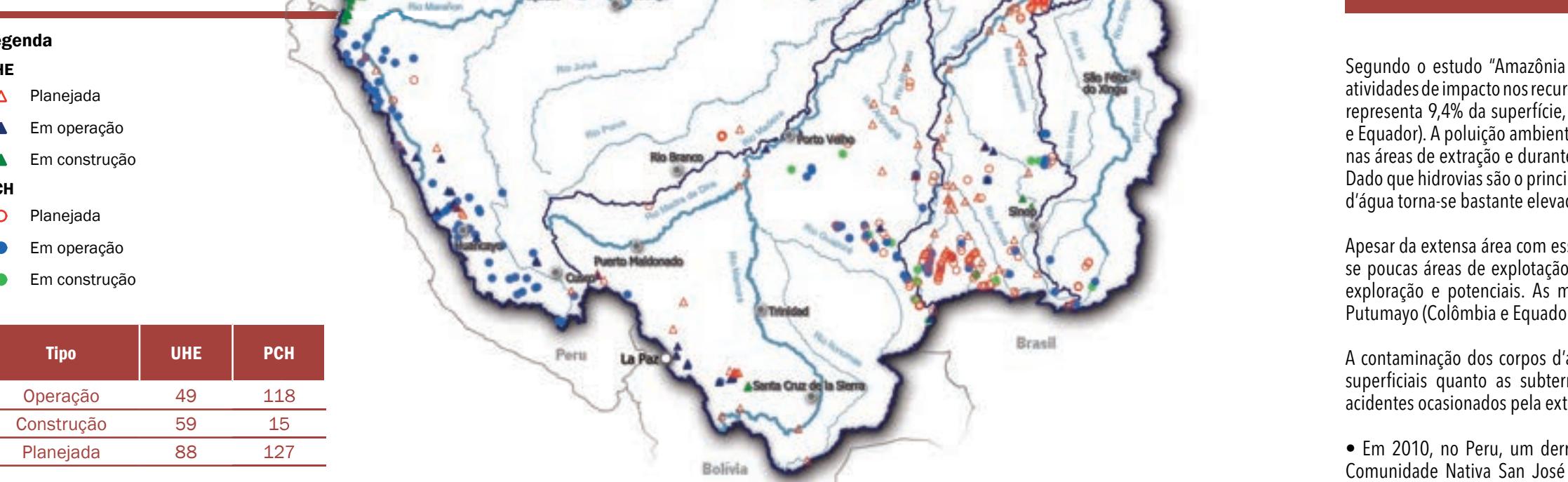


5. HIDRELÉTRICAS

área de abrangência da Bacia Amazônica existem diferentes tipos de empreendimentos para a geração de energia elétrica, dentre as quais destacam-se as hidrelétricas, por suírem relação direta com a qualidade da água.

construção desses empreendimentos, comumente de grande porte, afeta significativamente a região no entorno e as alterações físicas, químicas e biológicas dos recursos hídricos são expressivas, podendo-se mencionar, dentre outras: (i) acidificação da água quando não ocorre desmatamento prévio em escala adequada; (ii) eutrofização induzida pela lixiviação de fertilizantes em áreas agricultáveis adjacentes; (iii) interferências nos processos migratórios e reprodutivos da ictiofauna; (iv) alterações hidrológicas a ante do reservatório; (v) aumento nos sedimentos acumulados tanto nos canais do rio a

Jura 16. Usinas Hidrelétricas e queñas Centrais Hidrelétricas BHA



nte: Dados da RAISG (2020) processados pela Cobrapp. Tabela de fontes na página 45, item 7.

Tipos	UHE	PCH
Operação	49	118
Construção	59	15
Planejada	88	127

RELATÓRIO SOBRE A SITUAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA AMAZÔNICA

sante quanto na bacia de acumulação, potencializando fenômenos erosivos; os casos de doenças de veiculação hídrica; (vii) alteração na temperatura da água (oxigênio dissolvido) e acidificação (pH); e (viii) retenção de fósforo e nitrogênio capazes de eutrofizar a jusante do reservatório (HYNES, 1979; HARPER, 1992; CMB, 2000; NAIME, 2012).

tra as Usinas Hidrelétricas (UHE) e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) da Bacia Amazônica e o quadro a seguir contabiliza essas estruturas, incluindo os projetos planejados, denotando o potencial de crescimento dessa atividade.



OLÍFERA

própria – RAISG, 2020), uma das zônica é a atividade petrolífera, que ia andina (Bolívia, Colômbia, Peru e petroleira ocorre principalmente o bruto para as grandes refinarias. risco de derramamento nos cursos

presentada na Figura 17, observam-se que a maioria das lavras são das categorias de menor escala e estão localizadas a sudoeste de la localidade de Cruz de La Sierra (Bolívia).

s derivados atinge tanto as águas longo prazo. Dentre os recentes na Amazônica, destacam-se:

- damente 500 barris na altura da do pela exploração de petróleo e Marañón;

overno do Peru declarar estado de derramamento de 3 mil barris de ento do principal oleoduto do país,

rios Napo e Coca, no Equador. O ais de 2 mil famílias indígenas e à água potável.

Legenda

 - Lotes Petrolíferos
 - Em exploração
 - Em exploração
 - Potencial
 - Solicitação

ústria petrolífera, não foram identificados pontos
gu de órgãos governamentais nessas regiões,
dados representa um risco, pois não permite o
omo a atividade impacta os recursos hídricos.

etos na água que, dependendo da concentração, "nousse" de petróleo causa danos à biota aquática, suas funções vitais. Também há o risco de intoxicação em contato com essas substâncias.

e exploração estão em sua maioria concentrados no Equador, mas também presentes no Peru, um tema polêmico na disputa territorial com as autoridades no Equador e Peru. Essas disputas ganharam destaque com o aumento de produtos derivados desse tipo de extração nas Corrientes, Pastaza, Tigre e Marañon em 2010. A presença desse tipo de indústria na região afeta a água e o acesso das pessoas, gerando disputas pela água.



Em ambientes com derramamento, o risco de solubilização das gelatinosas,

PRESSÕES SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS 23

7. ESGOTOS DOMÉSTICOS E RESÍDUOS SÓLIDOS

setor de saneamento básico, mais especificamente os eixos relativos aos esgotos domésticos e aos resíduos sólidos urbanos, constitui uma das pressões identificadas.

des de uma oferta hídrica abundante, a cobertura dos serviços públicos de água potável e saneamento na região amazônica é alarmante. Estima-se que cerca de 61% das pessoas que vivem na selva andino-amazônica não têm serviços de água potável e pelo menos 40% não têm serviços de esgoto. Toneladas de resíduos líquidos e sólidos são despejadas diretamente nos rios.

esgotos domésticos são ricos em matéria orgânica que, quando lançada nos corpos hídricos em grande quantidade, pode diminuir o oxigênio dissolvido, causando mortandade de peixes e tornando a água imprópria para consumo. Além disso, contêm substâncias como detergentes, nutrientes e produtos farmacêuticos, que alteram as características naturais dos corpos hídricos e podem trazer prejuízos à biota e à saúde humana.

que se refere aos resíduos sólidos, a poluição pode ser associada ao carreamento e

to - Peru | Banco de Imagens Adobe Stock



um elemento determinante

diversos impactos positivos a região. Segundo Oliveira

- com grande importância no maior alcance em regiões que possibilita às comunidades socioeconômicos, como por desenvolvidos; envolvimento regional, com harmoniosa das águas com demais modais, o transporte útil dos equipamentos e menores custos operacionais. São de novos polos urbanos, nível nacional, regional e

os, que é uma das principais impactos da navegação, com

ito de mitigação. O primeiro
forma de gases e óleos dos
nto de combustível e outros

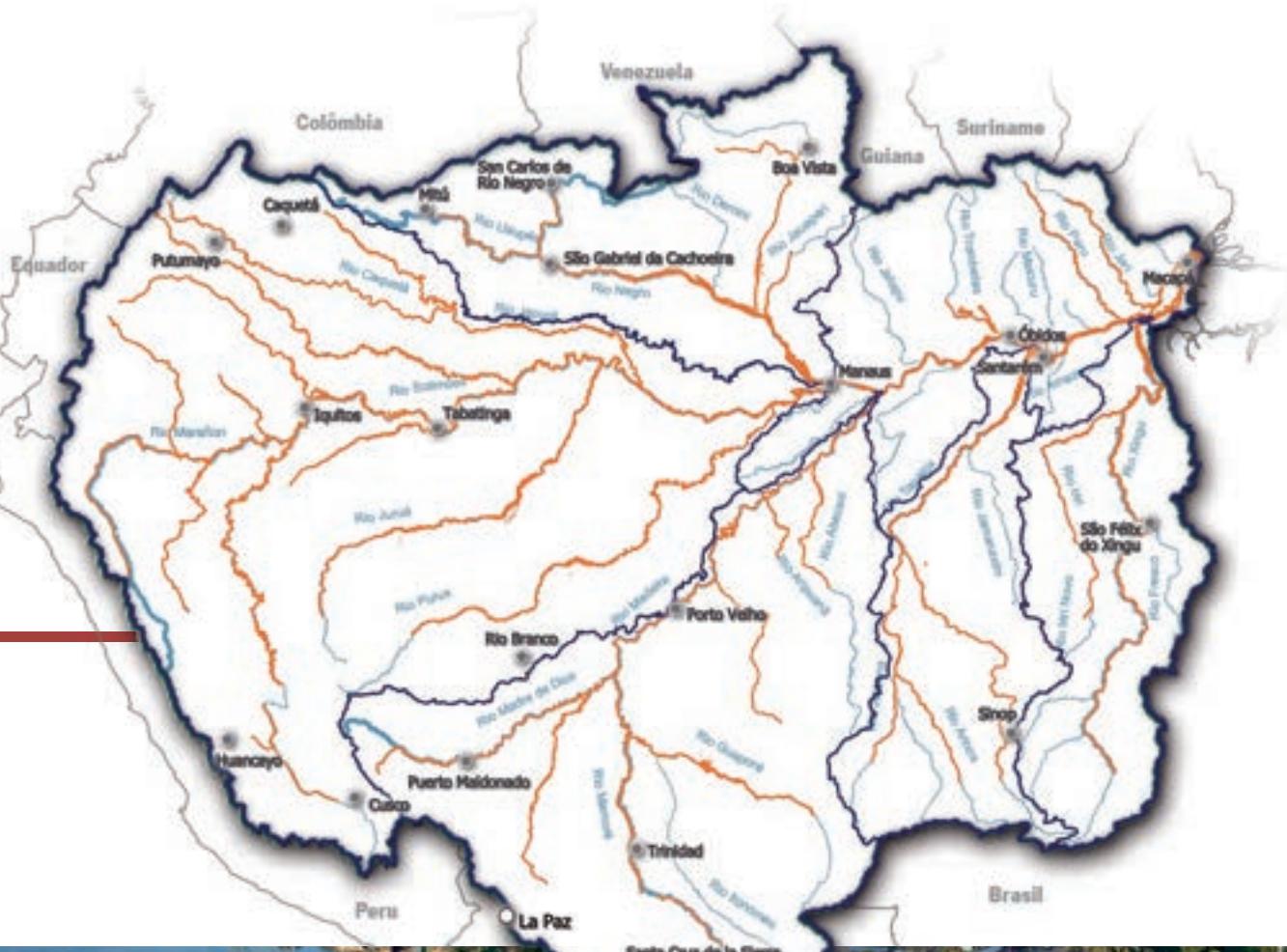
da navegação pode elevar
inundação e alterando as
físico-químicos; ou mesmo
incrementa a quantidade de
úquáticos.

migratórios e de reprodução
do Rio M

da pelo tráfego comercial de Itacoatiara até o Atlântico, graneleira. Além disso, há parte de águas de lastro, que qualidade dos corpos hídricos

Hidrovias na ônica

De OTCA (2021)



THE RIVER OF LIFE



3.9. MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As mudanças climáticas também podem ser consideradas pressões sobre a qualidade das águas amazônicas, apesar de ainda não ser possível relacioná-las de forma direta aos dados de monitoramento existentes.

As pressões apresentadas, mais especificamente as queimadas, o desmatamento e a pecuária, são algumas das atividades responsáveis pelo aumento da emissão dos gases de efeito estufa, que está diretamente relacionado às mudanças climáticas.

O bioma amazônico é caracterizado pelos elevados índices pluviométricos. No entanto, a região tem apresentado períodos de estiagem, que vêm se repetindo de forma peculiar e que estão relacionados às mudanças climáticas – foram registradas secas significativas nos anos de 2005 e 2010. Durante esses períodos, são observadas drásticas reduções dos níveis de oxigênio em igarapés e lagos, decorrentes da baixa renovação das águas.

Essa "água parada", com baixa oxigenação, é a principal causa da morte de peixes e outros organismos aquáticos, em grande quantidade. Por outro lado, a putrefação desses animais consome mais oxigênio, o que agrava ainda mais a situação. Nesse cenário, as populações ribeirinhas ficam com suas atividades econômicas e cotidianas dificultadas, além de se tornarem mais vulneráveis, com o comprometimento de sua subsistência (ANA, 2012).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês), por meio do Report AR6 lançado em 2021, aborda com mais precisão as simulações de mudanças climáticas. Com a diminuição das incertezas relacionadas às simulações, a

Seca na Amazônia | Banco de Imagens Adobe Stock



redução de emissões de gás carbônico debatida anteriormente entre os países precisa ser discutida de forma mais pragmática.

O relatório se baseia em cinco simulações de emissões, conjunto denominado CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6). São dois cenários de baixa emissão, um de média e dois de alta. As estimativas resultantes para a Amazônia e a bacia como um todo são alarmantes e demonstram que os possíveis cenários não podem mais ser comparados a ciclos climáticos naturais.

Ainda de acordo com o relatório, a Bacia Amazônica deve experimentar maior aridez, considerando a diminuição da umidade relativa global verificada desde o ano 2000 e projetando-se aumentos nos índices de evaporação, que consequentemente gera menor umidade do solo.

Outra previsão alarmante refere-se à temperatura, já que o relatório afirma que o número de dias por ano com temperatura excedente a 35 °C pode aumentar em mais de 150 dias no ano até o final do século.

Para a América do Sul de forma integral, projeta-se que a precipitação média mude em um padrão de dipolo com aumentos no noroeste e sudeste e diminuições no nordeste e sudoeste. Está previsto ainda aumento na velocidade dos ventos, o que pode tornar região amazônica uma área de potencial eólico.

Apesar do relatório ter apontado que parte da cobertura vegetal global teve um aumento de 7% entre os anos 1982-2016, na Amazônia foi constatada uma "área de escurecimento", ou seja, área que, ao contrário da tendência mundial, tem vivenciado diminuição da massa verde.

O aumento da temperatura intensifica a evaporação, eleva a temperatura da água, compromete a vida aquática e diminui a oxigenação, que altera o equilíbrio físico-químico dos corpos hídricos, além de poder ocasionar a mortandade dos organismos aquáticos. Essa baixa oxigenação é mais intensa nos períodos recorrentes de secas citados.

A tendência de perda de cobertura vegetal reforça o cenário de alteração do equilíbrio natural dos corpos hídricos, ressaltado pelo fato de que a floresta é fundamental para a manutenção das áreas inundáveis, tão características da bacia.

As alterações de temperatura e precipitação na Bacia Amazônica afetam diretamente os denominados "rios voadores", que são caracterizados pela grande massa atmosférica gerada pela evapotranspiração proveniente da densa floresta amazônica, e responsáveis pelo macro ciclo hídrico, que é fundamental para a manutenção do correto regime pluviométrico de toda a porção à leste dos Andes da América Latina, afetando, portanto, as demais bacias hidrográficas e biomas vizinhos.



4. ESTADO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Índices de qualidade da água

Os índices de qualidade da água representam a composição de um indicador a partir de dados de monitoramento de diferentes parâmetros, com o objetivo de facilitar a interpretação dos dados. Três dos oito Paises Membros da OTCA apresentaram informações quanto à utilização de índices de qualidade da água: Brasil, Colômbia e Peru. Cada um tem metodologia própria de cálculo do indicador e de aplicação em termos de avaliação da qualidade da água. Dessa forma, neste primeiro Relatório sobre a situação da qualidade da água na Bacia Amazônica não foi definido nenhum índice único para a avaliação da qualidade da água, visto as diferentes metodologias e parâmetros monitorados pelos países. A metodologia de cálculo e os índices apresentados pelos três países estão descritos no Contexto sobre a situação da qualidade da água nos países da Bacia Amazônica e no Diagnóstico e linha de base sobre a qualidade das águas superficiais da Bacia Amazônica, deste estudo.

A fim de caracterizar a qualidade da água quanto à poluição orgânica e dada a baixa disponibilidade de dados relativos ao monitoramento dos indicadores desse tipo de poluição, foi elaborado um Indicador Potencial de Poluição Orgânica (IPPO), mostrado na sequência.

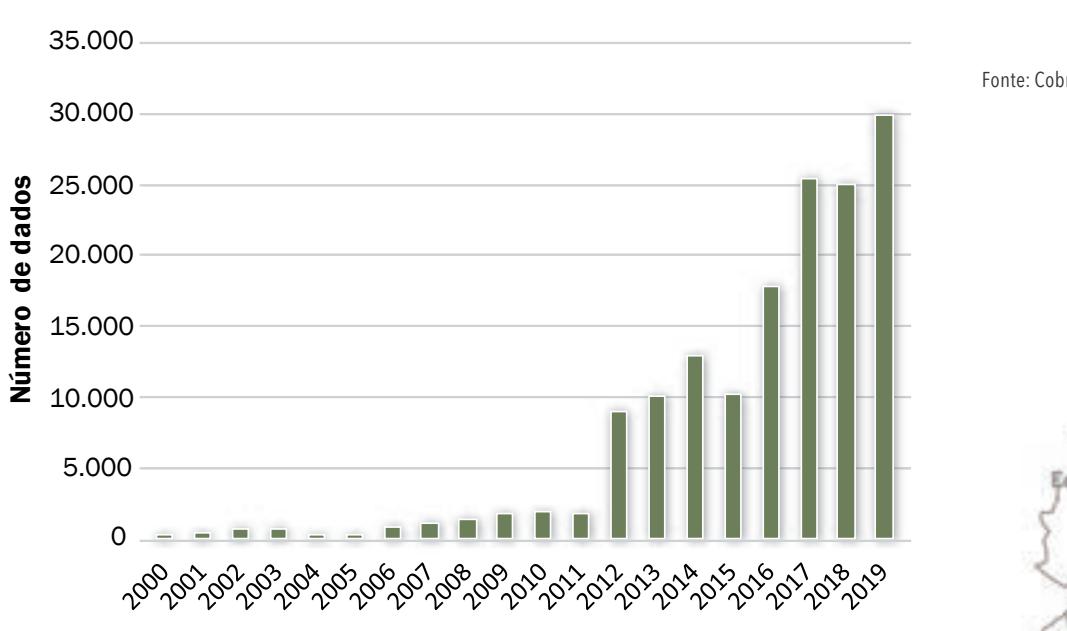
Destaca-se que os resultados da avaliação da qualidade da água foram obtidos com base nos dados oriundos do monitoramento realizado pelos Países Membros e disponibilizados para este estudo, o que exclui Equador, Guiana, Venezuela e Suriname.

A metodologia adotada para a avaliação do "Estado" leva em consideração os padrões legais de qualidade da água dos Países Membros da OTCA. Dessa forma, foram considerados os limites legais de cada país associados ao uso da água para abastecimento público e proteção e conservação dos ambientes aquáticos. No caso de haver diferentes limites, eles foram divididos entre mais e menos restritivos.

Dados de monitoramento da qualidade da água

A avaliação da qualidade da água para o relatório foi alicerçada nos dados de monitoramento recebidos da Bolívia, Brasil, Colômbia e Peru. A Figura 19 apresenta um resumo do número destes dados de monitoramento de qualidade da água, os quais se referem ao período de 2000 a 2019⁵. É possível observar aumento significativo nos últimos três anos, que está relacionado sobretudo ao monitoramento na Bolívia, iniciado nesta bacia apenas em 2016.

Figura 19. Dados de monitoramento de qualidade da água disponíveis por ano

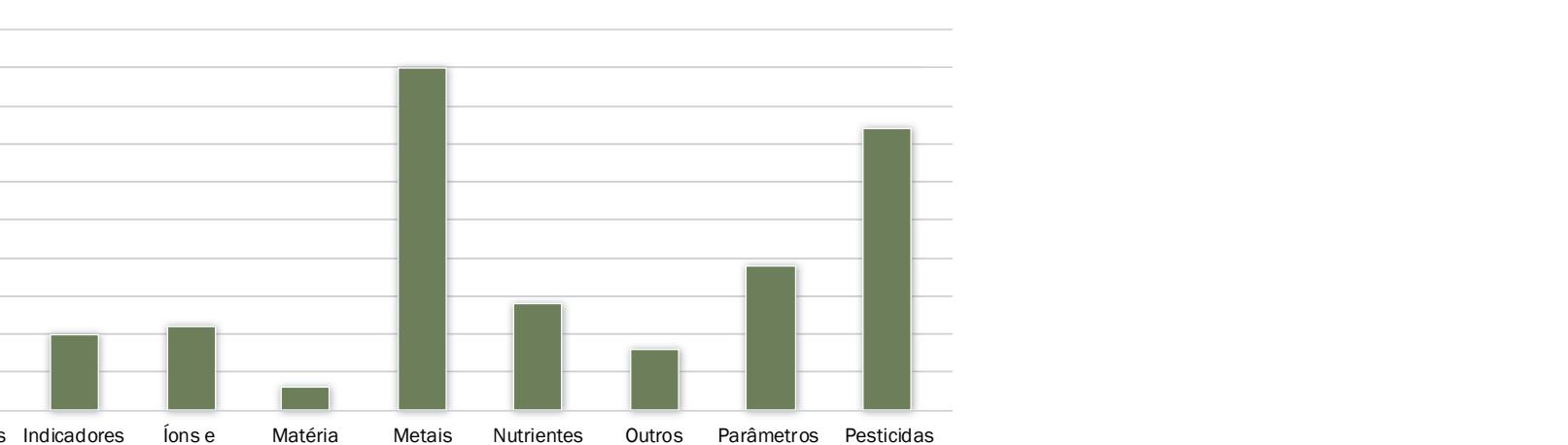


Os dados recebidos totalizam o monitoramento de 161 parâmetros distintos distribuídos em categorias conforme a Figura 20, com variação desses parâmetros por ponto de monitoramento, mesmo dentro de um mesmo país. Embora as categorias metais e pesticidas apresentem mais parâmetros, são monitoradas majoritariamente no Peru, país que mais apresentou dados.

Os parâmetros mais monitorados em termos de distribuição espacial são os da categoria denominada *in situ*, que representam os determinados em campo, dentre os quais destacam-se o pH – parâmetro mais monitorado por todos os países –, oxigênio dissolvido, temperatura, turbidez e sólidos.

⁵Destaca-se que o Equador não forneceu os dados de monitoramento, a Guiana e a Venezuela não monitoram a Bacia Amazônica em seu território e o Suriname não possui corpos d'água na bacia.

Figura 20. Parâmetros monitorados por categoria



Fonte: Cobrapi (2021), adaptado dos dados recebidos dos Países Membros.

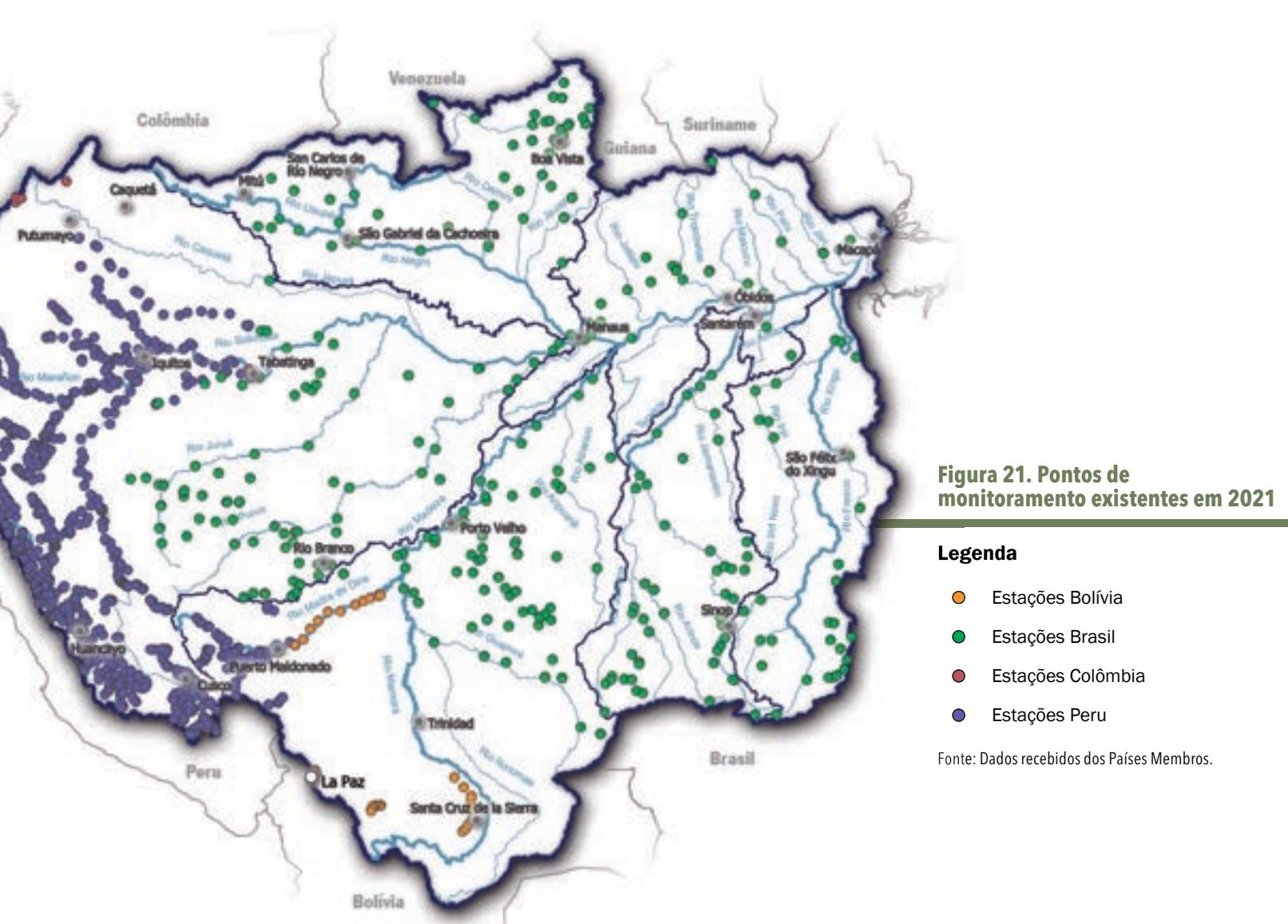
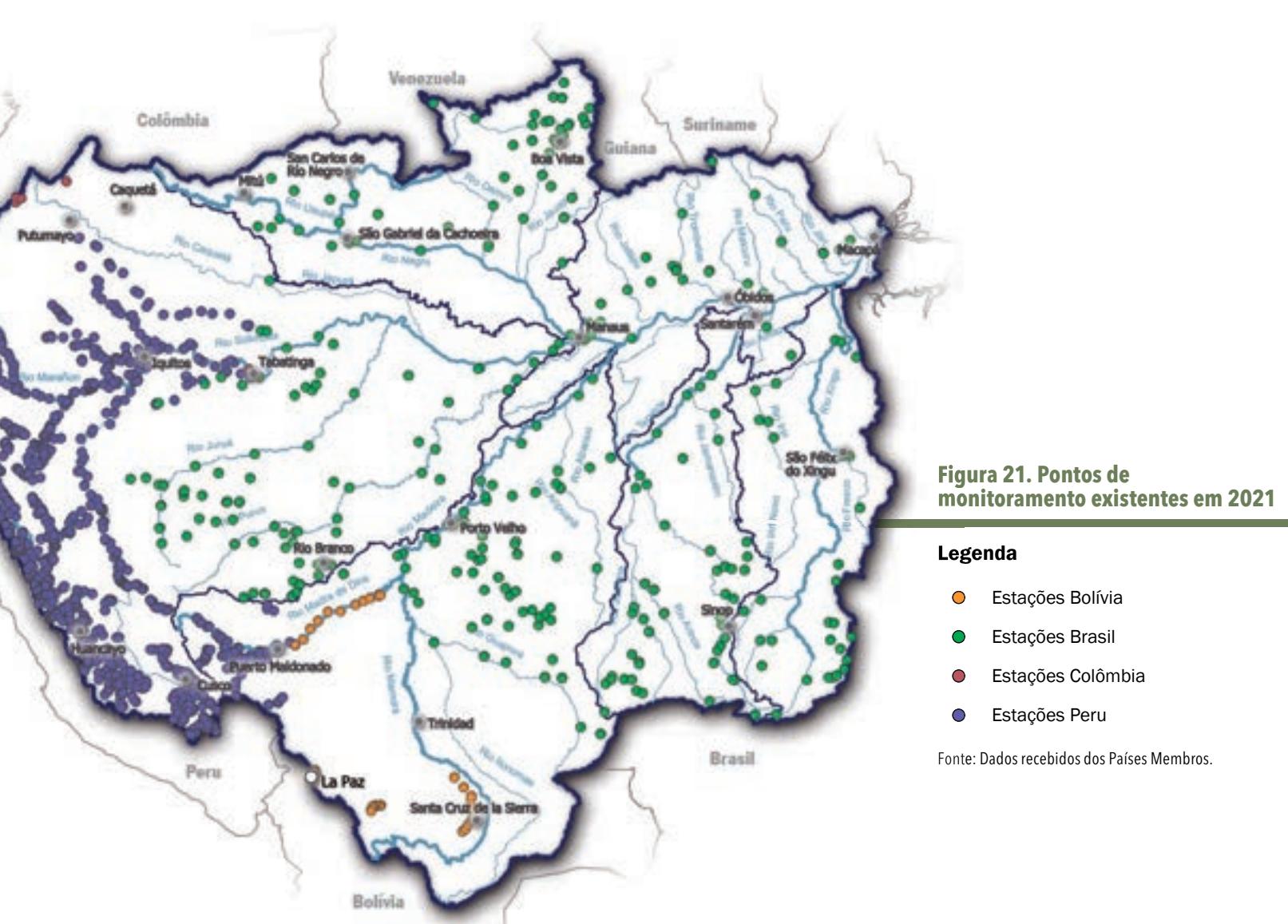
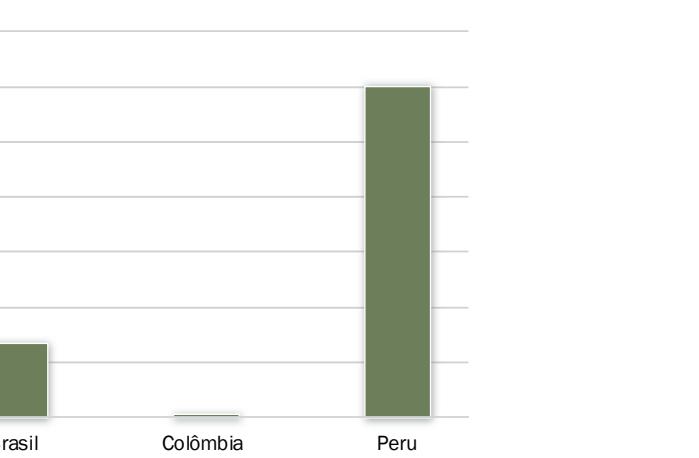


Figura 22. Dados monitoramento de qualidade da água disponíveis por país



Fonte: Cobrapi (2021), adaptado dos dados recebidos dos Países Membros.

A totalidade dos dados recebidos (Figura 22) é proveniente dos 1.938 pontos de monitoramento apresentados na Figura 21, com destaque por país.

Eles passaram posteriormente por um processo de consolidação, de forma a excluir pontos com localizações equivocadas e sem monitoramento dos parâmetros selecionados para o período de análise, resultando em 705 estações. Conforme a Figura 23, elas foram distinguidas entre as que apresentaram dados apenas para o ano de 2019 e as que possuíam um período mínimo de sete anos de dados.

Outros dados de monitoramento

Devido à grande extensão do território amazônico e aos elevados custos de monitoramento convencional, alternativas tecnológicas têm sido buscadas para suprir a necessidade do monitoramento hidrológico em sua escala temporal e espacial.

A ANA/Brasil, em parceria com o órgão de pesquisa francês *Institut de Recherche pour le Développement* (IRD), desenvolveu desde 2009, por meio de convênio com a Agência Brasileira de Cooperação, o Projeto de Cooperação Técnica Monitoramento Espacial Hidrológico de Grandes Bacias (Projeto MEG-HIBA). O projeto consiste na obtenção de dados hidrológicos coletados a partir de sensores de satélites, denominados "estações virtuais". Por meio desses radares, foram desenvolvidas estimativas de nível de rios e reservatórios e informações para a avaliação da qualidade da água. Esses resultados são disponibilizados no portal Hidrosat⁶. Os dados do Hidrosat para a Bacia Amazônica contam com informações de concentração de sedimentos em suspensão para 15 estações entre 2000 e 2021.

Projeto similar é desenvolvido por meio do Serviço de Observação SO-Hybam (Hidro-Geodinâmica Atual da Bacia Amazônica)⁷, em operação desde 2003, em oito países, com parceiros científicos e técnicos do Brasil, França, Venezuela, Colômbia, Equador, Peru, Bolívia e Congo. O SO-Hybam fornece dados do ciclo da água para a região da Bacia Amazônica por meio de bancos de dados online e de documentos que disponibilizam todo o conteúdo que o observatório gerou desde a sua criação. O monitoramento conta com 13 estações localizadas na área de interesse da BHA e os parâmetros analisados são organizados entre as categorias: físicos (temperatura, condutividade elétrica), químicos (totalizando 46 parâmetros diferentes analisados, incluindo pH).

⁶hidrosat.ana.gov.br.

⁷hybam.obs-mip.fr.



A partir dos dados consolidados, a análise da qualidade da água na Bacia Amazônica foi baseada em três aspectos:

- Análise da situação atual: representada pela média dos dados monitorados por estação em 2019, considerando as características hidrogeoquímicas definidas por Ríos-Villamizar *et al.* (2020) e os limites legais de cada país;
 - Análise da tendência: foi verificado se no período de sete anos de monitoramento ocorreu aumento, redução ou estabilidade nos valores monitorados, o que pode indicar que a condição da qualidade da água piorou, melhorou ou manteve-se constante no período;
 - Indicador Potencial de Poluição Orgânica (IPPO): definido com base na estimativa da matéria orgânica oriunda dos efluentes domésticos urbanos. Foi realizada uma estimativa das concentrações resultantes da diluição pelos rios amazônicos da carga de DBO gerada pela população urbana. Essas concentrações foram comparadas com os limites definidos na legislação dos países que contemplam esse parâmetro, para água destinada ao abastecimento público e proteção e conservação dos ambientes aquáticos, seguindo a definição de água de boa qualidade dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. Ressalta-se que o IPPO proposto é específico para a Bacia Amazônica, considerando a legislação vigente nos Países Membros da OTCA, não devendo ser aplicado a outras bacias e em situações de alteração das legislações. Essa compatibilização resultou nas categorias de qualidade da água apresentadas na Tabela 2;

Tabela 2. Categorias do Indicador Potencial de Poluição Orgânica (IPPO)

Categoría	IPPO	Interpretación
Ótima	≤ 1	A vazão do rio é suficiente para diluir a carga recebida e ficar com a concentração de DBO de até 5 mg/L
Boa	$1 < \text{IPPO} \leq 2$	O rio precisaria de vazão até 2 vezes maior que a atual para diluir a carga recebida e ficar com a concentração de DBO de até 5 mg/L
Regular	$2 < \text{IPPO} \leq 4$	O rio precisaria de vazão entre 2 e 4 vezes maior que a atual para diluir a carga recebida e ficar com a concentração de DBO de até 5 mg/L
Ruim	$4 < \text{IPPO} \leq 8$	O rio precisaria de vazão entre 4 e 8 vezes maior que a atual para diluir a carga recebida e ficar com a concentração de DBO de até 5 mg/L
Péssima	> 8	O rio precisaria de vazão maior que 8 vezes a atual para diluir a carga recebida e ficar com a concentração de DBO de até 5 mg/L

Foram analisados dez parâmetros de qualidade da água: condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), fósforo, nitroto, oxigênio dissolvido (OD), pH, sólidos dissolvidos totais e turbidez. Entre eles, destacam-se a condutividade elétrica e o pH, com mais dados de monitoramento na bacia e diretamente relacionados às características hidrogeoquímicas das águas amazônicas, e o oxigênio dissolvido (OD), consumido no processo de estabilização da matéria orgânica.

Dos dez parâmetros analisados na elaboração do **Relatório sobre a situação da qualidade da água na Bacia Amazônica**, são apresentados a seguir os resultados principais de três deles (condutividade, pH, oxigênio dissolvido), dada a representatividade dos dados e a sua relação com as características hidrogeoquímicas. Adicionalmente é apresentado o resultado do IPPO estimado para BHA e as considerações acerca dos metais, visto que a mineração é uma das maiores pressões identificadas.

UTIVIDADE ELÉTRICA

A Águas Brancas (condutividade entre 100 e 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$) foram relatadas em duas estações, ambas localizadas no rio Solimões.

- utividade <20 $\mu\text{S}/\text{cm}$): três estações na sub-bacia Marañon/Solimões em regiões inundáveis e com focos de desmatamento, com nível de condutividade superior ao esperado para essa categoria de água. Na sub-bacia Baixo Amazonas, três apresentaram valores médios abaixo do esperado para a categoria;

As estações do Tipo A (condutividade média de 18,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$): a maioria das estações dessa categoria localizadas na sub-bacia Vaupés/Siapa/Negro/Madre de Dios, com nível de condutividade superior ao esperado. Situação identificada em uma estação no rio Teles Pires, sub-bacia Tapajós, e em uma na sub-bacia Xingu. Nesses casos, as áreas de drenagem dessas estações contam com desmatamento e atividade agrícola. Na sub-bacia Baixo Amazonas, algumas estações apresentaram valores médios abaixo do esperado, embora tenham sido identificados níveis de desmatamento. Valores bastante abaixo do esperado foram verificados em rios de cabeceira da sub-bacia Xingu, apesar da intensa exploração mineral.

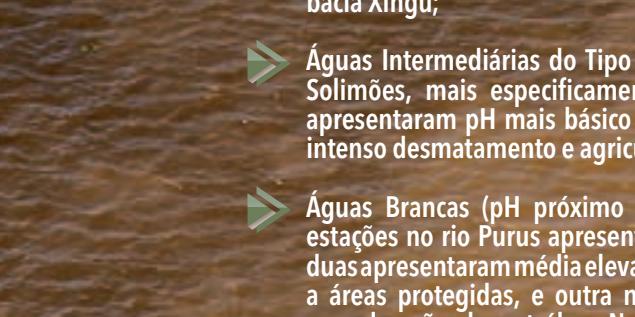
As estações do Tipo B (condutividade média de 21,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$): essa categoria engloba a sub-bacia Marañon/Solimões, na qual apenas uma estação apresentou nível muito acima do esperado, o que pode ser associado ao desmatamento que ocorre na região;

verificados em dez estações no rio Piraí, numa região de intensa urbanização da cidade de Santa Cruz de La Sierra;

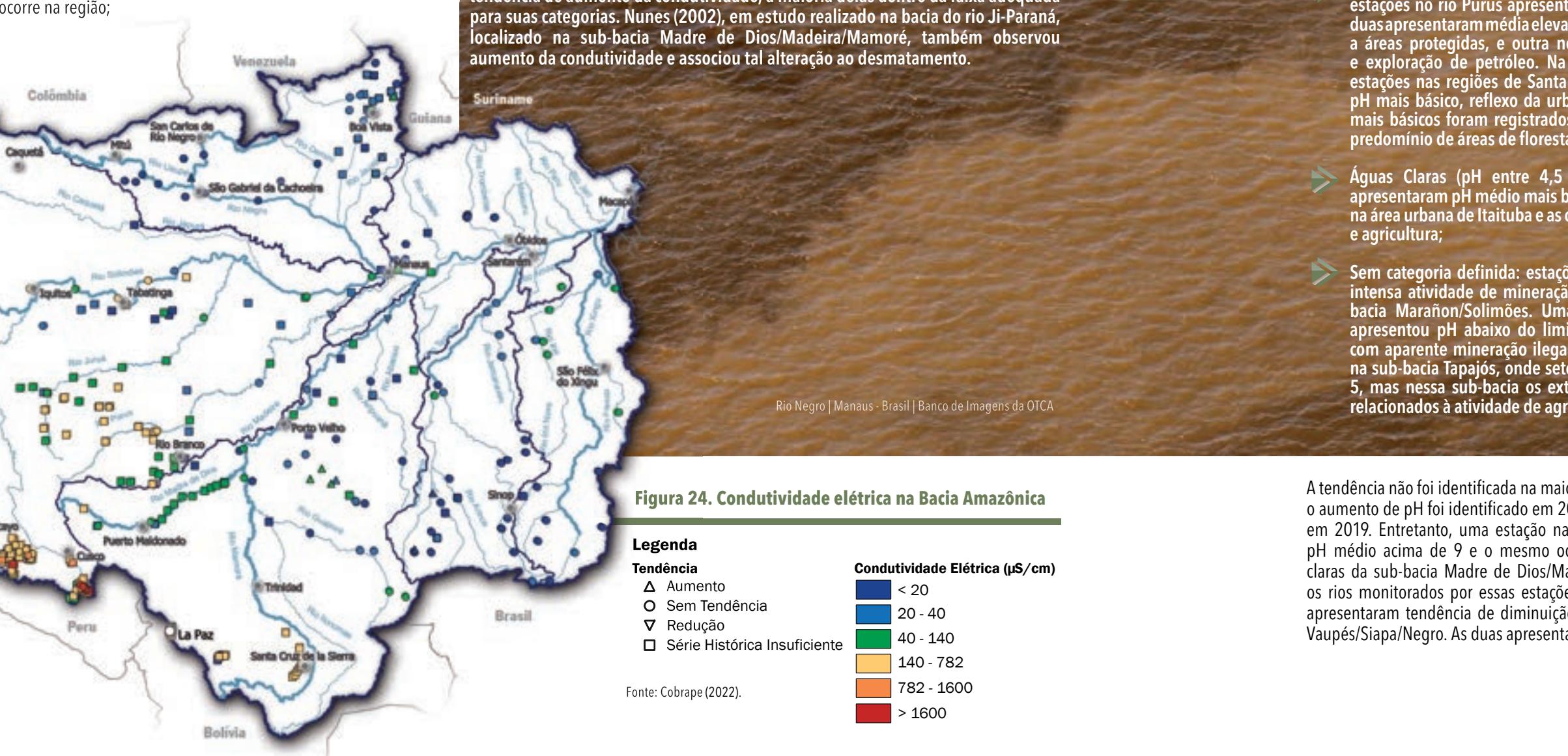
➤ Águas Claras (condutividade entre 5 e 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$): a maioria das estações localizadas em rios dessa categoria apresentaram valores médios compatíveis com a faixa de valores esperada. As exceções ocorreram em duas da sub-bacia Madre de Dios/Madeira/Mamoré, que apresentaram condutividade média superior a 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Essas estações estão localizadas em trechos próximos à transição de categorias, nos rios Mamoré e Guaporé;

➤ Sem categoria definida: sete estações na sub-bacia Marañon/Solimões apresentaram valores superiores ao limite legal, 1.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nas quais a atividade mineral legal e ilegal foi identificada como maior pressão.

A maioria das estações com dados suficientes para a análise de tendência indicaram comportamento estacionário. Foi identificada tendência de diminuição em quatro estações na sub-bacia Marañon/Solimões e em uma na sub-bacia Madre de Dios/Madeira/Mamoré. Três dessas estão em rios de águas brancas e uma delas apresentou valor médio abaixo do esperado já em 2019. Estações nas sub-bacias Vaupés/Siapa/Negro, Madre de Dios/Madeira/Mamoré e Tapajós apresentaram tendência de aumento da condutividade, a maioria delas dentro da faixa adequada para a categoria. No entanto, a análise das estatísticas de regressão (Tabela 1) indica que a maioria das tendências de aumento da condutividade é estatisticamente significativa, o que sugere que a elevação da condutividade é real e não resultado de erros sistemáticos ou aleatórios.



- Águas Intermediárias do Tipo Solimões, mais especificamente, apresentaram pH mais básico com intenso desmatamento e agricultura.
- Águas Brancas (pH próximo a 7), as estações no rio Purus apresentaram duas médias elevadas, uma em áreas protegidas, e outra no trecho entre o Pará e o Amazonas. No trecho entre o Pará e o Amazonas, o pH caiu de 7,5 para 6,5.



a sub-bacia Marañon/Solimões, parte das médias próximas ao geral, as médias encontradas nos os países e de acordo com o seguintes exceções:

- stações na sub-bacia Marañon/ e o esperado para águas pretas. próximo a pequenos núcleos 5,9): a maioria das estações em gro apresentaram pH mais mais em áreas com intensa atividade s Tapajós e Xingu, destacando-ssas sub-bacias ocorre intensa ilegal, principalmente na sub- le 6,1): na sub-bacia Marañon/ do rio Purus, muitas estações rado. Elas estão em regiões de acacia Marañon/Solimões, duas os de pH abaixo do esperado e situada no rio Marañon, próximo nde ocorrem áreas inundáveis d'andre de Dios/Madeira/Mamoré, erra e de La Paz apresentaram s atividades correlatas. Valores no rio Aripuanã, onde ocorre o esença da agropecuária;

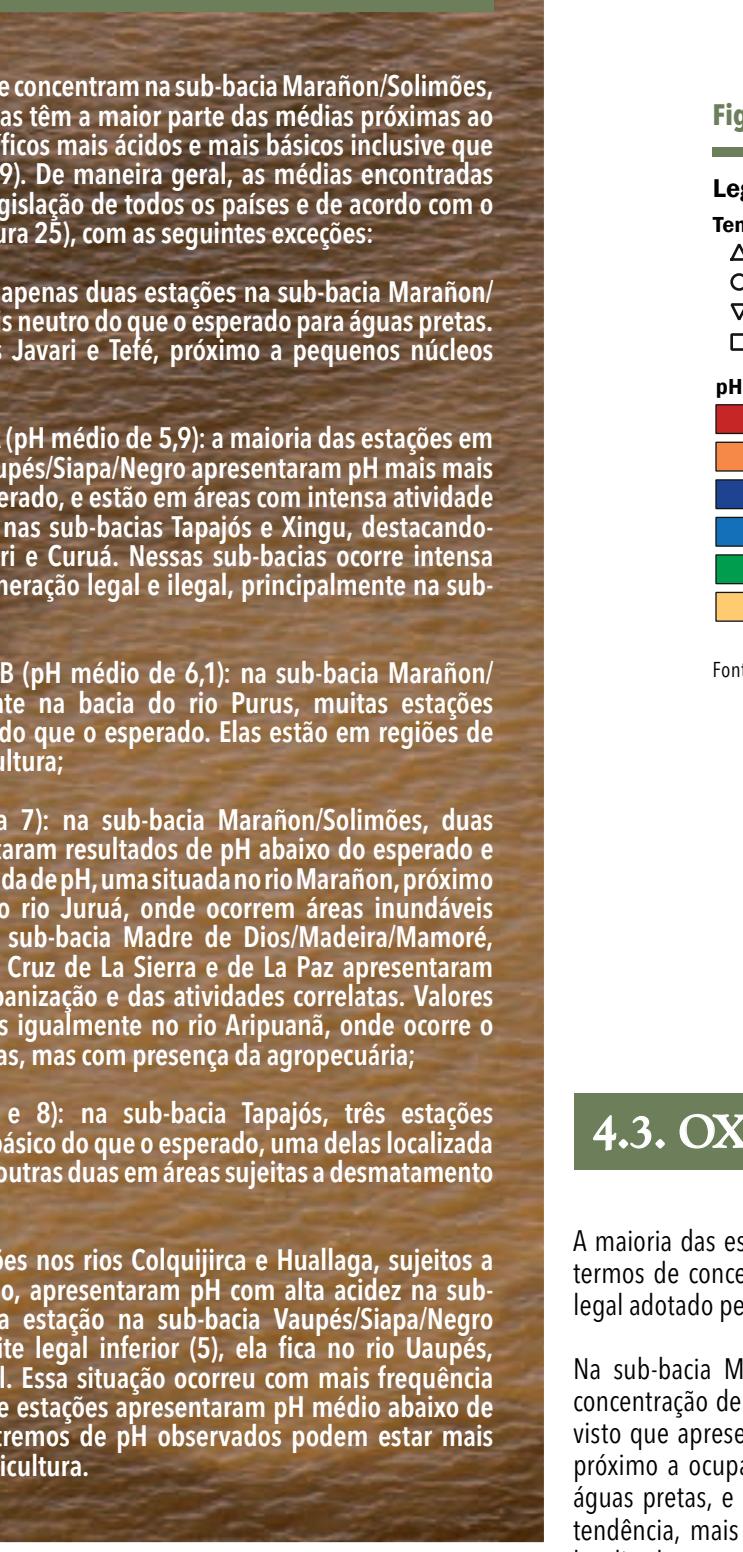
bacia Tapajós, três estações esperado, uma delas localizada áreas sujeitas a desmatamento

Iquijirca e Huallaga, sujeitos a m pH com alta acidez na sub- sub-bacia Vaupés/Siapa/Negro or (5), ela fica no rio Uaupés, o ocorreu com mais frequência sentaram pH médio abaixo de observados podem estar mais

A maioria das es termos de conce legal adotado pe

Na sub-bacia M concentração de vistos que aprese próximo a ocup

s com dados disponíveis, porém, a maioria indicou média de pH neutro para o Amazonas havia apresentado um aumento nas estações em rios de águas amarelas. Nesse caso, pode-se dizer que houve um desvio do padrão natural. Duas estações estavam na sub-bacia Tapajós e outra na sub-bacia Xingu, com pH neutro em 2019.



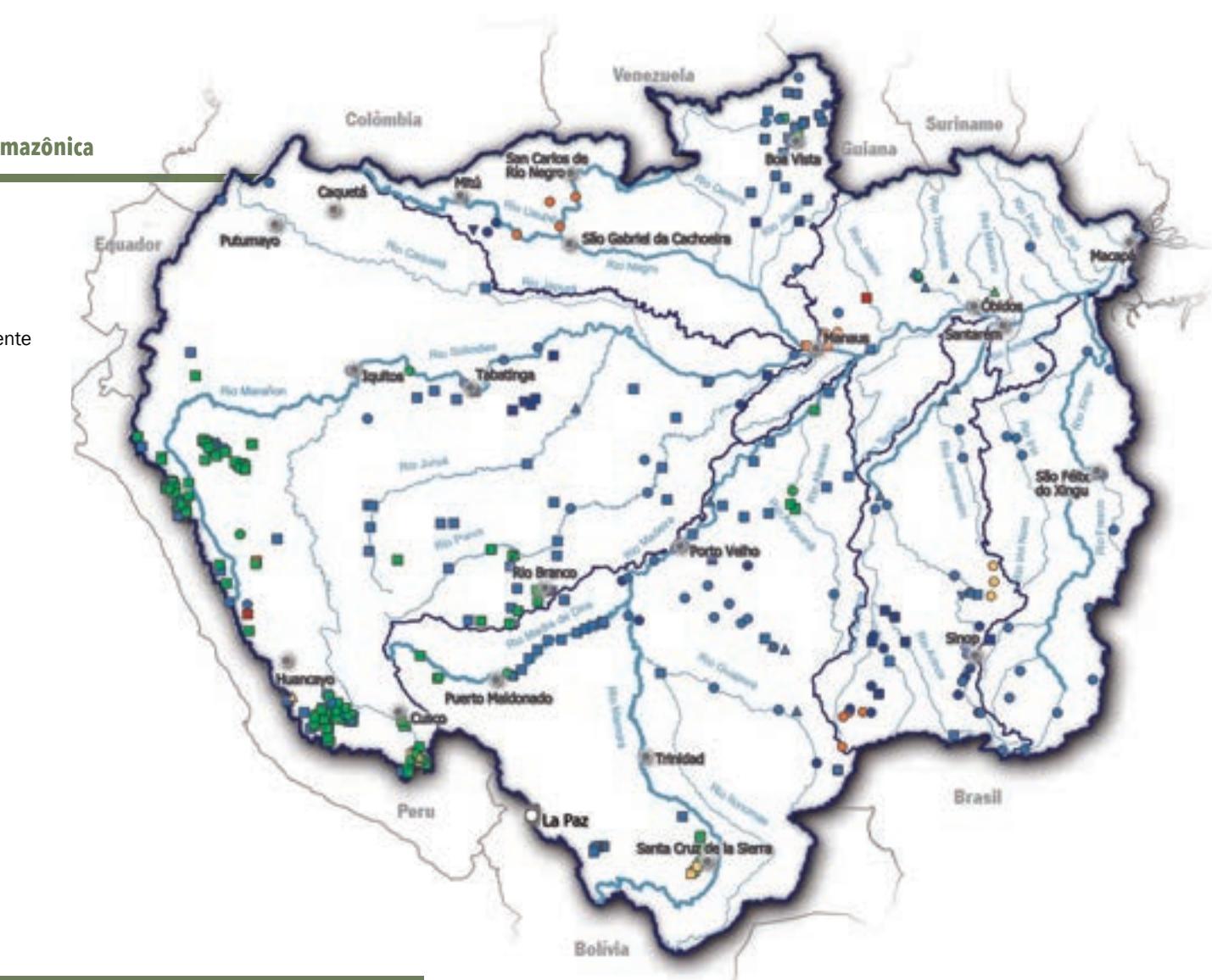
5. pH na Bacia Amazônica

1

Putumay



1



ÊNIO DISSOLV

Baixas concentrações médias de OD em 2019 foram encontradas nas estações localizadas no rio Amazonas. As duas com concentrações inferiores ao limite legal ficam a jusante de Manaus, próximas a alguns povoados, mas numa região sujeita a inundações, o que pode

n/Solimões, duas estações indicaram quatro de redução, configurando uma média abaixo dos 5 mg/L em 2019. Urbanas e em zonas inundáveis, uma mais no rio Solimões, de águas brancas apresentaram média de OD abaixo de 5.

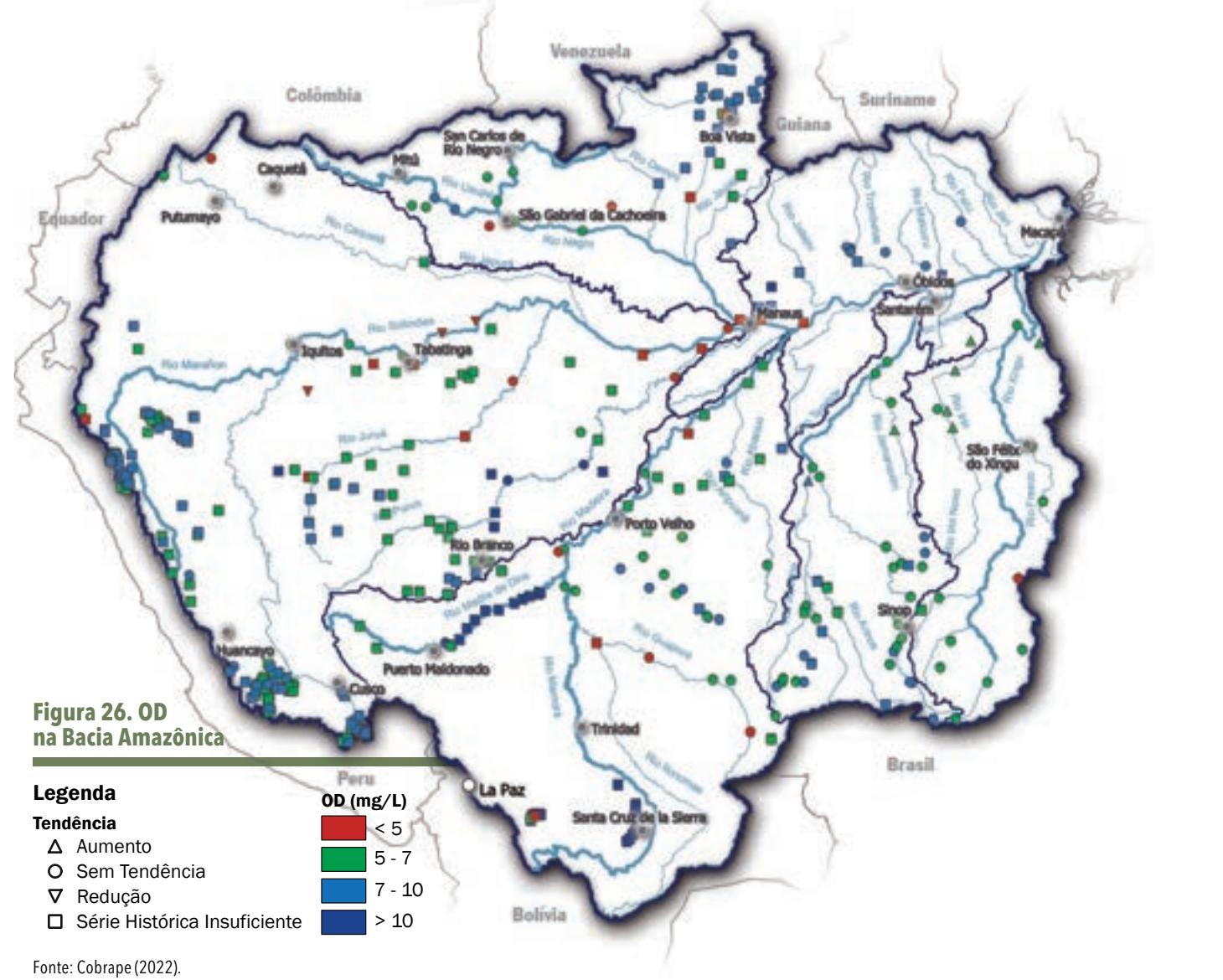
tendência de aumento na situação mais preocupante, Todas essas estações estão localizada no rio Javari, de s. Além dessas quatro com contribuir para as baixas concentrações.

Na sub-bacia Madre de Dios/Madeira/Mamoré apenas seis estações estão com situação crítica de OD, três delas localizadas no rio Guaporé, uma no rio Abuña, uma no rio Marmelo, afluente do Madeira, e uma no rio Rocha em Cochabamba, embora, nesse caso, as outras estações próximas, no mesmo rio, apresentem valores acima de 40 mg/L de OD.

Apenas uma estação na sub-bacia Tapajós apresenta baixa concentração de OD, localizada no rio Arinos, próximo a áreas naturais protegidas, mas sujeitas a inundações, o que pode ser a causa desse valor, visto que as outras estações desse rio apresentam resultados melhores para o parâmetro.

Na sub-bacia rio Xingu, apenas uma estação indicou concentração inferior a 5 mg/L, sendo, portanto, crítica. Está localizada no rio Comandante Fontoura, de característica Intermediária do tipo A, em uma região de intensa atividade agrícola.

Fonte: Cobrapi (2022).



4.4. INDICADOR POTENCIAL DE POLUIÇÃO ORGÂNICA (IPPO)

Conforme Figura 27, a maior parte da BHA apresentou IPPO compatível com a categoria "ótima", o que era esperado, pois ele é estimado com base na população, que está adensada em pontos específicos, resultando no destaque das maiores áreas urbanas como regiões com péssima qualidade da água. Dentre elas sobressaem-se Santa Cruz de La Sierra, maior área com IPPO com péssima qualidade na BHA, localizada na sub-bacia Madre de Dios/Madeira/Mamoré, na qual se destaca também a cidade boliviana de Cochabamba e as cidades brasileiras Rolim de Moura, Cacoal e Espigão d'Oeste.

Na sub-bacia Marañon/Solimões, Tapajós e Xingu, pequenas regiões apresentaram IPPO de péssima qualidade, com evidência para Rio Branco, Sinop e Altamira, no Brasil. Uma

área maior de criticidade, com IPPO péssimo e ruim, é vista na sub-bacia Baixo Amazonas, próximo ao rio Curuá, nos municípios paraenses de Obidos, Curuá e Alenquer. Na sub-bacia Vaupés/Siapa/Negro, regiões com IPPO péssimo e ruim são observadas principalmente em Boa Vista e Manaus. Sobre esse município, cabe ressaltar que é o que possui maior população, mas com uma mancha relativa à criticidade aparentemente pequena porque a área urbana de Manaus está em duas sub-bacias diferentes: Vaupés/Siapa/Negro e Baixo Amazonas. Ademais, dentro da metodologia empregada, a localização da maioria da população manauense coincide com o rio Negro, cuja vazão é bastante elevada e facilita a diluição do esgoto. Contudo, parte dos igarapés e pequenos corpos d'água que cortam o município apresentam situação crítica em termos de poluição por efluentes.

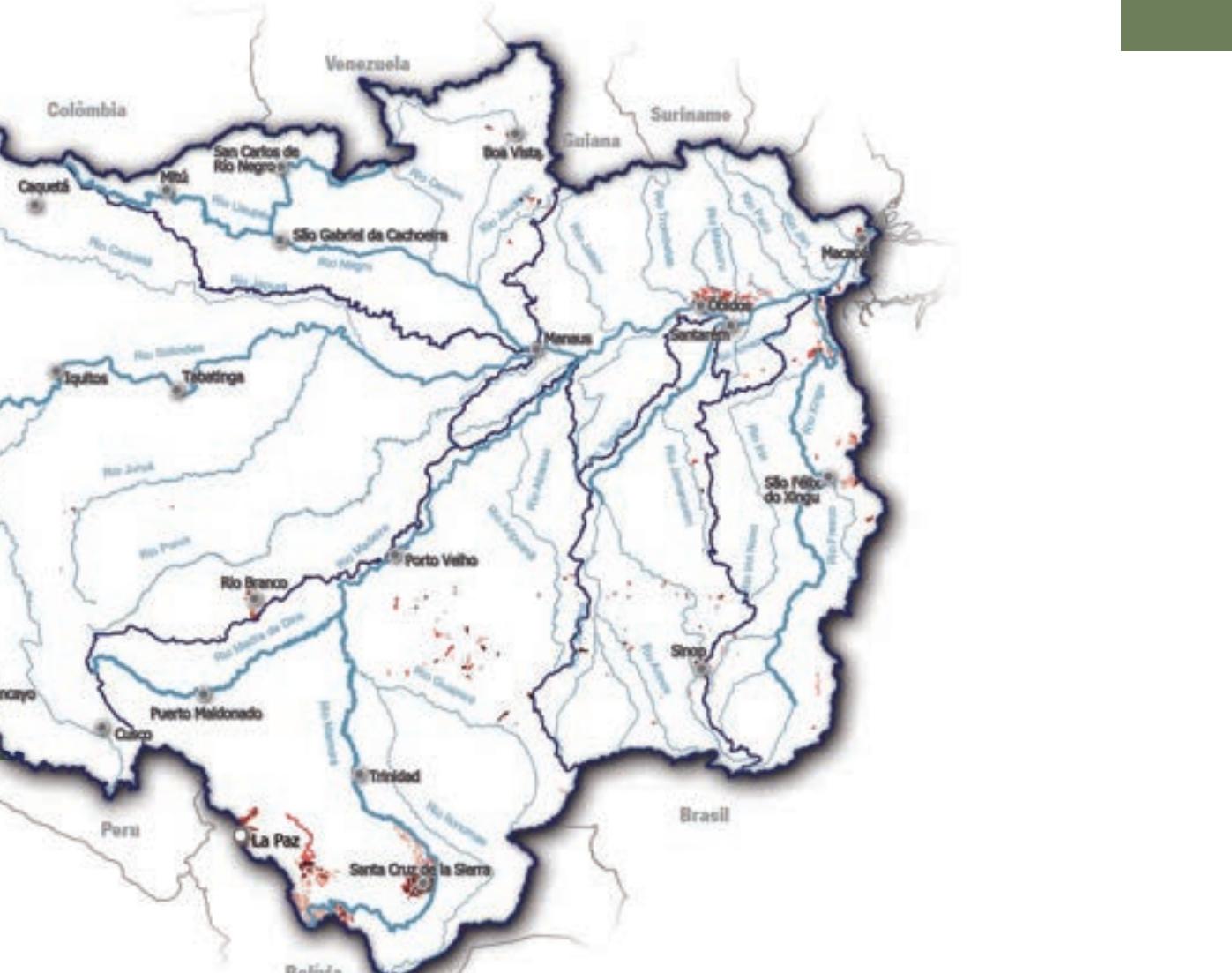
Figura 27. IPPO na Bacia Amazônica

Legenda

Situação

- 0 - 1 Ótima
- 1 - 2 Boa
- 2 - 4 Regular
- 4 - 8 Ruim
- > 8 Péssima

Fonte: Cobrapi (2022).



4.5. METAIS

A mineração foi uma das pressões que mais se destacou na BHA. Algumas estações para análise de qualidade da água indicaram sofrer influência dessa atividade e os metais são os parâmetros que mais diretamente poderiam indicar esse impacto. Contudo, apenas o Peru monitora metais e, portanto, essas informações estão disponíveis apenas para os rios das sub-bacias Marañon/Solimões e Madre de Dios/Madeira/Mamoré.

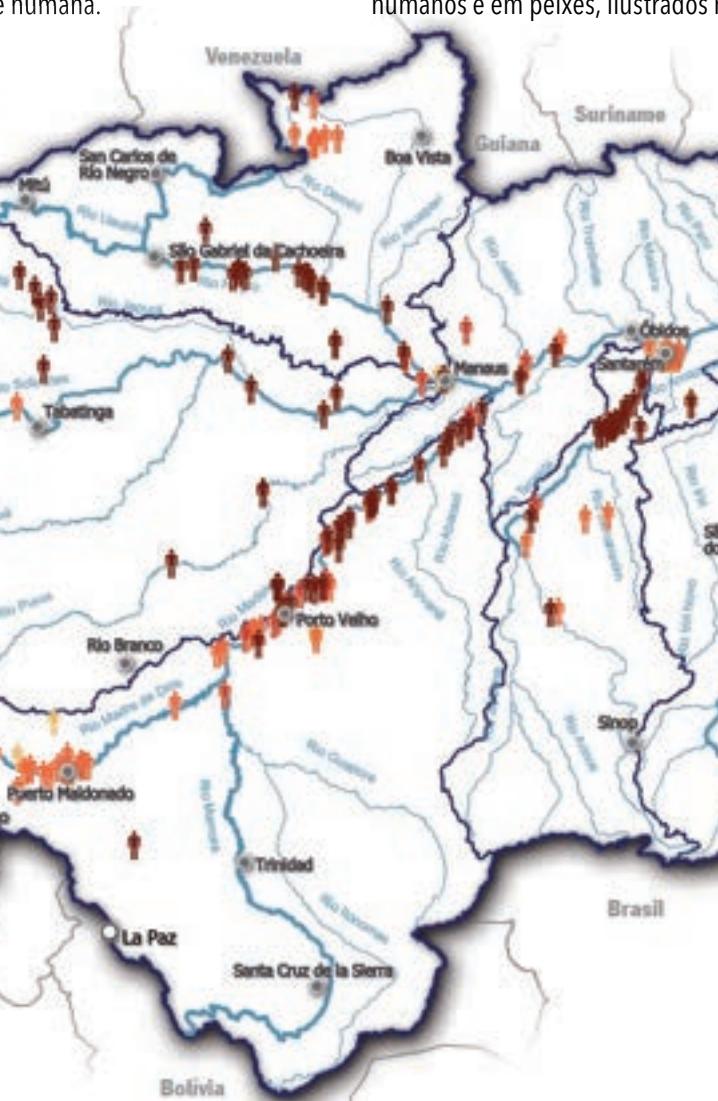
O mercúrio (metal) e o arsênio (semi-metal - metalóide) foram analisados em termos de média em 2019 e da tendência. Destaca-se que esses metais estão entre os que apresentam baixa solubilidade e por isso apresentam baixas concentrações nas águas superficiais. Apesar de baixas, elas podem ter efeitos nocivos nos organismos aquáticos, especialmente em peixes e demais organismos superiores da cadeia alimentar. Isso porque os organismos vivos não metabolizam esses metais, assim, qualquer concentração pode ser considerada prejudicial (VON SPERLING, 2005). Além disso, pelo fato de não serem metabolizados ou excretados, ocorre o processo de bioacumulação, em que o organismo sempre exposto a essa substância tem a concentração aumentada no decorrer da vida. De acordo com Cain *et al.* (2018), a bioacumulação pode levar a um aumento na concentração desses compostos em animais do topo da cadeia alimentar, à medida que animais de cada nível trófico consomem presas com concentrações mais altas, processo conhecido como biomagnificação.

O observatório analisa que, apesar do mercúrio ser de venda controlada no Brasil, isso não acontece em todos os países. Ele é contrabandeado pelos garimpeiros para a captura de ouro e lançado de forma inadequada no solo, água e ar. O mercúrio se torna ainda mais tóxico em contato com micro-organismos, quando se transforma em metilmercúrio, contaminando flora, fauna e se tornando nocivo à saúde humana.

Dessa forma, os resultados das médias monitoradas para esses parâmetros servem apenas como indicativo da presença ou não dessas substâncias na água. Estudos específicos acerca da concentração de metais nos organismos vivos são mais representativos dos efeitos danosos da mineração sobre a qualidade da água e a saúde humana.

A ferramenta criada pelo Observatório do Mercúrio reúne literatura científica resultante de revisão sistemática realizada entre 1980 e 2021, compilando registros de mercúrio em humanos e em peixes, ilustrados nas Figuras 28 e 29, a seguir.

Fonte: Observatório do Mercúrio na Amazônia (2021).

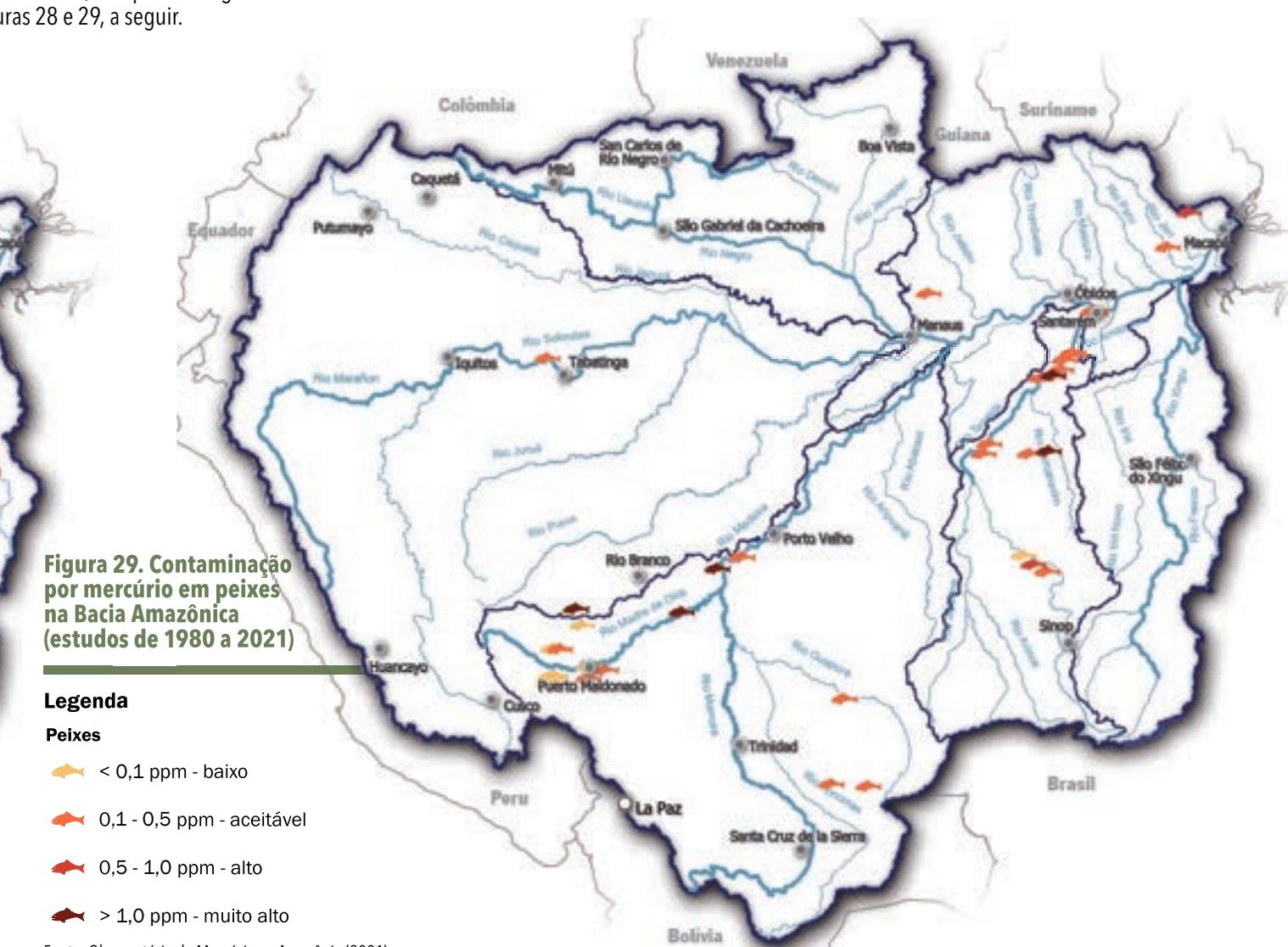


Fonte: Observatório do Mercúrio na Amazônia (2021).

Nota-se que há mais informações para os humanos e que várias localidades apresentam concentrações muito altas, sobretudo nos rios Madeira, Tapajós e Negro. Para a maioria das localidades com estudos em peixes, especialmente em rios afluentes dos principais, as concentrações estão na faixa considerada aceitável. As altas concentrações em peixes se encontram nas localidades de Itaituba e Jardim do Ouro (Bacia do Tapajós), localidade de Assis Brasil (Bacia Marañon/Solimões) e Fortaleza do Abunã e Libertad (Bacia Madre de Dios/Madeira/Mamoré).

A mineração ilegal, aliada às queimadas e ao desmatamento, está elevando a contaminação da água, solo, animais, plantas e pessoas. O periódico El País, em 2021, trouxe evidências do rastro de destruição do mercado ilegal de ouro brasileiro nos recursos hídricos, na flora, na fauna fluvial e na saúde dos povos indígenas em Jacareacanga, no sudoeste do estado do Pará.

A atividade petrolífera também é uma fonte de contaminação por metais. Yusta-García *et al.* (2017) conduziram um estudo com 2.961 amostras de água e 652 análises químicas de águas residuais, a partir de instituições governamentais e relatórios de companhias petrolíferas, coletadas em quatro bacias de rios amazônicos (Marañon, Tigre, Corrientes e Pastaza) e seus afluentes, e identificaram que um número significativo de amostras de água apresentou níveis de cádmio, bário, cromo e chumbo que não atendem aos padrões peruanos e internacionais de água.



Fonte: Observatório do Mercúrio na Amazônia (2021).



5. RESPOSTAS ÀS PRESSÕES IDENTIFICADAS

Machu Picchu | Peru | Banco de Imagens wirestock no Freepick

Diversas civilizações e povos nativos da bacia amazônica já dispunham de avançada tecnologia de gestão da água séculos antes da chegada dos europeus. A extensa rede de canais, fontes e os sistemas de irrigação, de drenagem e de controle de erosão estabelecidos pelo Império Inca em Machu Picchu impressionam até hoje. (WRIGHT, K.R., 2021).

As respostas que os governos e a sociedade têm dado à degradação da qualidade das águas superficiais amazônicas envolvem uma grande variedade de ações relacionadas a políticas públicas que geram legislações, regulamentos, ações de comando e controle, obras, programas, projetos, além daqueles relativos à participação da sociedade civil e dos setores usuários da água.

Para o presente produto, foram sintetizadas e selecionadas algumas respostas mais significativas para as principais pressões na Bacia Amazônica. Ressalta-se que uma "resposta" no contexto da metodologia Pressão-Estado-Resposta está vinculada à redução dos impactos oriundos da pressão, mas não necessariamente a apenas uma, visto que pode haver resposta para várias pressões.

Também não foi possível mensurar de forma linear como as respostas aqui listadas se refletiram diretamente no estado da qualidade das águas, considerando a base de dados atual para a Bacia Amazônica, principalmente por conta de que tanto as pressões como as respostas alteram muitas vezes a qualidade da água de forma indireta ou com uma defasagem temporal de difícil mensuração sem monitoramento contínuo e em escala adequada.

A seguir descrevem-se resumidamente algumas destas ações de abrangência regional. Essa não é uma análise exaustiva de todas as ações relacionadas ao tema qualidade das águas superficiais, mas uma tentativa de sintetizar as principais ações. Além destas respostas, também são apresentadas ações para melhoria do monitoramento da qualidade da água da Bacia Amazônica.

Mineração

O principal problema relativo à mineração na Bacia Amazônica é o garimpo ilegal de ouro que contamina os rios com mercúrio e sedimentos.

Segundo OTCA/PNUMA (2018) é necessário promover estudos sobre os impactos da contaminação por mercúrio na Bacia Amazônica e implementar programas de recuperação das áreas degradadas pelo garimpo.

Com relação aos estudos uma iniciativa importante foi a criação do Observatório do Mercúrio desenvolvido pelo WWF-Brasil, em parceria com Fiocruz, CINCIA e outras instituições, e que reúne estudos e informações sobre contaminação do mercúrio na região Amazônica e permite sua visualização de forma georreferenciada.

Com relação a acordos sobre o tema, a **Convenção de Minamata sobre Mercúrio** tem como principal objetivo proteger o meio ambiente e a saúde humana das emissões de mercúrio e compostos, estabelecendo uma série de medidas para alcançar tal intento. Atualmente a convenção conta com 137 países signatários e, dentre os países que integram a Bacia Amazônica, somente a Venezuela não faz parte.

Três países da bacia agiram de forma mais efetiva em relação à redução da utilização do mercúrio, com a formulação de políticas públicas a partir da Convenção de Minamata: Peru, Colômbia e recentemente o Equador.

O Peru adotou um plano de ação intersetorial a fim de cumprir as premissas da convenção e, entre as medidas adotadas, destacam-se um projeto de lei que visa proibir a extração de mercúrio em seu território, a adoção de um plano nacional para a mineração artesanal de pequena escala e a definição de procedimentos para a importação e exportação de mercúrio, além de trabalhar para melhorar a rastreabilidade do mercúrio que entra ilegalmente no país (INSTITUTO IGARAPÉ, 2021).

A Colômbia adotou a Lei nº 1.658/2013, que regulamenta o uso e a comercialização de mercúrio em todas as atividades industriais e, nos termos dessa lei, estabeleceu como meta erradicar o uso de mercúrio nas operações de mineração em um prazo de cinco anos. Além disso, adotou diversas medidas para eliminar progressivamente o uso de mercúrio, substituindo-o por tecnologias limpas em todas as áreas em que é utilizado (INSTITUTO IGARAPÉ, 2021).

O Equador criou em 2020 um plano de ações especificamente para a mineração artesanal e de pequena escala no país, denominado "*Plan de Acción Nacional sobre el uso de Mercurio en la Minería Artesanal y de Pequeña Escala de Oro en Ecuador Conforme la Convención de Minamata sobre Mercurio*". O objetivo deste plano é a redução ou eliminação do uso de mercúrio no setor de ouro por meio da definição de linhas estratégicas de trabalho, ações e atividades.

Também é importante evidenciar a iniciativa da Conservação Estratégica (CSF) e do Ministério Público Federal do Brasil, com a criação da "Calculadora de Impactos de Garimpo Ilegal de Ouro", uma ferramenta analítica e pedagógica para descrever os impactos do garimpo ilegal de ouro, além dos valores monetários e o passo-a-passo para sua mensuração.

A Convenção de Minamata, se colocada em prática por todos os países da Bacia Amazônica, se constituirá em importante resposta para a mitigação da presença do mercúrio nos rios amazônicos.

Saneamento básico

Os países amazônicos possuem legislações sobre saneamento básico de modo a fornecer este importante serviços às populações. No entanto, em geral os níveis de coleta e tratamento de esgotos e resíduos sólidos ainda são baixos na Bacia Amazônica.

A Bolívia possui um conjunto de obras legais que atendem questões de meio ambiente e saneamento, tendo estabelecido que os serviços de saneamento serão prestados por empresas estatais, públicas, comunitárias, cooperativas ou mistas.

O Brasil possui Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), que no ano de 2020, com a alteração do Marco Legal do Saneamento, passou a estabelecer normas de referência para os serviços de saneamento do país, regidos pela Lei nº 11.445/07. Esse Marco Legal, além de alterar a atuação da agência, estabeleceu novas diretrizes para o alcance das metas do setor até 2030.

Na Colômbia, a Constituição faz referência específica sobre o saneamento, sobre financiamento de serviços prioritários e bem-estar da população com acesso à água de forma equitativa. A Lei nº 373/97 preconiza que todo plano regional e municipal deverá incorporar um programa de uso eficiente e economia de água, em consonância com projetos adotados pelos usuários de água e prestadores dos serviços de saneamento.

Na Constituição do Equador é citado que cabe aos governos provinciais as competências de prestar serviços de saneamento, entendendo-se por tal o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário e depuração de águas residuais.

A Guiana não possui legislação específica para saneamento, e sim uma lei de águas e esgotos (*Water and Sewerage Act*), que é o marco regulatório no que se refere a parâmetros de desenvolvimento da política nacional de águas. O *Ministry of Housing and Water* (habitação e água) está ligado ao tema saneamento básico.

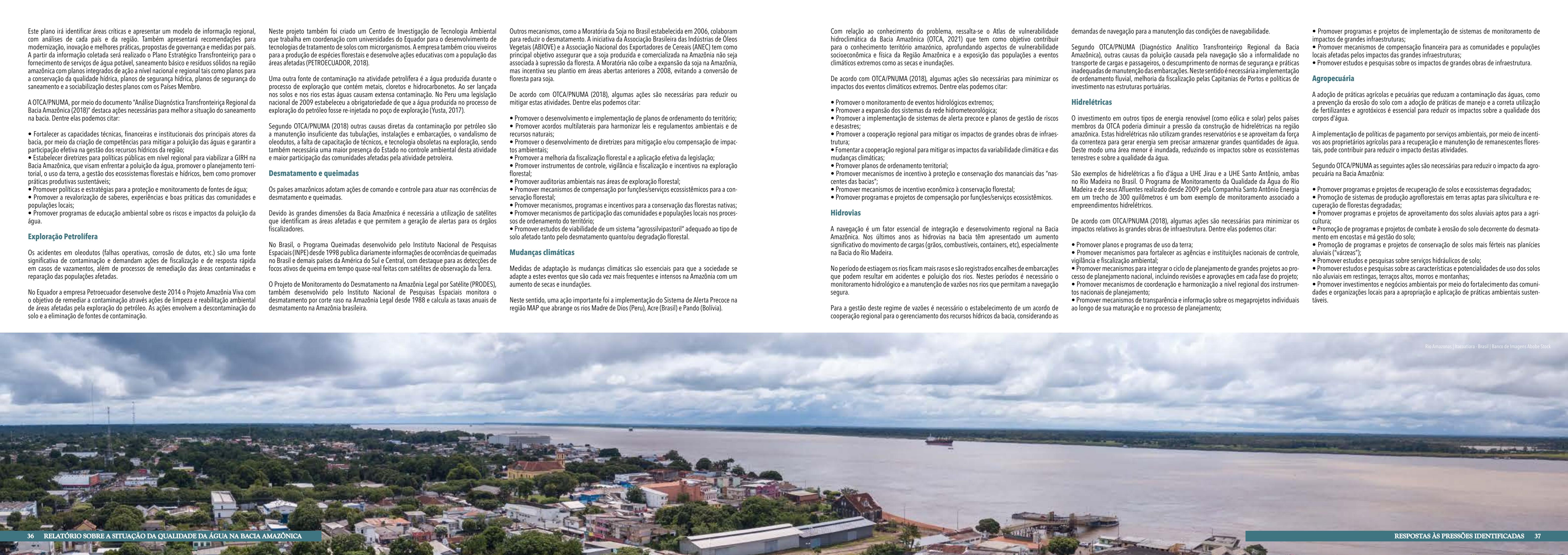
No Peru, a *Autoridad Nacional del Agua* é o organismo responsável pela administração e vigilância das fontes naturais de água, por autorizar volumes de águas captadas pelos prestadores de serviço de saneamento, por avaliar instrumentos ambientais, por outorgar os direitos pelo uso da água, por autorizar os lançamentos de efluentes e reúso de água residual tratada, por autorizar obras em fontes naturais e pela condução do Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos.

Por fim, na Venezuela também não há legislação específica sobre saneamento, entretanto, sua Carta Magna estabelece que os serviços de saneamento básico são de competência municipal.

Com relação à instrumentos de planejamento destaca-se o "Plano de Ação Regional para Água Potável, Saneamento Básico e Gestão de Resíduos Sólidos" que está sendo elaborado pela OTCA com apoio do BID.



Banco de Imagens da OTCA



Este plano irá identificar áreas críticas e apresentar um modelo de informação regional, com análises de cada país e da região. Também apresentará recomendações para modernização, inovação e melhores práticas, propostas de governança e medidas por país. A partir da informação coletada será realizado o Plano Estratégico Transfronteiriço para o fornecimento de serviços de água potável, saneamento básico e resíduos sólidos na região amazônica com planos integrados de ação a nível nacional e regional tais como planos para a conservação da qualidade hídrica, planos de segurança hídrica, planos de segurança do saneamento e a socialização destes planos com os Países Membro.

A OTCA/PNUMA, por meio do documento "Análise Diagnóstica Transfronteiriça Regional da Bacia Amazônica (2018)" destaca ações necessárias para melhor a situação do saneamento na bacia. Dentre elas podemos citar:

- Fortalecer as capacidades técnicas, financeiras e institucionais dos principais atores da bacia, por meio da criação de competências para mitigar a poluição das águas e garantir a participação efetiva na gestão dos recursos hídricos da região;
- Estabelecer diretrizes para políticas públicas em nível regional para viabilizar a GIRH na Bacia Amazônica, que visam enfrentar a poluição da água, promover o planejamento territorial, o uso da terra, a gestão dos ecossistemas florestais e hídricos, bem como promover práticas produtivas sustentáveis;
- Promover políticas e estratégias para a proteção e monitoramento de fontes de água;
- Promover a revalorização de saberes, experiências e boas práticas das comunidades e populações locais;
- Promover programas de educação ambiental sobre os riscos e impactos da poluição da água.

Exploração Petrolífera

Os acidentes em oleodutos (falhas operativas, corrosão de dutos, etc.) são uma fonte significativa de contaminação e demandam ações de fiscalização e de resposta rápida em casos de vazamentos, além de processos de remediação das áreas contaminadas e reparação das populações afetadas.

No Equador a empresa Petroecuador desenvolve desde 2014 o Projeto Amazônia Viva com o objetivo de remediar a contaminação através ações de limpeza e reabilitação ambiental de áreas afetadas pela exploração do petróleo. As ações envolvem a descontaminação do solo e a eliminação de fontes de contaminação.

Neste projeto também foi criado um Centro de Investigação de Tecnologia Ambiental que trabalha em coordenação com universidades do Equador para o desenvolvimento de tecnologias de tratamento de solos com microrganismos. A empresa também criou viveiros para a produção de espécies florestais e desenvolve ações educativas com a população das áreas afetadas (PETROECUADOR, 2018).

Uma outra fonte de contaminação na atividade petrolífera é a água produzida durante o processo de exploração que contém metais, cloretos e hidrocarbonetos. Ao ser lançada nos solos e nos rios estas águas causam extensa contaminação. No Peru uma legislação nacional de 2009 estabeleceu a obrigatoriedade de que a água produzida no processo de exploração do petróleo fosse re-injetada no poço de exploração (Yusta, 2017).

Segundo OTCA/PNUMA (2018) outras causas diretas da contaminação por petróleo são a manutenção insuficiente das tubulações, instalações e embarcações, o vandalismo de oleodutos, a falta de capacitação de técnicos, e tecnologia obsoleta na exploração, sendo também necessária uma maior presença do Estado no controle ambiental desta atividade e maior participação das comunidades afetadas pela atividade petrolífera.

Desmatamento e queimadas

Os países amazônicos adotam ações de comando e controle para atuar nas ocorrências de desmatamento e queimadas.

Devido às grandes dimensões da Bacia Amazônica é necessária a utilização de satélites que identificam as áreas afetadas e que permitem a geração de alertas para os órgãos fiscalizadores.

No Brasil, o Programa Queimadas desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desde 1998 publica diariamente informações de ocorrências de queimadas no Brasil e demais países da América do Sul e Central, com destaque para as detecções de focos ativos de queima em tempo quase-real feitas com satélites de observação da Terra.

O Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), também desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais monitora o desmatamento por corte raso na Amazônia Legal desde 1988 e calcula as taxas anuais de

Neste sentido, uma ação importante foi a implementação do Sistema de Alerta Precoce na região MAP que abrange os rios Madre de Dios (Peru), Acre (Brasil) e Pando (Bolívia).

Outros mecanismos, como a Moratória da Soja no Brasil estabelecida em 2006, colaboraram para reduzir o desmatamento. A iniciativa da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE) e a Associação Nacional dos Exportadores de Cereais (ANEC) tem como principal objetivo assegurar que a soja produzida e comercializada na Amazônia não seja associada à supressão da floresta. A Moratória não coíbe a expansão da soja na Amazônia, mas incentiva seu plantio em áreas abertas anteriores a 2008, evitando a conversão de floresta para soja.

De acordo com OTCA/PNUMA (2018), algumas ações são necessárias para reduzir ou mitigar estas atividades. Dentre elas podemos citar:

- Promover o desenvolvimento e implementação de planos de ordenamento do território;
- Promover acordos multilaterais para harmonizar leis e regulamentos ambientais e de recursos naturais;
- Promover o desenvolvimento de diretrizes para mitigação e/ou compensação de impactos ambientais;
- Promover a melhoria da fiscalização florestal e a aplicação efetiva da legislação;
- Promover instrumentos de controle, vigilância e fiscalização e incentivos na exploração florestal;
- Promover auditorias ambientais nas áreas de exploração florestal;
- Promover mecanismos de compensação por funções/serviços ecosistêmicos para a conservação florestal;
- Promover mecanismos, programas e incentivos para a conservação das florestas nativas;
- Promover mecanismos de participação das comunidades e populações locais nos processos de ordenamento do território;
- Promover estudos de viabilidade de um sistema "agrossilvipastoril" adequado ao tipo de solo afetado tanto pelo desmatamento quanto/ou degradação florestal.

Mudanças climáticas

Medidas de adaptação às mudanças climáticas são essenciais para que a sociedade se adapte a estes eventos que são cada vez mais frequentes e intensos na Amazônia com um aumento de secas e inundações.

No Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), também desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais monitora o

desmatamento de navegação para a manutenção das condições de navegabilidade. Com relação ao conhecimento do problema, ressalta-se o Atlas de vulnerabilidade hidroclimática da Bacia Amazônica (OTCA, 2021) que tem como objetivo contribuir para o conhecimento territorial amazônico, aprofundando aspectos de vulnerabilidade socioeconômica e física da Região Amazônica e a exposição das populações a eventos climáticos extremos como as secas e inundações.

De acordo com OTCA/PNUMA (2018), algumas ações são necessárias para minimizar os impactos dos eventos climáticos extremos. Dentre elas podemos citar:

- Promover o monitoramento de eventos hidrológicos extremos;
- Promover a expansão dos sistemas da rede hidrometeorológica;
- Promover a implementação de sistemas de alerta precoce e planos de gestão de riscos e desastres;
- Promover a cooperação regional para mitigar os impactos de grandes obras de infraestrutura;
- Fomentar a cooperação regional para mitigar os impactos da variabilidade climática e das mudanças climáticas;
- Promover planos de ordenamento territorial;
- Promover mecanismos de incentivo à proteção e conservação dos mananciais das "nascentes das bacias";
- Promover mecanismos de incentivo econômico à conservação florestal;
- Promover programas e projetos de compensação por funções/serviços ecosistêmicos.

Hidrovias

A navegação é um fator essencial de integração e desenvolvimento regional na Bacia Amazônica. Nos últimos anos as hidrovias na bacia têm apresentado um aumento significativo do movimento de cargas (grãos, combustíveis, containers, etc), especialmente na Bacia do Rio Madeira.

No período de estiagem os rios ficam mais rasos e são registrados encalhes de embarcações que podem resultar em acidentes e poluição dos rios. Nestes períodos é necessário o monitoramento hidrológico e a manutenção de vazões nos rios que permitam a navegação segura.

Para a gestão deste regime de vazões é necessário o estabelecimento de um acordo de cooperação regional para o gerenciamento dos recursos hídricos da bacia, considerando as

demandas de navegação para a manutenção das condições de navegabilidade.

- Promover programas e projetos de implementação de sistemas de monitoramento de impactos de grandes infraestruturas;
- Promover mecanismos de compensação financeira para as comunidades e populações locais afetadas pelos impactos das grandes infraestruturas;
- Promover estudos e pesquisas sobre os impactos de grandes obras de infraestrutura.

Agropecuária

A adoção de práticas agrícolas e pecuárias que reduzam a contaminação das águas, como a prevenção da erosão do solo com a adoção de práticas de manejo e a correta utilização de fertilizantes e agrotóxicos é essencial para reduzir os impactos sobre a qualidade dos corpos d'água.

A implementação de políticas de pagamento por serviços ambientais, por meio de incentivos aos proprietários agrícolas para a recuperação e manutenção de remanescentes florestais, pode contribuir para reduzir o impacto destas atividades.

Segundo OTCA/PNUMA as seguintes ações são necessárias para reduzir o impacto da agropecuária na Bacia Amazônia:

- Promover programas e projetos de recuperação de solos e ecossistemas degradados;
- Promover sistemas de produção agroflorestais em terras aptas para silvicultura e recuperação de florestas degradadas;
- Promover programas e projetos de aproveitamento dos solos aluviais aptos para a agricultura;
- Promover programas e projetos de combate à erosão do solo decorrente do desmatamento em encostas e má gestão do solo;
- Promover programas e projetos de conservação de solos mais férteis nas planícies aluviais ("várzeas");
- Promover estudos e pesquisas sobre serviços hidráulicos de solo;
- Promover estudos e pesquisas sobre as características e potencialidades de uso dos solos não aluviais em restingas, terraços altos, morros e montanhas;
- Promover investimentos e negócios ambientais por meio do fortalecimento das comunidades e organizações locais para a apropriação e aplicação de práticas ambientais sustentáveis.

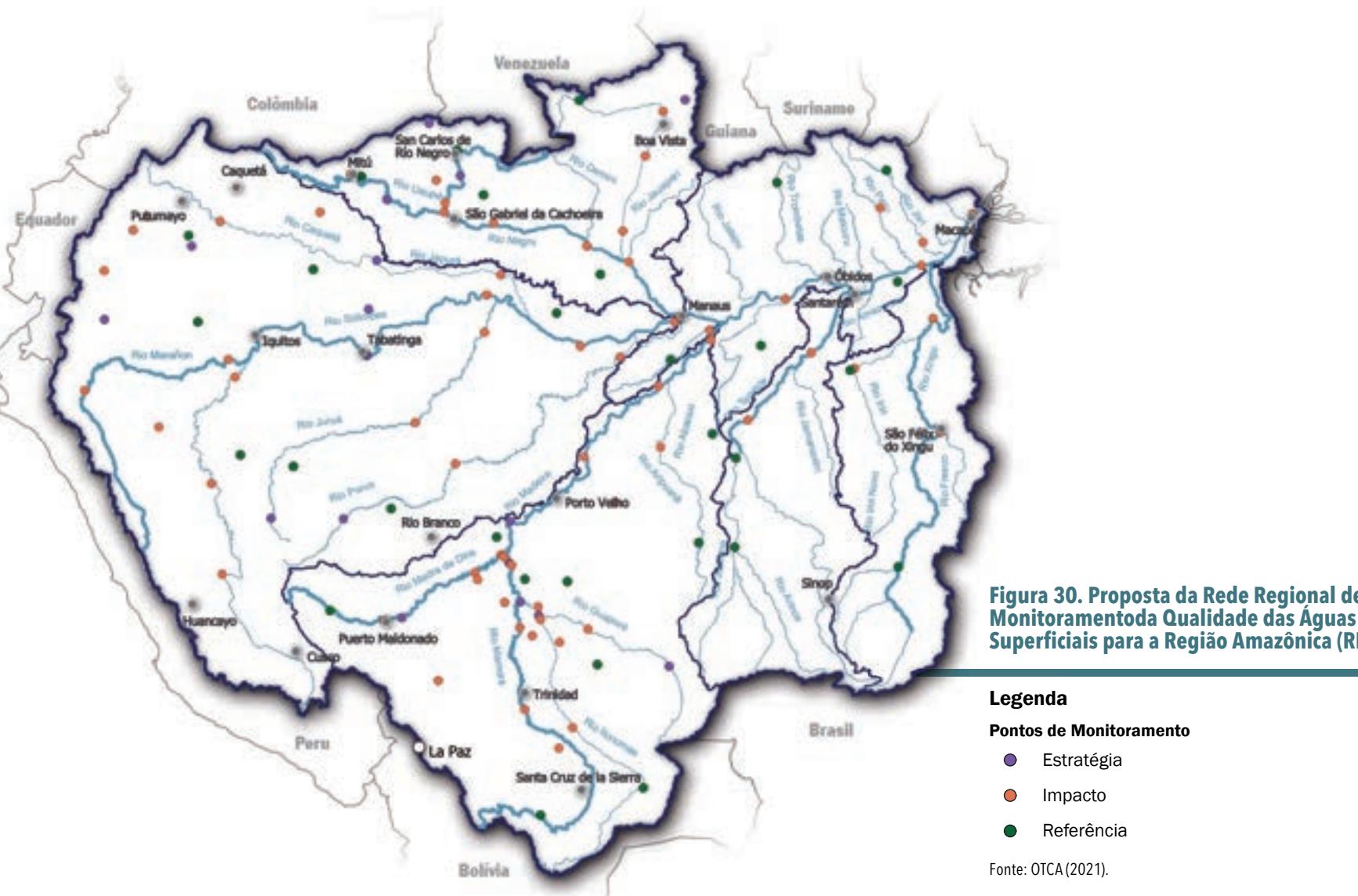
Monitoramento da qualidade da água

de Regional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais

Rede Regional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais para a Região Amazônica (RR-MQA), ilustrada na Figura 30, cujo projeto foi aprovado recentemente pelos mesmos Membros da OTCA, constitui-se em resposta de grande impacto para a qualidade da água, visto que estabelecerá um monitoramento com representatividade espacial e temporal, com a medição dos mesmos parâmetros nos diferentes países, considerando os idênticos métodos de coleta e análise das amostras, o que deve ser um marco para o avanço da gestão de recursos hídricos na Bacia Amazônica.

Os finalizada, a rede contará com 111 pontos de monitoramento a serem instalados em fases diferentes e que permitirá o acompanhamento da qualidade da água na Bacia Amazônica, facilitando a gestão compartilhada. No início da operação, os parâmetros de monitoramento serão: pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitrato, fôrto total e ortofosfato. Na segunda fase, serão analisados parâmetros de qualidade da água como DQO, DBO, coliformes, clorofila-a, metais pesados, entre outros.

monitoramento serão: pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitrato, fôrto total e ortofosfato. Na segunda fase, serão analisados parâmetros de qualidade da água como DQO, DBO, coliformes, clorofila-a, metais pesados, entre outros.



O Módulo Redes Amazônicas articula informações de diferentes organizações e instituições estabelecidas na região que geram dados oficiais para a gestão da bacia hidrográfica. Os países membros, como a Rede Hidrológica Amazônica (RHA), fornecem dados hidrológicos e hidrometeorológicos para o sistema.

O ORA pos

- nal de M
temátic
gional a

Jesus tirá o

onal Amazônico

O ORA surge como um mecanismo tecnológico que busca gerar respostas para a tomada de decisão nacional e regional diante de situações de emergência, como incêndios, inundações, eventos climáticos extremos, etc., bem como riscos crescentes e recorrentes relacionados à desmatamento, secas, garimpo, poluição, saneamento básico, exploração e uso de petróleo, hidrovias e hidrelétricas.

definição dada para o ORA na XII Reunião de Chanceleres da OTCA consideração os elementos traçados no desenho conceitual, sua atualização, ampliando seu escopo sob a Visão de ser um Centro de Informação da Amazônia e Fórum Virtual permanente que promove o intercâmbio de informações entre instituições, poder público, comunidade científica, e civil dos países amazônicos.

processar, organizar e disseminar informações da Amazônia de forma modular, organizada em módulos temáticos e integradores. Esses respectivas funções, produtos e serviços, de forma que permitem uma grande gama de aplicações e uso do conhecimento amazônico.

s e insumos
ância latente,
e problemas
, agricultura,
, mudanças
antecipados
tes.

6. SÍNTESE GERAL

mentais dos
internacionais,

A photograph of a modern, multi-story building with a glass facade, set against a hazy, orange-tinted sky.

A photograph showing a close-up of a guitar neck and headstock against a blurred background. The guitar has a light-colored wood grain and a dark pickguard. The headstock features a standard tuning peg arrangement.

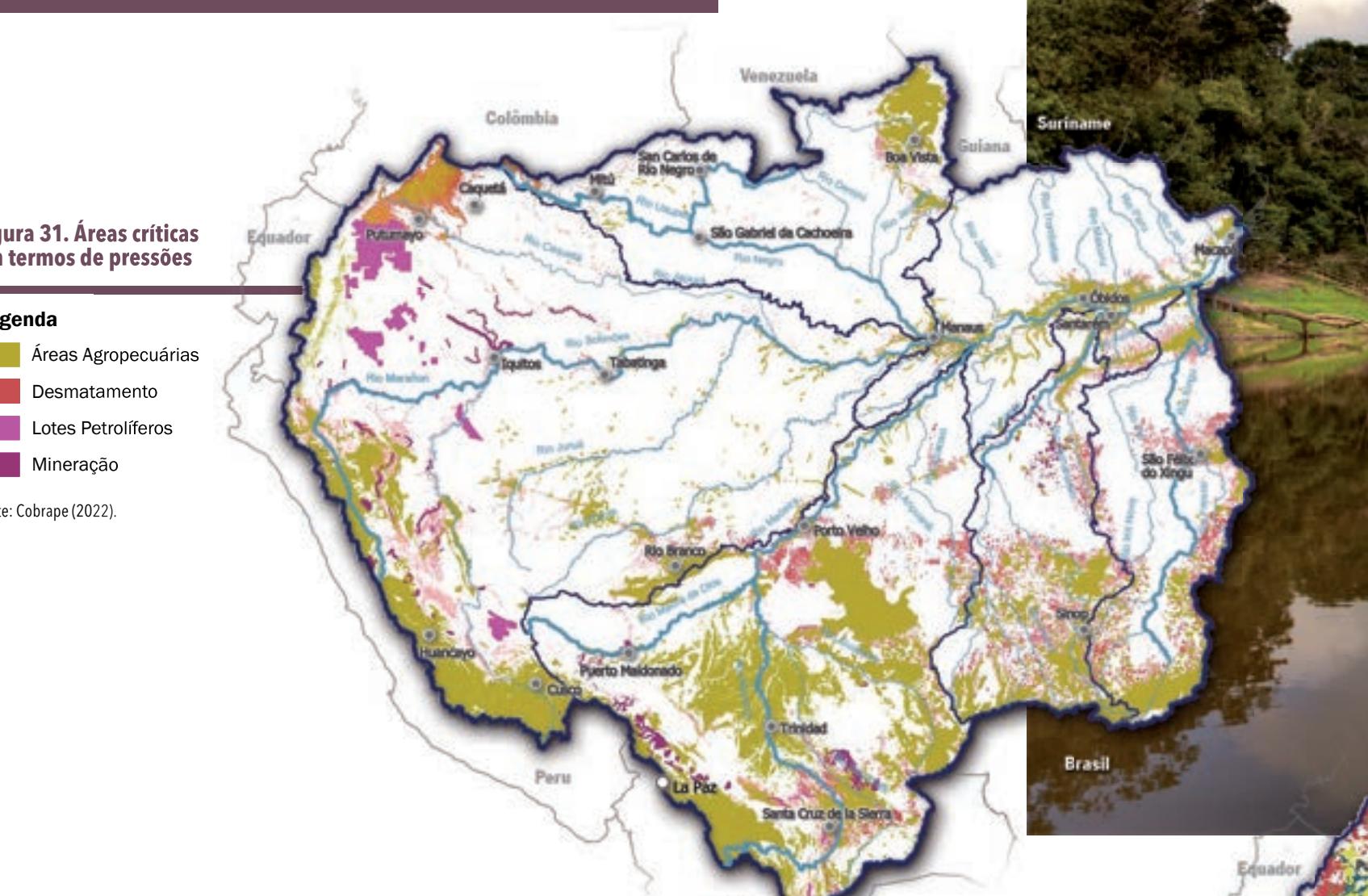
A photograph showing a large, modern building with many windows, likely a residential or office complex, situated near a body of water at sunset.

An aerial photograph of a city at night, capturing a dense urban landscape. The scene is filled with numerous buildings of varying heights, their windows glowing with light. Streets below are visible as dark, winding paths of illumination. In the distance, a body of water reflects the city lights, and a bridge spans across it. The overall atmosphere is one of a vibrant, active metropolis after dark.

An aerial photograph showing a coastal town with numerous buildings featuring red-tiled roofs. In the foreground, several white boats are moored in the water. The town appears to be built on a hillside overlooking the sea.



1. ÁREAS CRÍTICAS



Considerando os dados existentes e a sua heterogeneidade em termos temporal, espacial e parâmetros monitorados, não foi possível propor áreas críticas especificamente de qualidade da água. Portanto, a partir da aplicação da metodologia PER, especialmente com base nas pressões identificadas, foram definidas regiões que podem ser consideradas críticas em termos de suscetibilidade à degradação da qualidade da água. Essas áreas foram divididas com base em cinco abordagens, mostradas nas figuras seguintes:

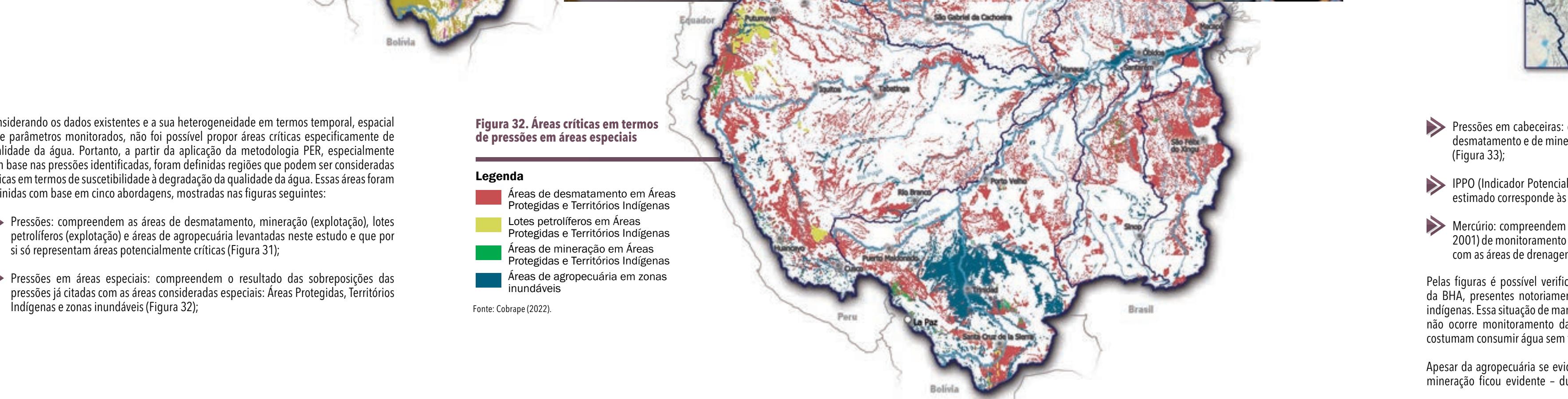
- ▶ Pressões: compreendem as áreas de desmatamento, mineração (explotação), lotes petrolíferos (explotação) e áreas de agropecuária levantadas neste estudo e que por si só representam áreas potencialmente críticas (Figura 31);
 - ▶ Pressões em áreas especiais: compreendem o resultado das sobreposições das pressões já citadas com as áreas consideradas especiais: Áreas Protegidas, Territórios Indígenas e zonas inundáveis (Figura 32);



Bolívia

nsiderando os dados existentes e a sua heterogeneidade em termos temporal, espacial e parâmetros monitorados, não foi possível propor áreas críticas especificamente de qualidade da água. Portanto, a partir da aplicação da metodologia PER, especialmente em base nas pressões identificadas, foram definidas regiões que podem ser consideradas críticas em termos de suscetibilidade à degradação da qualidade da água. Essas áreas foram divididas com base em cinco abordagens, mostradas nas figuras seguintes:

- ▶ Pressões: compreendem as áreas de desmatamento, mineração (explotação), lotes petrolíferos (explotação) e áreas de agropecuária levantadas neste estudo e que por si só representam áreas potencialmente críticas (Figura 31);
- ▶ Pressões em áreas especiais: compreendem o resultado das sobreposições das pressões já citadas com as áreas consideradas especiais: Áreas Protegidas, Territórios Indígenas e zonas inundáveis (Figura 32);



ressões estão distribuídas em todas as sub-bacias ceiras e áreas especiais, sobretudo nos territórios preocupante, visto que nessas regiões normalmente da água, além de que comunidades tradicionais prévio.

termos de área ocupada, o significativo impacto da
s que podem ser associadas ainda a uma terceira

四

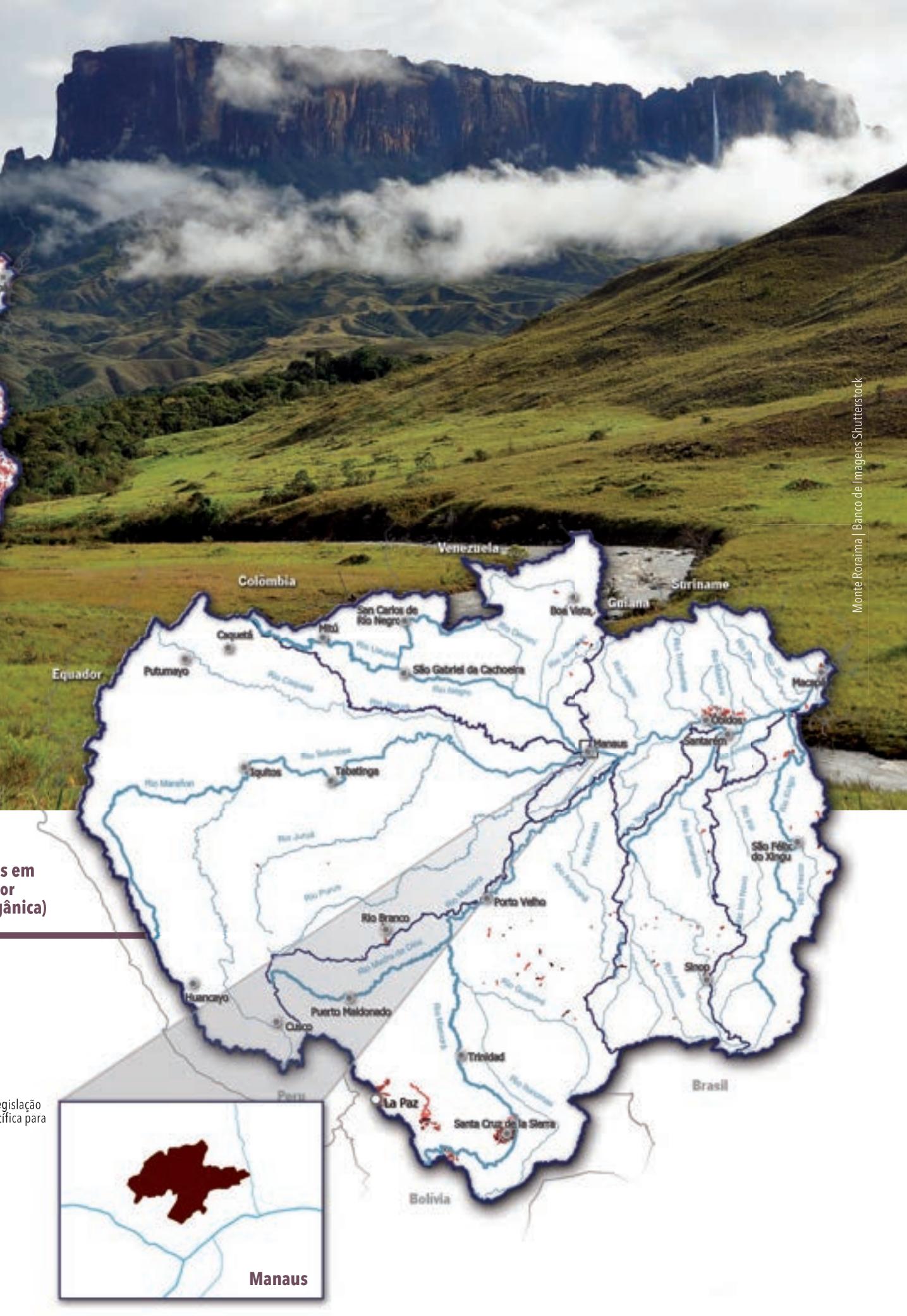


m as áreas resultantes do cruzamento das áreas de com as cabeceiras identificadas na base hidrográfica

O Orgânica): compreendem as áreas em que o IPPO lar", "Ruim" ou "Péssimo" (Figura 34);

ultantes do cruzamento dos dados históricos (1980- s concentrações de mercúrio, em humanos e peixes, ração (legal e ilegal) (Figura 35).

22)



pressão: o desmatamento. Essa é normalmente a etapa inicial de alteração do uso da terra para o desenvolvimento das demais atividades, e que por si só indicou alterações na qualidade da água, sobretudo no parâmetro condutividade elétrica, ligado diretamente às características hidrogeoquímicas dos rios amazônicos.

O avanço da mineração, que deixa a população vulnerável a doenças de veiculação hídrica e gera contaminação dos corpos hídricos, especialmente por mercúrio, além da poluição difusa da agricultura, das pastagens, da exploração petrolífera e das hidrelétricas também acabam acarretando problemas para a população, que depende de água de boa qualidade para diversas atividades como a pesca, a agricultura de subsistência, abastecimento doméstico, entre outras.

As áreas urbanas com grande contingente populacional e com rios de pequeno porte se evidenciaram na análise de IPPO crítico (Figura 34), com destaque para os municípios de Manaus, na sub-bacia Baixo Amazonas, e Santa Cruz de La Sierra e Cochabamba, ambos na sub-bacia Madre de Dios/Madeira/Mamoré.

No que se refere ao mercúrio, destacam-se grandes regiões nas sub-bacias Tapajós, Madre de Dios/Madeira/Mamoré e na região mais a montante da sub-bacia Baixo Amazonas (Figura 35). Regiões mais distribuídas espacialmente, mas também em áreas significativas, são observadas na sub-bacia Marañon/Solimões, nas regiões de cabeceiras e próximo a Iquitos (Peru).

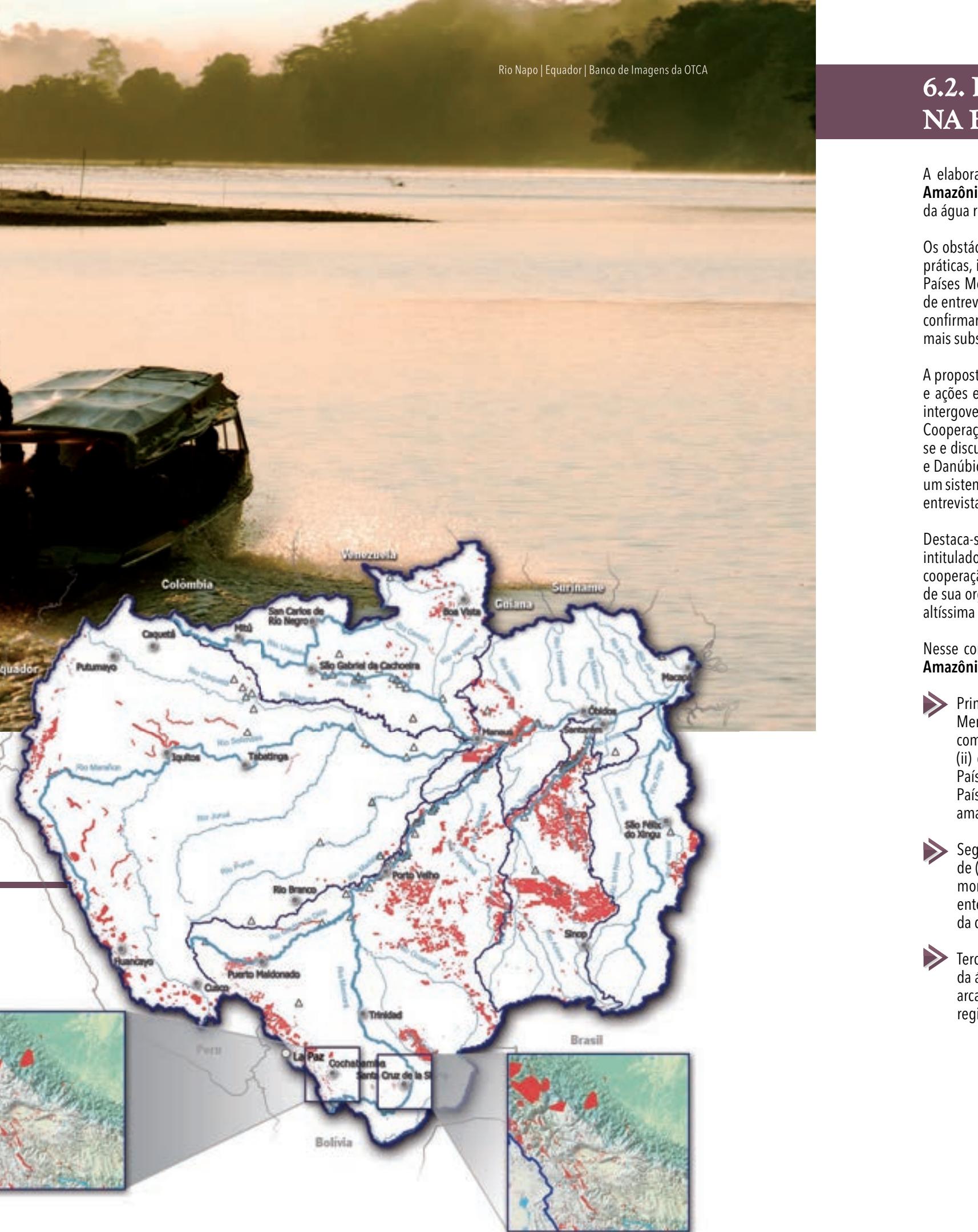
De maneira geral, a análise mostra que a qualidade da água em boa parte dos rios amazônicos pode ser considerada boa, mas a influência das atividades de mineração, agricultura e da própria ocupação urbana ficou evidente em muitas das sub-bacias. Isso foi demonstrado por meio da aplicação da metodologia que relaciona as pressões com a alteração da qualidade da água. Fica também salientada a necessidade de um monitoramento adequado, para que essa relação aconteça de maneira mais precisa e seja possível tomar medidas sobre as pressões que de fato têm representado impacto na qualidade dos corpos hídricos.

Outros problemas relacionados à qualidade da água são a falta de coleta e tratamento de esgotos sanitários – especialmente nos centros urbanos – e a ocupação indevida das regiões de preservação. Ambos se devem principalmente à falta de planejamento urbano aliada ao desrespeito à legislação ambiental. Esse cenário acentua diversos problemas como a lixiviação oriunda das áreas degradadas e o desmatamento da mata ciliar e erosão do solo, os quais aumentam a concentração de poluentes nos rios localizados no entorno das cidades.

É preciso ressaltar que poucos rios tinham suas características hidrogeoquímicas estabelecidas, e que o critério de análise dos limites legais considerando o mais e o menos restritivo contou com valores bem discrepantes entre si. Isso reforça a importância da definição dos padrões de qualidade da água para os rios amazônicos baseados nas características naturais desses rios, com a diferenciação das características hidrogeoquímicas.

Vale mencionar ainda a temática das mudanças climáticas, cujos efeitos mais aparentes e significativos na BHA estão relacionados às secas, que, em termos de qualidade da água, prejudicam a oxigenação dos corpos hídricos, e às cheias, que afetam principalmente as populações ribeirinhas, trazendo doenças de veiculação hídrica, bem como provocando perdas humanas e materiais.

Outro efeito bastante significativo decorrente das mudanças climáticas é o derretimento das geleiras dos Andes, que é fato extremo em algumas localidades, como foi o caso da geleira Chacaltaya, desaparecida do cenário boliviano em 2009 depois de uma série de anos encolhendo. O Peru, que concentra cerca de 70% de todo o gelo tropical, perdeu cerca de 25% de suas geleiras na última década. Ainda é incipiente o conhecimento sobre os impactos que o derretimento das geleiras pode causar; no entanto, rios como Madeira e Solimões, que se formam a partir da contribuição das geleiras da porção oriental dos Andes, podem ser afetados. Caso os aportes de sedimentos que fertilizam esses grandes rios diminuam nas próximas décadas, existe risco de prejuízos aos ecossistemas (ZORZETTO, 2013).



6.2. PROPOSTA PARA A GESTÃO INTEGRAL DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA AMAZÔNICA

A elaboração da **Proposta para a gestão integral da qualidade da Água da Bacia Amazônica** teve seu ponto de partida na análise dos dados de monitoramento de qualidade da água recebidos dos Países Membros.

Os obstáculos relacionados à questão do monitoramento da qualidade da água e as boas práticas, identificados por meio da aplicação da metodologia PER, foram validados com os Países Membros, primeiramente por meio de questionários, e posteriormente por meio de entrevistas online com entidades representantes de cada um dos países. As entrevistas confirmaram as deficiências encontradas por meio da análise técnica e forneceram ainda mais subsídios para a estruturação da Proposta.

A proposta foi desenvolvida em quatro fases. Na primeira, foram incorporadas as medidas e ações específicas desenvolvidas nos âmbitos subnacionais, nacionais e de cooperação intergovernamental da OTCA, articuladas com as visões da Agenda Estratégica de Cooperação Amazônica e do Programa de Ações Estratégicas. Na segunda, apresentaram-se e discutiram-se experiências da gestão da qualidade das águas dos rios Mekong, Reno e Danúbio. Na terceira, foram recebidas as contribuições dos Países Membros por meio de um sistema de perguntas e respostas no formato de um questionário. Na quarta, ocorreram entrevistas com todos para colher sugestões.

Destaca-se que para a consolidação da proposta utilizou-se como guia o documento intitulado *Mekong Agreement and Procedures* (1995), que trata de protocolos de cooperação adotados nessa bacia hidrográfica. A escolha da bacia do rio Mekong decorreu de sua organização, do amplo acesso aos seus documentos e, sobretudo, pelo trabalho de altíssima qualidade desenvolvido pela *Mekong River Commission* (MRC).

Nesse contexto, a **Proposta para a gestão integral da qualidade da Água da Bacia Amazônica** está materializada na criação de três Protocolos de Cooperação:

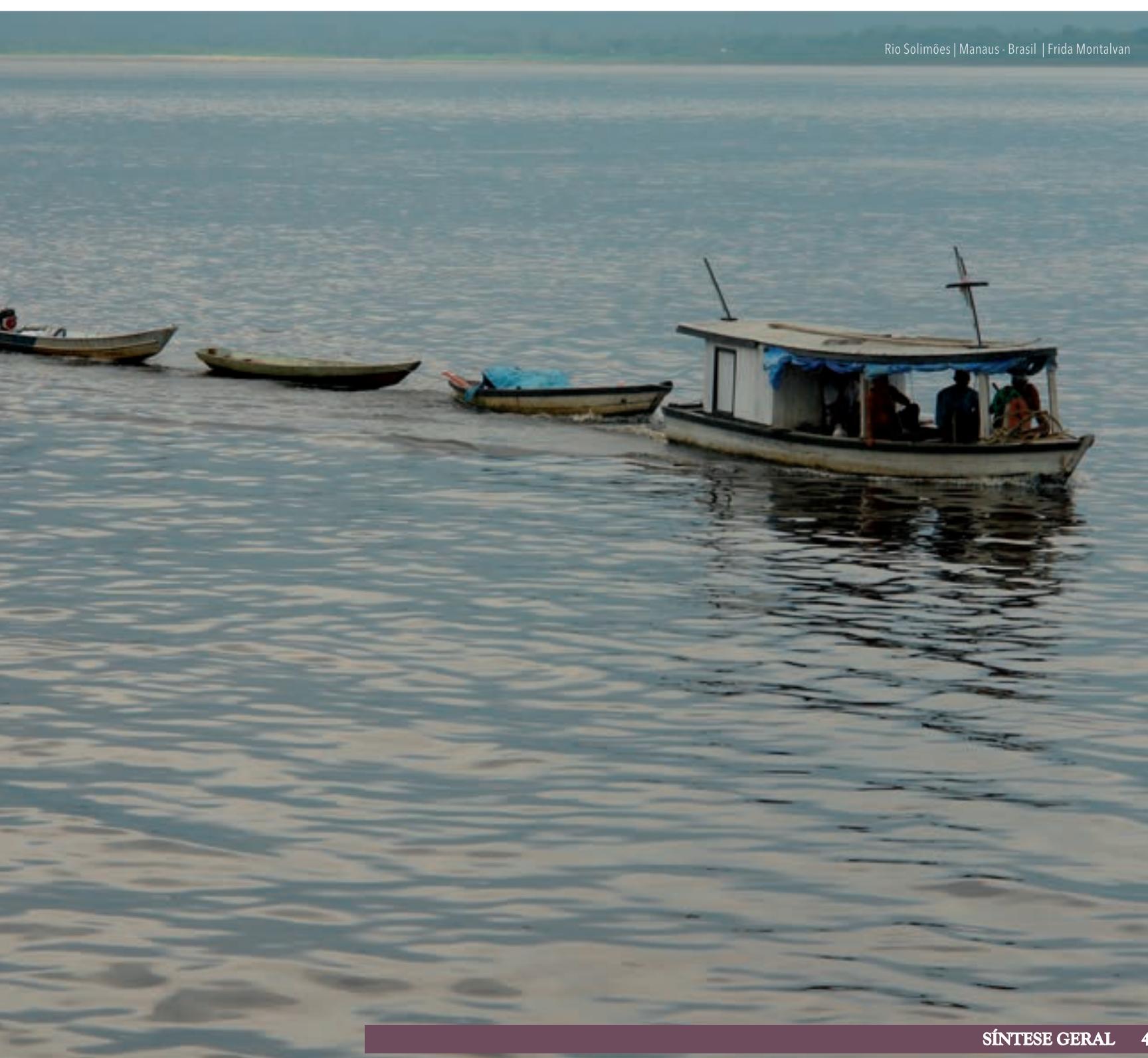
► Primeiro Protocolo: visa a troca e compartilhamento de informações entre os Países Membros da OTCA. Seus objetivos específicos são (i) operacionalizar a troca e o compartilhamento de informações de qualidade da água entre os Países Membros; (ii) disponibilizar os dados básicos e as informações conforme determinado pelos Países Membros; e (iii) promover o entendimento mútuo e a cooperação entre os Países Membros no monitoramento e conservação da qualidade da água da região amazônica;

► Segundo Protocolo: trata do monitoramento da qualidade da água. Tem os objetivos de (i) providenciar um amplo e flexível arcabouço para facilitar a implementação do monitoramento da qualidade da água na região amazônica; e (ii) promover melhor entendimento e cooperação entre os Países Membros no sistema de monitoramento da qualidade da água da região amazônica;

► Terceiro Protocolo: trata do arcabouço institucional para o gerenciamento da qualidade da água em níveis consensuados entre os países. Tem como objetivo estabelecer um arcabouço cooperativo para a proteção e manutenção da boa qualidade da água da região amazônica nos níveis acordados entre os Países Membros.

Cada um dos protocolos ainda possui proposta de artigos específicos que tratam de seus princípios, o conteúdo mínimo para gerenciamento da qualidade da água, bem como indicações para a gestão integral da qualidade da água entre todos os Países Membros da OTCA.

Em suma, espera-se que os protocolos sejam capazes de subsidiar esse processo e dessa forma mitiguem os efeitos adversos das pressões sobre a qualidade da água. Sabe-se que, apesar de terem grande potencial para isso, há o desafio da sua real adoção, que exige tempo e a atuação cada vez mais cooperativa entre os Países Membros.



Rio Solimões | Manaus - Brasil | Frida Montalvan

TABELA DE FONTES PRIMÁRIAS



6.3 DESAFIOS PARA A GESTÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA AMAZÔNICA

Um dos grandes resultados da aplicação da metodologia PER (Pressão-Estado-Resposta) foi a identificação da necessidade de informações adequadas em termos espaciais e temporais para que a relação pressão-estado-resposta seja analisada de forma mais precisa. Com isso seria mais factível identificar como as pressões estão alterando os aspectos de qualidade da água e as possíveis consequências para a biota e para a população humana. Ademais, seria possível elencar quais ações têm trazido bons resultados para melhorar essa temática, possibilitando a tomada de decisões de forma mais correta.

Mais especificamente sobre o monitoramento da qualidade da água, foram identificados diversos gargalos, tais como: produção e aprofundamento das informações sobre recursos hídricos de forma contínua; monitoramento de qualidade da água mais robusto em termos espaciais e temporais; monitoramento focado na definição das características naturais dos diferentes tipos de rios amazônicos; monitoramento com foco no impacto das principais pressões; protocolos comuns para coleta e análise das amostras; procedimento para consolidação e disponibilização dos dados.

Alguns desses aspectos estão em processo de resolução por meio das ações desenvolvidas no âmbito de atuação da OTCA, tais como a implantação da Rede de Monitoramento de Qualidade da Água e os protocolos das coletas e análises das amostras. Contudo, sabe-se que entre a elaboração dessas propostas, o acordo realizado e a ação propriamente dita ainda se encontram muitos desafios, tanto em termos técnicos quanto financeiros e políticos.

Ainda dentro os avanços identificados, mas que trazem consigo desafios de ampliação, está o monitoramento via satélite, iniciado na bacia, mas que requer continuidade e ampliação, demandando parcerias e investimentos.

Notou-se também a falta de informações geoespecializadas que facilitariam a identificação do impacto dos efluentes domésticos e industriais nos corpos d'água. Embora seus efeitos sejam normalmente mais locais, em rios de pequeno porte, dependendo da composição e da quantidade, podem se espalhar e trazer prejuízos à qualidade da água e à saúde humana em escala maiores. Para uma análise mais detalhada desses problemas, seria necessário

Entender no Rio Amazonas | Banco de Imagens da OTCA



Países Membros para combater essa prática que traz prejuízos ao meio ambiente e à saúde da população, principalmente as tradicionais.

Um dos desafios envolvidos na gestão qualitativa dos rios amazônicos está na definição de padrões comuns a serem seguidos por todos os países que têm território na bacia. Esse processo exige a construção de um ambiente de discussão que seja pautado em análises técnicas e que permita deliberação adequada a respeito do que pode ser considerado água de boa qualidade de acordo com os usos.

Ainda nesse sentido, salienta-se a necessidade de que na definição desses padrões sejam consideradas as condições naturais dos rios, visto as significativas diferenças hidrogeoquímicas observadas. Isso envolve também as diferenças do meio físico e vegetal, citando-se a peculiaridade das áreas inundáveis, em que as condições de qualidade da água são bastante distintas. Esse processo abrange melhor entendimento a respeito das condições naturais para que então sejam incluídas na definição dos padrões de avaliação da qualidade da água.

Assim, a implantação do Observatório Regional Amazônico (ORA) tem sido priorizada pela OTCA como um espaço de articulação em diferentes áreas de informação dos países amazônicos. Este observatório compila, armazena e publica os dados que provêm de diversas entidades governamentais dos Países Membros ou, melhor ainda, dos Sistemas Nacionais de Informação.

Este primeiro Relatório sobre a situação da qualidade da água na Bacia Amazônica trouxe uma visão integrada das pressões, dos estados e das respostas, levando em conta diferentes fontes de dados. É, portanto, um primeiro passo, mas ao mesmo tempo um avanço para a gestão qualitativa na bacia. Muitas lacunas foram identificadas, demonstrando a importância de que estudos similares sejam realizados e apontando soluções para grandes desafios de gestão que envolvem tanto as instituições em si quanto a necessidade de ações contínuas e com financiamentos de longo prazo.

A atividade de mineração foi uma das pressões mais expressivas identificadas e há uma série de estudos publicados acerca dessa temática, todavia, eles normalmente são desenvolvidos por diferentes instituições e em pequena escala. O Observatório de Mercúrio pode ser considerado boa prática nesse contexto, pois procura integrar essas informações. Considerando os prejuízos à saúde e ao ambiente associados à presença de metais nas águas, um grande desafio para a gestão na BHA é monitorar de forma mais precisa esse impacto para poder planejar ações de mitigação numa atividade que pode crescer, dado o potencial da região. Ainda sobre esse aspecto, cabe mencionar o avanço das atividades minerárias ilegais e a necessidade de atuação conjunta das diferentes instituições dos

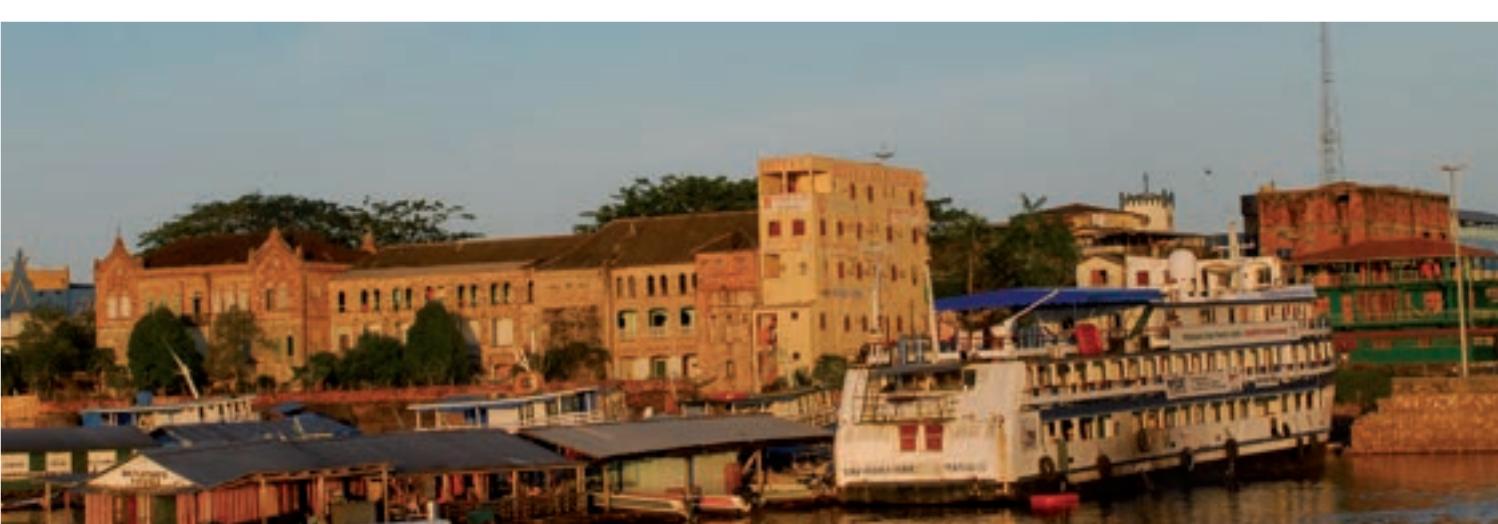
Considerando toda a riqueza de recursos da Amazônia e suas singularidades culturais, construir essa gestão compartilhada é importante para que os problemas identificados sejam mitigados e ações para lidar melhor com problemas emergentes, como a mudança climática, sejam estruturadas de forma a garantir qualidade da água apropriada para os rios e para a população que dela dependem.

Item	Tema	Fontes
1	Áreas Naturais Protegidas	"Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP), 2015; ISA, 2020, a partir de los documentos oficiales; Mapa Digital Parques Nacionales Naturales según la categoría. Escala 1:100.000. República de Colombia. Parques Nacionales Naturales de Colombia 2019; Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador (MAAE, 2020); DCW; DEAL, 2007; Ministerio del Ambiente (MINAM)-Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), 2019; World Database Protected Areas (WDPA), 2006; Provita, 2020, a partir de gacetas oficiales."
2	Terras Indígenas	"Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA), 2018; ISA, 2020, a partir de los documentos oficiales; Mapa Digital de Resguardos Indígenas. República de Colombia. Agencia Nacional de Tierras 2019; Capa de EcoCiencia, 2019; Indigenous Affairs/Gobierno de la Guyana, 2009; DEAL, 2007; Comunidades nativas: IBC-SICNA 2019; Comunidades campesinas: SICCAM-IBC/CEPES, 2019; Reservas indígenas (creadas y propuestas): Ministerio de Cultura, 2019; Freire, G., Tillet, A. 2007. Salud Indígena en Venezuela. Mapa general. Ediciones de la Dirección de Salud Indígena, Caracas, Venezuela. - MPP Ambiente y MPP Pueblos Indígenas 2014. Mapa Tierras Indígenas. Dir. Gen. POT / Sec. Tec. Com. Nac. Demarcación del Hábitat y Tierra de los Pueblos y Comunidades Indígenas. Caracas, Venezuela. - Wataniba 2019 (en trabajo conjunto con organizaciones indígenas Oipus, HOY, Kuyunu, Kuyukani, Kuyujani originario, Kubawy)."
3	Desmatamento	Coleção de mapas anuais de desmatamento gerados pela RAISG, 2020, com base nos mapas MapBiomass Amazonia Land Cover and Use (2001-2018), uma iniciativa liderada pela RAISG. "Serviço Nacional de Geología y Técnico de Minas (SERGETECMIN), 2013; DNPM, 2020;
4	Mineração	Censo minero digital de la república de Colombia. Agencia Nacional de Minería, 2019; Agencia de Regulación y Control Minero, (ARCOM, 2019); Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, 2019; Ministerio de Energía y Minas, 2017."
5	Mineração Ilegal	"Serviço Nacional de Geología y Técnico de Minas (SERGETECMIN), 2013; DNPM, 2020; Censo minero digital de la república de Colombia. Agencia Nacional de Minería, 2019; Agencia de Regulación y Control Minero, (ARCOM, 2019); Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, 2019; Ministerio de Energía y Minas, 2017."
6	Agropecuária	"Extraído dos mapas anuais (2001 e 2018) de Cobertura e Uso do Solo da Coleção 2 gerados no âmbito da iniciativa MapBiomass Amazonia, liderado pela RAISG; dados disponíveis para download em https://amazonia.mapbiomas.org/ "
7	Usinas hidrelétricas e Pequenas Centrais Hidrelétricas	"Empresa Nacional de Electricidad (ENDE), 2018; ANEEL, set/2019; Ministerio de Energías y Recursos no Renovables del Ecuador, 2019; Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - OSINERGMIN, 2018; Camacho Gabriel y Carrillo Augusto, 2000. EDELCA, 2004. Herrera Karina, 2007. Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica, 2013. Grupo Orinoco Energía y Ambiente, 2015."
8	Lotes Petrolíferos	"Viceministerio de Exploración y Explotación de Hidrocarburos (VMEEH), 2017; ANP - Banco de Dados de Exploração e Produção BDEP, 2019; Mapa digital de Áreas. Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2019; Ministerio de Energías y Recursos no Renovables del Ecuador, 2019; PerúPetro/ Ministerio de Energía y Minas - MINEM, 2019; Ministerio de Energía y Petróleo, 2017."

Fonte: RAISG

BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A. N. (2002). Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira. *Estudos Avançados*, v. 16 nº. 45, pg. 7-30.
- AMAZONAS ATUAL. MPF processa responsáveis pelo PROSAMIM III por danos ambientais. Disponível em: <<https://amazonasatual.com.br/mpf-processa-responsaveis-pelo-prosamim-3-por-danos-ambientais/>>. Acesso em: 31 de agosto de 2021.
- ANA. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. Catálogo de Metadados da ANA. *Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 (BHO 2017)*. Disponível em <<https://metadados.snrh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/0c698205-6b59-48dc-8b5e-a58a5dfc989>>. Acesso em jun/2021.
- Agência Nacional de Águas. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras - Edição Especial*. - Brasília: ANA, 2015.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil*. Brasília: 2012. 264 p.
- ANA. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. *ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores*. Brasília: ANA, 2019. 94 p.
- ANA, IRD. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico; Institut de Recherche pour le Développement. HidroSat – Monitoramento Hidrológico por Satélite. Disponível em <<http://hidrosat.ana.gov.br/>>. Acesso em jun/2021.
- ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. *Plano Nacional de Integração Hidroviária, Laboratório de Transportes e Logísticas - LABTRANS/UFSC*, Fevereiro de 2013.
- BOLÍVIA. Informe Nacional Voluntário - 2021. Disponível em <https://www.udape.gob.bo/portales_html/ODS/28230Bolivia_VNR.pdf>. Acesso em fev/2022.
- BUCHER, B. H.; HUSZAR, P. C. *Critical environmental costs of the Paraguay-Paraná waterway project in South America*. Ecological Economics, Vol 15, Issue 1, 1995, p.3-9.
- BUENO, C. V. G.; RIQUELME, E. M. P. *El impacto de la actividad extractiva petrolera en el acceso al agua: el caso de dos comunidades kukama kukamiria de la cuenca del Marañón (Loreto, Perú)*. Revista Anthropologica. Ano 34, nº 37, 2016, p. 33-59.
- CAER. Companhia de Águas e Esgotos de Roraima. Disponível em: <http://www.caer.com.br/static/ambiental/projeto_socioambiental.jsp>. Acesso em: 1º set. 2021.
- CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. *Ecologia*. 3 ed. Porto Alegre: Arntmed, 2018.
- CINCHIA. Centro de Innovación Científica Amazónica. Disponível em: <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/CINCHIA-Fact_Sheet-Spanish-February_2021.pdf>.
- CMB. Comissão Mundial de Barragens. *Barragens e desenvolvimento: uma nova estrutura para a tomada de decisão*. UK/USA: Earthscan, 2000.
- CUNHA, T. J. F.; CANELLAS, L. P.; MADARI, B. E. Manejo indígena, substâncias húmidas e fertilidade de solos antropogênicos. *Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água*, vol. 16, 2006. Resumos e palestras. Aracaju: SBCS; UFS: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006.
- DINIZ, C.; MARINHO, R.; CORTINHAS, L.; SADECK, L.; WALFIR, P.; SHIMBO, J.; ROSA, M., & AZEVEDO, T. *Nota Técnica sobre Sedimentos em Suspensão na Bacia do Tapajós*. 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Rogerio-Marinho/publication/358078041_Nota_Tecnica_sobre_Sedimentos_em_Suspensao_na_Bacia_do_Tapajos.pdf>. Acesso em: jun/2021.
- EL PAÍS. *Derramamentos de petróleo que destroem florestas e tradições no Equador*. A Amazônia está em perigo constante. Petroleiras exploram algumas áreas da floresta equatoriana há décadas e causam danos irreversíveis. Giannmarco Di Costanzo e Lorenzo Ambrosino, publicada em 30 de julho de 2021. Disponível em <https://brasil.elpais.com/brasil/2021/07/14/album/1626269452_663435.html#foto_gal_1>. Acesso em out/2021.
- ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras SA. *Avaliação Ambiental Integrada Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu*. São Paulo-SP: Governo Federal/ELETROBRAS, v. 1, 2009, 204p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Análise do impacto da bovinocultura sobre a qualidade da água*. Embrapa Cerrados. Bioma: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pampa, Pantanal. 2011.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Pesquisas comprovam efeitos danosos das cinzas de queimadas no solo e na água*. Notícias. Produção vegetal - Recursos naturais - Gestão ambiental e territorial. Publicado em 29/01/19. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/40809567/pesquisas-comprovam-efeitos-danos-das-cinzas-de-queimadas-no-solo-e-na-agua>>. Acesso em set/2021.
- FAPESP. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. *O alerta da poluição nos rios da Amazônia*. 2002. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/o-alerta-da-poluicao-nos-rios-da-amazonia/>>. Acesso em: jun/2021.
- FAS. Fundação Amazônia Sustentável. *Iniciativa "Rios Limpos para mares limpos" da ONU Meio Ambiente é lançada no Amazonas*. Disponível em: <<https://fas-amazonia.org/iniciativa-rios-limos-para-mares-limos-da-onu-meio-ambiente-e-lancada-no-amazonas/>>. Acesso em: 30 ago. 2021.
- FASSONI-ANDRADE, Alice César et al. *Amazon hydrology from space: scientific advances and future challenges*. Reviews of Geophysics, v. 59, n. 4, p. e2020RG000728, 2021.
- FRANCO, V. S.; SOUZA, E. B.; LIMA, A. M. M. *Cheias e vulnerabilidade social: estudo sobre o rio Xingu em Altamira/PA*. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. 21. 2018.
- HARPER, D. *Eutrophication of freshwaters: principles, problems and restoration*. London, Chapman Hall, 1992.
- HENRY, H. *Environmental science and engineering*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1989.
- HYBAM. *SO-HYBAM Amazon basin water resources observation service*. Disponível em <<https://hybam.obs.mip.fr/pt/website-under-development-4/>>. Acesso em jun/2021.
- HYNES, H. B. N. *The ecology of running water*. Liverpool, Liverpool University Press, 1979.
- IAGUA. *La contaminación petrolera del Amazonas está modificando la composición química del agua*. 2017. Disponível em: <<https://www.iagua.es/noticias/espana/universitat-autonoma-barcelona/17/08/01/contaminacion-petrolera-amazonas-esta>>. Acesso em: jun/2021.
- IBAM. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Disponível em: <<http://www.amazonia-ibam.org.br>>. Acesso em: 1º set. 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Estimativas da População*. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=28674&t=resultado>>. Acesso em: jul./2021.
- IDSM. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. *Lixo na floresta: pesquisa mostra alta quantidade de resíduos sólidos em região da Amazônia*. Publicado em 10 de dezembro de 2019. Disponível em <<https://www.mamiraua.org.br/noticias/lixo-na-floresta-pesquisa-residuos-solidos-amazonia>>. Acesso em out/2021.
- IHA. International Hydropower Association. Disponível em: <<https://www.hydropower.org>>. Acesso em: 29 ago. 2021.
- IMAZON. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. *A floresta habitada: História da ocupação humana na Amazônia*. Disponível em: <<https://imazon.org.br/a-floresta-habitada-historia-da-ocupacao-humana-na-amazonia/>>. Acesso em: set/2021.
- INFOAMAZONIA. Rede InfoAmazonia cria o "Mãe d'Água" para monitorar a qualidade d'água. Disponível em: <<https://rede.infoamazonia.org/mae-dagua/>>. Acesso em: 23 ago. 2021.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Brasil. *BDQueimadas*. Disponível em <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>>. Acesso em out/2021.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2021 - The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC AR6 WGI. Ago/2021. 3.949p.
- ISA. Instituto Socioambiental. *Xingu: o rio que pulsa em nós*. Monitoramento independente para registo de impactos da UHE Belo Monte no território e no modo de vida do povo Juruna (Yudjá) da Volta Grande do Xingu. Altamira, 2018.
- KIRBY, K. R.; Laurence, W. F.; Albernarz, A. K.; Schroth, G.; Fearnside, P. M.; Bergen, S.; Venticinque, E. M.; Costa, C. *The future of deforestation in the Brazilian Amazon*. Futures, Vol. 38, Issue 4, pág. 432-453. Maio de 2006. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.ez83.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0016328705001400?via%3Dihub>>. Acesso em: ago/2021.
- MAPBIOMAS. Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra. *Mapeamento anual da cobertura e uso da terra no Brasil (1985-2020) - Destaques Amazônia*. Setembro, 2021. 15p.
- MOBILITAS. *Hidrovia Amazônica: integração e segurança*. Disponível em: <<https://mobilitas.lat/2019/10/23/hidrovia-amazonica-integracao-e-seguranca/>>. Acesso em: 1º set. 2021.
- MOYA, J. *Migração e formação histórica da América Latina em perspectiva global*. Revista Sociologias, Porto Alegre, ano 20, n. 49, set-dez 2018, p. 24-68.
- NAIME, R. *Impactos socioambientais de hidrelétrica se reservatórios nas bacias hidrográficas brasileiras*. Monografias Ambientais, v. 9, n. 9, p. 1924-1937, 2012.
- NUNES, W. Rio e cidade de Ji-Paraná: em alguns trechos, quase tão alterado quanto o Piracicaba, no interior paulista. *Revista Pesquisa Fapesp*, ed. 74, abr. 2002.
- OBERVATÓRIO DO MERCÚRIO NA AMAZÔNIA. *Mapeando os impactos do garimpo de ouro na Amazônia*. Disponível em <<https://panda.maps.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=e74f4fc219b3428b8e4bce4d7295f210>>. Acesso em out/2021.
- OTCA. *Analisis Diagnóstico Transfronterizo Regional de la Cuenca Amazónica - ADT*. Projeto OTCA/PNUMA/GEF Amazonas. 2018.
- OTCA. *Programa de Acciones Estratégicas: Estrategia Regional para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en la Cuenca Amazónica*. Projeto OTCA/PNUMA/GEF Amazonas. 2018.
- OTCA/PNUMA/GEF. *Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática da Bacia Amazônica*. Projeto OTCA/PNUMA/GEF – Recursos Hídricos e Mudanças Climáticas, 2021.
- OTCA. Organização do Tratado de Cooperação Amazônica. *OTCA e Países Membros dão início ao processo de definição do Comitê Gestor do Observatório Regional Amazônico*. Informativo, Projeto Bioamazonia. 2021. Disponível em: <<http://otca.org/otca-e-paises-membros-dao-inicio-ao-processo-de-definicao-do-comite-gestor-do-observatorio-regional-amazonico/>>. Acesso em: 25 out 2021.
- OTCA. Organização do Tratado de Cooperação Amazônica. *Quem Somos?* 2023. Disponível em: <<http://otca.org/pt/quem-somos/>>. Acesso em: 19 jan 2023.
- OVIDEJO, Antonio; LIMA, William Pereira; AUGUSTO, Cicero. *O arco do desmatamento e suas flechas*. 2020.
- PETROECUADOR. *Gobierno de la República del Ecuador*. 2022. Disponível em: <<https://www.eppetroecuador.ec/?p=9596>>. Acesso em: 22 nov. 2022.
- PREFEITURA DE MANAUS. *Prefeitura e UGPE Prosamim debatem novo termo de cooperação técnica*. [s.d]. Disponível em: <<https://www.manaus.am.gov.br/noticia/prefeitura-e-ugpe-prosamim-debatem-novo-termo-de-cooperacao-tecnica/>>. Acesso em: mai/2022.
- PROSAMIM. *Programa Social e Ambiental dos Igapés de Manaus*. Disponível em: <<http://prosamim.am.gov.br/o-prosamim/o-programa/>>. Acesso em: 31 de agosto de 2021.
- RAISG. Red Amazônica de Información Socioambiental Georreferenciada. *Amazonía bajo presión*. São Paulo: ISA - Instituto Socioambiental, 2020.
- RIBEIRO-BRASIL, D. R. G.; TORRES, N. R.; PICANÇO, A. B.; SOUZA, D. S. RIBEIRO, V. S.; BRASIL, L. S.; MONTAG, L. F. A. *Contamination of stream fish by plastic waste in the Brazilian Amazon*. Revista Environmental Pollution. Volume 266 – parte 1, novembro de 2020. 11 p.
- RÍOS-VILLAMIZAR, E.A.; ADENEY, J.M.; PIEDADE, M.T.F.; JUNK, W.J. *Hydrochemical Classification of Amazonian Rivers: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Revista Caminhos da Geografia. v.21, n.78, p.211-226. 2020.
- SANTO ANTONIO ENERGIA. *Monitoramento atesta a qualidade da água do rio Madeira*. Disponível em: <<https://www.santoantonioenergia.com.br/monitoramento-atesta-a-qualidade-da-agua-do-rio-madeira/>>. Acesso em: 02 de setembro de 2021.
- SANTOS, F.A. dos. *Caracterização citogenética em Hoplias malabaricus (Bloch, 1974) provenientes de rios de águas brancas, águas claras e águas pretas da Bacia Amazônica*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará. Santarém, 2012.
- SATHLER, Douglas; MONTE-MÓR, Roberto L.; CARVALHO, José Alberto Magno de. As redes para além dos rios: urbanização e desequilíbrios na Amazônia brasileira. *Nova economia*, v. 19, p. 11-39, 2009.
- SERVIR. *Servir-Amazônia*. Disponível em: <<https://servir.ciat.cgiar.org>>. Acesso em: 1º set. 2021.
- SIOLI, H.; KLINGE, H. *Solos, Tipo de Vegetação e Águas na Amazônia*. Boletim do Museu Paranaense Emílio Goeldi. Belém. v. 1, p. 1 - 18. 1962.
- SOARES, M. G. M.; PIEDADE, M. T. F.; MAIA, L. A.; DARWICH, A.; OLIVEIRA, A. C. M. *Influência do pulso de cheia e vazantes na dinâmica ecológica de áreas inundáveis*. In: Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil - Resultados (Fase Emergencial e Fase I). 1999. p. 425-445.
- UN. UNITED NATIONS. *The 17 Goals*. [s.d]. Disponível em: <<https://sdgs.un.org/goals>>. Acesso em: jun/2021.
- UN. UNITED NATIONS. *UN-Water*. 2021. Disponível em: <<https://sdg6data.org>>. Acesso em: jun/2021.
- UNICAMP. Universidade Estadual de Campinas. *Compostos identificados no Rio Amazonas ameaçam biodiversidade*. 2021. Disponível em <<https://www.unicamp.br/unicamp/noticias/2021/08/11/compostos-identificados-no-rio-amazonas-ameacam-biodiversidade>>. Acesso em mar/2022.
- VERÍSSIMO, Tatiana Corrêa. *A floresta habitada: história da ocupação humana na Amazônia* / Tatiana Veríssimo, Jakeline Pereira; colaboração de Adalberto Veríssimo; ilustrado por: Livando Malcher e Biratan Porto; Jakeline Pereira - Belém, PA: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), 2014.
- VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*, 2005. In: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, MG, vol. 3 ed. 2005.



Rio Napo | Equador | Banco de Imagens da OTCA

