



PROJETO AMAZONAS: AÇÃO REGIONAL NA ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS

MONITORAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA AMAZÔNICA REDE HIDROLÓGICA AMAZÔNICA – RHA

Relatório da Proposta de Rede Hidrológica de Monitoramento da Água na Bacia Hidrográfica Amazônica

MARÇO 2021

RELATÓRIO DA PROPOSTA DE REDE HIDROLÓGICA AMAZÔNICA – RHA

Organização do Tratado de Cooperação Amazônica - OTCA

Emb. Alexandra Moreira – Secretária da OTCA

Emb. Carlos Lazary – Diretor da OTCA

Agência Nacional de Águas e Saneamento – ANA

Ricardo Andrade - Diretor

Eng. Tibério Pinheiro – Superintendente

Eng. Marcelo Medeiros - Superintendente

Eng. Marcelo Mazzola – Coordenador

Eng. Fabrício Vieira – Coordenador

Agência Brasileira de Cooperação – ABC

Cecilia Malaguti – Coordenadora

Paola Barbieri – Analista de Projeto

Luiz Bacelar – Assistente de Projecto

Serviço Geológico Brasileiro - CPRM

Alice Castilho - Diretora

Frederico Peixinho – Chefe

RELATÓRIO DA PROPOSTA DE REDE HIDROLÓGICA AMAZÔNICA – RHA

Organização e Redação

Luciana Sarmento – Especialista da ANA

Márcio Cândido – Pesquisador da CPRM

Colaboradores

Diego Pacheco – OTCA

Marcela Ibacache – OTCA

Marcelo Pires – ANA

Apoio dos Países Membros da OTCA

Pontos Focais Técnicos (designados pelas respectivas chancelarias)

RELATÓRIO DA PROPOSTA DE REDE HIDROLÓGICA AMAZÔNICA – RHA

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	5
2.	MONITORAMENTO TRANSFRONTEIRIÇO DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA AMAZÔNICA..	8
2.1	IMPORTÂNCIA E DESAFIOS DO MONITORAMENTO DE BACIAS TRANSFRONTEIRIÇAS	8
2.2	MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL	13
2.3	NEXO ENTRE O MONITORAMENTO TRANSFRONTEIRIÇO E O ODS 6.5 NA AMAZÔNIA	17
3.	A REDE HIDROLÓGICA AMAZÔNICA – RHA.....	23
3.1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	23
3.2	BASE TEÓRICA: O MODELO DE COBERTURA APLICADO AO MONITORAMENTO DE BACIAS TRANSFRONTEIRIÇAS	31
3.3	OBJETIVOS DA RHA.....	39
3.4	A CONCEPÇÃO DA RHA	39
3.4.1	Materiais Utilizados.....	39
3.4.2	Metodologia para o Planejamento da Rede Hidrológica Amazônica - RHA	41
3.5	RESULTADOS	57
3.5.1	Visão Geral	57
3.5.2	Resultados por País	59
4.	ESTRATÉGIA GERAL PARA IMPLANTAÇÃO E OPERACIONALIZAÇÃO DO MONITORAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA AMAZÔNICA.....	76
4.1	PREMISSAS	76
4.2	LINHAS DE ATUAÇÃO PRIORITÁRIAS PARA IMPLANTAÇÃO E OPERACIONALIZAÇÃO DO MONITORAMENTO.....	77
4.2.1	Governança do Monitoramento da Bacia Hidrográfica Amazônica.....	78
4.2.2	Fomento ao Envolvimento e Informação.....	79
4.2.3	Harmonização Metodológica	80
4.2.4	Desenvolvimento de Recursos Humanos.....	81
4.2.5	Gestão da Rede de Monitoramento	82
4.2.6	Manejo e Divulgação dos Dados	83
5.	BIBLIOGRAFIA REFERENCIADA	86
6.	ANEXOS	89

1. INTRODUÇÃO

A Bacia Amazônica é o maior sistema fluvial de água doce do planeta. Drena uma área de $6,2 \times 10^6 \text{ km}^2$ e descarrega uma média de 6.300 km^3 de água no Oceano Atlântico anualmente, o que corresponde a 20% da descarga mundial (Marengo, 2006; Mostafavi *et al*, 2018). A representatividade territorial também impressiona já que a bacia abrange partes expressivas dos territórios do Peru (75%), Bolívia (66%), Brasil (45%), Equador (52%), Colômbia (30%) e, em menor porcentagem, da Guiana (6%) e Venezuela (6%), representando pouco mais de um terço do continente sul-americano (OTCA, 2018).

As descargas líquidas dessa bacia hidrográfica estão sujeitas à variabilidade interanual e de longo termo na precipitação tropical que produzem grandes variações nos hidrogramas a jusante da sua rede de drenagem. O balanço hídrico também varia em toda a bacia, sendo que é maior na região sul da Amazônia do que na região norte (Marengo, 2006; Marengo, 2005).

A Bacia Amazônica também apresenta eventos críticos intensos, geralmente a cada 10 anos, com secas severas (cotas de 15,8 m) e cheias (cotas de 29,0 m) observadas em Manaus. Cheias excepcionais ocorreram em 2009 e 2012 e foi verificado que os níveis médios diários em Manaus têm apresentado uma tendência significativa de aumento de cerca de 1 m (5% da média) nos últimos anos. Durante a primeira metade do século XX, as cheias ocorriam a cada 20 anos e, a partir dos anos 2000, vem ocorrendo a cada 4 anos (Barichivich, 2018). Os piores períodos de seca foram observados em 1906, 1963, 2005 e 2010. Nesse último ano, observou-se uma seca generalizada que foi, particularmente notável a jusante do curso principal da bacia bem como em vários de seus principais afluentes. A redução drástica dos níveis dos rios na seca de 2010 afetou sobremaneira a população ribeirinha que depende do transporte fluvial (Marengo *et al*, 2011).

Nesse sistema hidrológico complexo, a Gestão Integrada de Recursos Hídricos – GIRH – depende fortemente do monitoramento hidrometeorológico para obter as informações necessárias para o planejamento, tomada de decisões e gestão operacional da água nos

níveis local, nacional e transfronteiriço. Os programas de monitoramento também são fundamentais para a proteção da saúde humana e do meio ambiente em geral (SIWI, 2020).

À complexidade hidrológica amazônica acrescentam-se os desafios derivados das peculiaridades da sua configuração político-administrativa, caracterizada pelo envolvimento de 7 Estados Nacionais, fato que posiciona a bacia transfronteiriça em terceiro lugar no que tange ao número de países que a compartilham, somente atrás do rio Nilo, que contempla 10 países, e do rio Danúbio, que reúne 17 países (Lane, 2015). Nesse cenário, a prática da hidrodiplomacia pode desempenhar um papel muito importante no estabelecimento e manutenção do intercâmbio de dados e informações entre os países ajudando, ainda, a desenvolver soluções razoáveis, sustentáveis e pacíficas para a alocação e gestão da água e, ao mesmo tempo, promover a cooperação regional e a colaboração (SIWI, 2020).

Levantamentos realizados pela Organização do Tratado de Cooperação Amazônica – OTCA – apontaram que a GIRH na bacia amazônica é insuficiente, dentre outros motivos, pela escassez de informação e dados. Os estudos indicam dentre as ações prioritárias: a implantação de um sistema regional de monitoramento da qualidade da água dos rios da bacia e de uma rede de monitoramento hidrometeorológico na Bacia Amazônica (OTCA, 2018-a; OTCA, 2018-b).

O estabelecimento de uma Rede Hidrológica Amazônica – RHA, integrada por todos os países que compartilham a bacia, tem a função de instituir a sistemática de intercâmbio de dados bem como harmonizar os procedimentos operacionais com vistas a assegurar a qualificação, tempestividade e comparabilidade dos dados hidrometeorológicos gerados na bacia para a GIRH.

Considerando tudo isso, o presente documento apresenta os resultados do planejamento da RHA, realizado com recursos do Projeto Amazonas: Ação Regional na Área de Recursos Hídricos, fruto de uma parceria entre a OTCA, Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA-Brasil) e a Agência Brasileira de Cooperação. A concepção da RHA foi feita de forma participativa com o envolvimento dos países membros da OTCA por meio de discussões técnicas, intercâmbio de informações, treinamentos e reuniões que contaram

com participação dos principais *stakeholders* do setor de recursos dos países amazônicos bem como das suas instancias diplomáticas.

No capítulo 2 serão discutidas a importância o monitoramento de bacias transfronteiriças para o suporte da Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) na Bacia Amazônica e os desafios que circundam essa iniciativa. Também são apresentados os marcos institucionais e legais que balizam a implantação de uma rede integrada acordada pelos países membros da OTCA e, no âmbito mundial, o nexo entre esse monitoramento e a consecução, até o ano de 2030, do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável que incentiva a implementação da GIRH e da cooperação hídrica – ODS 6.5 – em bacias transfronteiriças.

No capítulo 3 são apresentadas informações sobre o histórico do planejamento da RHA bem como a metodologia que foi empregada na sua conformação. Nisso é importante destacar que rede de estações desenhada aproveita estações já existentes nos países e que, por outro lado, permite que ao longo do tempo novos objetivos de monitoramento sejam incorporados ademais daqueles que foram inicialmente estabelecidos, quais sejam, o monitoramento nas fronteiras e a determinação do balanço hídrico na bacia. Ainda no capítulo 3, são os resultados obtidos na escala da bacia e na escala de cada país que podem ser consultados por meio de mapas e tabelas.

No capítulo 4 apresentam-se as ideias iniciais referentes a estratégia geral para implantação e operacionalização da RHA, considerando as premissas e as principais linhas de atuação que se sustentam no estabelecimento da governança, no fomento do envolvimento e informação dos stakeholders, na harmonização metodológica, no desenvolvimento de recursos humanos, na criação das condições de gestão ao longo do tempo e no manejo e divulgação dos dados.

E por fim, o capítulo 5 apresenta a bibliografia consultada.

2. MONITORAMENTO TRANSFRONTEIRIÇO DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA AMAZÔNICA

2.1 IMPORTÂNCIA E DESAFIOS DO MONITORAMENTO DE BACIAS TRANSFRONTEIRIÇAS

A produção e compartilhamento de dados confiáveis, atualizados e relevantes entre países ribeirinhos são importantes para diversas atividades de planejamento, monitoramento, avaliação, prevenção e alerta em bacias transfronteiriças. Um programa de monitoramento integrado entre os países que compartilham a bacia pode subsidiar as ações políticas apropriadas uma vez que, fundamentada em métodos harmonizados e comparáveis, fornece uma base comum para a tomada de decisões, para a avaliação do estado atual da água em quantidade e qualidade bem como da sua variabilidade no espaço e no tempo (GWP e INBO, 2014).

No entanto, a troca de informações e dados em uma bacia transfronteiriça é muitas vezes difícil tanto por razões estruturais (onde não há acordo ou protocolo entre os países para esse fim) quanto por razões técnicas (ligadas a dificuldades relacionadas à coleta de informações, harmonização de formatos de dados, definições, métodos de análise, frequência de coleta de dados, a densidade das redes de monitoramento e o processamento de dados).

Coe *et al.* (2002) identificaram, por exemplo, que a descarga líquida gerada na bacia é consistentemente subestimada, em mais de 20%, para afluentes que drenam regiões fora do Brasil e no curso principal. O pesquisador acredita que a subestimação da descarga é provavelmente resultado da subestimação da precipitação no conjunto de dados usado como entrada do modelo que foi utilizado.

A conformação de uma rede integrada de monitoramento permite a concertação da coleta de informações, métodos de análise, frequência de coleta de dados, densidade de redes de monitoramento e processamento de dados; diminui a heterogeneidade e incompletude dos dados proporcionando comparabilidade e adequação para a tomada de

decisões objetivas; no aprimoramento de seus processos e atenua a resistência das autoridades nacionais para fornecer informações aos países vizinhos (GWP e INBO, 2014).

A elaboração de programas de monitoramento inclui a seleção de parâmetros, locação das estações, estabelecimento da frequência de amostragem, realização de medições de campo e, eventualmente, análises de laboratório. Em relação aos parâmetros, por razões de eficiência, a quantidade monitorada deve ser restrita àquelas variáveis que efetivamente serão usados na gestão de recursos hídricos. Na seleção de locais pode-se dizer que há 2 níveis que devem orientar a escolha de um sítio representativo para implantação da estação: numa escala macro, os locais de monitoramento serão determinados pelo objetivo definido e, numa escala micro, o local escolhido deve considerar as condições locais, tais como a acessibilidade e a adequação da seção transversal. As principais localizações das estações de monitoramento são os trechos baixos de rios, imediatamente à montante da desembocadura do rio, onde os rios atravessam fronteiras, próximo a confluência com tributários e próximo às principais cidades na bacia hidrográfica, nesse caso, o dado é importante para a previsão de cheias, abastecimento de água e transporte. Em relação à frequência de monitoramento, devem ser considerados: a adequada definição da relação cota-vazão, as características das descargas quanto a sazonalidade e variabilidade. Numa estação nova são necessárias muitas medições de descarga sob diferentes níveis até que seja definida a relação cota-vazão, enquanto nas estações já existentes a quantidade de medições necessárias é aquela necessária para manter a curva-chave atualizada. Em relação aos métodos de medição há que se privilegiar os que sejam eficientes e adequados às condições dos rios da bacia (ECE, 2000).

Ainda são muito presentes entre o público institucional interessado em hidrometria as recomendações para planejamento de redes de monitoramento indicadas há mais de 45 anos atrás no Guia para Práticas Hidrológicas da Organização Meteorológica Mundial – OMM – que utilizam o critério de densidade de estações baseado em definições amplas das regiões hidrológicas, climáticas e topográficas como indicador de quantidade e distribuição de postos de monitoramento que assegure, regionalmente, a interpolação entre conjuntos de dados em diferentes estações para determinar com precisão suficiente

e para fins práticos as características dos elementos hidrológicos e meteorológicos básicos em qualquer lugar da região. Ainda mais contemporânea é a ideia estabelecida no Guia de que a conformação de rede hidrológicas é um processo evolutivo no qual uma cobertura mínima é estabelecida inicialmente e, ao longo do tempo, essa rede primária é atualizada, periodicamente, até que uma rede de monitoramento ideal seja alcançada (WMO, 1974).

Outra tese usual proposta pela OMM é a de que o desenho de uma rede de monitoramento tem a responsabilidade de traduzir as metas estabelecidas no planejamento em um conjunto de objetivos que possam ser metricamente quantificados. Assim, a eficácia dos dados resultantes na realização dos objetivos propostos é a verdadeira medida do valor da rede planejada, isto é, se a eficácia da rede for maximizada, então, o desenho forneceu um planejamento de rede ideal (WMO, 1982).

O monitoramento da quantidade e da qualidade de d'água entre nações adjacentes é uma importante missão de antecipação de impactos futuros em bacias hidrográficas transfronteiriças causados, por exemplo, pelo aumento da irrigação e outros tipos de bombeamento, e futuras disputas por direitos da água. Uma vez que as políticas de alocação e as leis diferem entre estados nacionais, é importante medir os fluxos significantes transfronteiriços (USGS, 2004).

Medições de fluxos em desembocaduras dos rios das bacias tem por objetivo prover dados representativos para cada uma das principais bacias no país. O objetivo da métrica é medir o máximo possível cada unidade hidrográfica para ter em conta a quantidade em pelo menos 90 % da área drenada, esses dados vão compor o balanço hídrico, informação sumamente importante para o planejamento de recursos hídricos, tais como, análises nacionais da disponibilidade de água e do uso da água e suas alterações temporais e efeitos de mudanças importantes na bacia hidrográfica como, por exemplo, construção de barragens, abastecimento de água, alterações da biota, dentre outros (USGS, 2004).

Dentre as vantagens relacionadas ao monitoramento integrado em uma bacia transfronteiriça estão a determinação de informações de referência para gestão internacional de conflitos, a melhora no conhecimento da hidrologia da bacia, a disponibilização de informações para projetos de obras hidráulicas com impactos

internacionais, a determinação de dados para cálculos do balanço de água, o levantamento de informações para a gestão de eventos críticos com alcance internacional e a possibilidade de subsidiar a avaliação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Todos esses elementos são importantes para o suporte da Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) na bacia.

Paralelamente, há um ganho adicional no que tange ao fortalecimento da cooperação internacional entre os países da Bacia, a estimulação de intercâmbio e desenvolvimento de informações, oferece capacidade de treinamento e acesso a novas tecnologias, ajudam a melhorar a gestão geral do Monitoramento de Recursos Hídricos no país e apoiam o cumprimento de compromissos internacionais.

A chave para a cooperação no que se refere ao manejo de bacias hidrográficas transfronteiriças está baseada na convergência das agendas nacionais de recursos hídricos. Quando essas agendas se sobrepõem em um grau muito grande nas percepções de cada país, eles constatarem os benefícios relativos da cooperação e, com isso, reconhecem a necessidade de trabalhar juntos.

Segundo a RIOCI e GWP (2012), os desafios relacionados à gestão internacional de recursos hídricos diferem da gestão em nível nacional das seguintes maneiras:

- A soberania estatal influencia a dinâmica da gestão da bacia transfronteiriça em dimensões importantes que a distinguem dos contextos nacionais;
- A gestão de recursos hídricos geralmente responde aos quadros nacionais de política nacional legal e institucional, estabelecida a priori sem coordenação ou coerência entre os países em suas relações sobre águas internacionais compartilhadas;
- Os interesses e objetivos da água estão relacionados ao desenvolvimento nacional e objetivos de segurança, e podem diferir de nação para nação;
- A proporção do país contido na bacia transfronteiriça pode, em alguns casos, ter um efeito sobre sua participação e disposição para estabelecer a colaboração transfronteiriça. Se um país participar da bacia em uma pequena parte de seu território, sua participação não será tão forte como se grande parte de seu território estivesse envolvida;

- Os conflitos sobre a alocação de recursos hídricos e a distribuição de benefícios são mais complexos e mais difíceis de gerenciar através das fronteiras internacionais onde a política internacional e conflitos históricos ou atuais (relacionados à água ou não) entram em jogo;

- A troca de informações e dados hídricos, o que já pode ser um problema entre diferentes serviços dentro do mesmo Estado, é muitas vezes mais difícil entre os Estados Nacionais que compartilham uma bacia;

- Em termos de água, pessoas e relações territoriais, os problemas enfrentados por dois países vizinhos dependentes de um único recurso são os mesmos, mas em um grau diferente daquele enfrentado numa menor escala, *e.g.* por populações locais vizinhas que compartilham água.

Ainda muito presente nas discussões sobre o monitoramento em bacias transfronteiriças é a percepção de que o dano físico só pode fluir rio abaixo, por exemplo a quantidade de vazão de água pode ser diminuída pelos ribeirinhos a montante através da construção de barragens, canais e dutos, e através do armazenamento e desvio das águas dos rios compartilhados. Do mesmo modo, a qualidade da água dos rios compartilhados pode ser afetada pelos ribeirinhos a montante através da poluição causada por resíduos industriais, esgotos ou escoamento agrícola. É menos óbvio, e geralmente não se percebe, que os ribeirinhos a montante podem ser afetados, ou mesmo prejudicados pelos usos a jusante. Estados Nacionais a jusante, ao contrário da lógica geográfica, pode causar danos apreciáveis às nações a montante pela limitação de suas possibilidades de uso da água no presente ou futuro em favor dos países usuários rio abaixo levando ao encerramento de usos futuros. Esse conceito é conhecido na literatura relacionada a hidrodiplomacia como ***Foreclosure of Future Uses*** (Salman, 2010).

Num curso d'água internacional se o desenvolvimento ocorre mais rapidamente no Estado localizado rio abaixo, o que leva ao uso intensivo e, frequentemente, unilateral dos cursos d'água, o escopo para o desenvolvimento nos países localizados rio acima pode encolher progressivamente, por isso, o estado a jusante está causando danos aos países rio acima.

Salman (2010) esclareceu como a ação unilateral dos ribeirinhos inferiores poderia criar direitos históricos que bloqueariam o desenvolvimento e os usos pelos ribeirinhos superiores. A relação entre o princípio do uso equitativo e razoável e a obrigação de não causar danos expressas na Convenção dos Cursos D'água ainda são pouco entendidas resultando em confusão entre os direitos e obrigações dos países ripários a montante e a jusante. Os ribeirinhos a montante acreditam, em geral, em uso equitativo e razoável, porque vêem esse princípio como estabelecendo o quadro para garantir que eles obtenham sua parte justa no curso d'água em questão. Por outro lado, ribeirinhos a jusante exigem que sejam notificados de qualquer atividade a montante para garantir que tal atividade não prejudique seus interesses. Cada grupo de ribeirinhos, em geral, acredita que a Convenção é tendenciosa em favor do outro, e que o direito internacional da água está de fato do seu lado.

Um grande segmento de especialistas em recursos hídricos acredita que a notificação é um direito exclusivo de ribeirinhos a jusante, porque apenas ribeirinhos a montante podem prejudicar ribeirinhos a jusante.

Esses ribeirinhos a jusante normalmente invocariam o princípio dos direitos adquiridos e a obrigação de não causar danos em face das reivindicações dos ribeirinhos a montante.

Assim, o fornecimento de informações sobre as medidas planejadas é uma via de mão dupla, rio acima e a partir de rio abaixo, esta é uma obrigação em ambos os conjuntos de estados, rio acima e rio abaixo.

2.2 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

O princípio da soberania permanente dos países sobre os recursos naturais foi pronunciado pela Assembleia Geral das Nações Unidas na Resolução 1803 (XVII) de 14 de dezembro de 1962. Por sua vez, a teoria da Soberania Territorial Limitada postula que cada nação ribeirinha pode usar a parte do curso de água situada no seu território, na medida em que o uso não cause danos significativos aos outros Estados ribeirinhos, reconhecendo-

se a existência de uma comunidade de interesses ao redor do curso de água. A doutrina requer, portanto, uma atribuição equitativa do uso do rio e dos seus recursos. Segundo Castro (2009) essa é a teoria predominante e reflete aquilo que tem sido debatido pela academia e tribunais nacionais e internacionais na direção da utilização de rios internacionais de forma equitativa e de forma que não prejudique significativamente o Estado vizinho.

As convenções globais servem como um marco de referência: Convenção sobre o Direito Relativo à Utilização dos Cursos de Água para fins Diversos dos de Navegação (Convenção de 1997) e Convênio da CEPE de 1992 sobre a Proteção e Utilização dos Cursos de Águas Transfronteiriças e dos Lagos Internacionais – Convênio de Helsinki.

Os marcos internacionais reconhecem que a troca de dados e informações sobre águas transfronteiriças é fundamental para a cooperação, decisões e gestão conjuntas entre os países que compartilham a bacia hidrográfica internacional. Os artigos 6º e 13º da Convenção das Águas e o artigo 9º da Convenção dos Cursos D'água incluem uma obrigação firme dos países de trocar tais dados e informações sobre as condições de um determinado sistema transfronteiriço de rios ou lagos. Além disso, sob os dois instrumentos, os países são obrigados a aplicar seus melhores esforços para responder a pedidos de dados e informações que não estão prontamente disponíveis.

Os princípios gerais do direito internacional de águas são categorizados em dois tipos: os princípios substantivos e os princípios de procedimento (GWP, 2015). Os princípios substantivos são aqueles que determinam os direitos e obrigações dos Estados em relação aos cursos de água internacional que compartilham, quais sejam, a utilização equitativa e razoável (Artigo 5º da Convenção de 1997) e o dever de não causar dano significativo.

Os princípios de procedimento orientam o processo para reger cursos internacionais de água e as condutas que os Estados Nacionais devem observar nas suas relações com os países vizinhos. Esses princípios de procedimento são essenciais para implementar os princípios substantivos são eles: avaliações do impacto ambiental, obrigação geral de

cooperar, obrigação de notificação prévia e consulta e a obrigação de trocar dados e informações regularmente. A obrigação de trocar dados e informações regularmente é um princípio emergente em Direito Ambiental e no Direito de Águas que objetiva o intercâmbio de informação entre países que compartilham uma bacia hidrográfica.

O câmbio regular de informação relevante é ideal, pois permite que as partes o compartilhem nos momentos adequados, especialmente naqueles antes do desenvolvimento de atividades que possam ter algum impacto na bacia. Ou seja, é um mecanismo para materializar a cooperação entre nações.

No que se refere a gestão de recursos hídricos na bacia amazônica o principal marco legal é o Tratado de Cooperação Amazônica (TCA), de 3 de julho de 1978, que declara sobre os rios amazônicos em seus dispositivos o seguinte:

Artigo V. Tendo em vista a importância e a multiplicidade das funções que os rios amazônicos desempenham no processo de desenvolvimento econômico e social da região, as Partes Contratantes devem se esforçar para fazer esforços com vistas ao uso racional dos recursos hídricos.

Parágrafo Único Art. I: Para este fim, trocarão informações e celebrarão acordos e entendimentos operacionais, bem como instrumentos legais relevantes que permitam o cumprimento dos propósitos deste Tratado.

No âmbito da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA), o Conselho de Cooperação da Amazônia (CCA), instância composta pelos representantes diplomatas de alto nível dos Países Membros do Tratado a qual cabe assegurar o cumprimento dos objetivos, dos propósitos do Tratado e das decisões tomadas nas reuniões dos Ministros das Relações Exteriores, tem tomado várias decisões no que se refere a gestão dos recursos hídricos, conforme demonstra o **Quadro 1**.

Quadro 1: Decisões do CCA sobre a gestão de recursos hídricos na Amazônia

DECISÃO	DECLARAÇÃO/RESOLUÇÃO
Avançar na gestão dos recursos hídricos (projeto de recursos hídricos na Bacia Amazônica)	RES/IX MRE-OTCA/10
Intensificar a cooperação em gestão adequada dos recursos hídricos da Amazônia	Declaração VIII 2004 (26)
Beneplácido aos resultados do projeto gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos	Declaração XII 2013 (13)
Reconhece que os recursos hídricos são um patrimônio universal compartilhado indispensável à vida de todas as pessoas e de todos os seres vivos	Declaração XIII 2017 (8)

A Agenda Estratégica de Cooperação Amazônica para o período de 2010-2018 (AECA/OTCA) acordada em 2010 pelos Ministros das Relações Exteriores dos Países Membros da OTCA, no que alude ao tema recursos hídricos, tem como objetivo apoiar a construção e disseminação de um marco de referência para a gestão eficiente, integrada e abrangente dos recursos hídricos, promover maior acesso da população ao recurso hídrico, aos seus serviços, especialmente ao saneamento como medida que contribui para a melhoria da qualidade de vida das populações amazônicas (OTCA, 2010).

Por meio da Análise Diagnóstica Transfronteiriça – ADT – foi identificado que um dos problemas observados na bacia amazônica é a gestão integrada de recursos hídricos insuficiente caracterizada, dentre outros motivos, pela escassez de informação e dados e que deve ser abordada estrategicamente pela implantação de uma gestão da informação que permita a ampliação do conhecimento dos recursos hídricos da bacia (OTCA, 2018-a).

Nesse sentido, o Programa de Ações Estratégicas (PAE) proposto para a Bacia Amazônica pela OTCA, em consonância com seus países membros, identifica dentre as ações prioritárias a implantação de (a) Sistema Regional de Monitoramento da Qualidade da Água dos rios da Bacia e da (b) Rede de Monitoramento Hidrometeorológico na Bacia Amazônica (OTCA, 2018-b).

A realização dessas ações estratégicas objetiva estabelecer os mecanismos necessários para a troca de informações sobre recursos hídricos entre os países da Bacia

Amazônica a fim de contribuir com a GIRH. Para lograr isso, o PAE entende ser necessário estabelecer articulação entre instituições nacionais para o monitoramento hidrometeorológico na Bacia Amazônica, estabelecer protocolos e acordos de intercâmbio de informações hidrométricas entre países, treinar técnicos para operação e manutenção da rede regional e identificar as fontes de financiamento para implantação do Rede de Monitoramento da Bacia Amazônia (OTCA, 2018-b).

Esse arcabouço legal e institucional fundamenta as iniciativas propostas para a conformação de um monitoramento estratégico na bacia hidrográfica que permita subsidiar a GIRH com dados e informações hidrológicas.

2.3 NEXO ENTRE O MONITORAMENTO TRANSFRONTEIRIÇO E O ODS 6.5 NA AMAZÔNIA

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS – foram adotados pelos Estados-Membros das Nações Unidas em 2015 como uma agenda universal de ações a serem realizadas até o ano de 2030 com o objetivo de erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir que todas as pessoas desfrutem de paz e de prosperidade. Os ODS se fundamentam na premissa de que o desenvolvimento requer o equilíbrio entre sustentabilidade social, econômica e ambiental e para lograr isso foram traçadas 17 metas que são integradas e, portanto, seus resultados são em grande medida interdependentes.

O ODS 6 é a meta relacionada à água que visa a garantia da disponibilidade e gestão sustentável de recursos hídricos e saneamento para todos por meio de 8 metas cuja consecução será avaliada por meio de 11 indicadores. A meta 6.5 que objetiva ampliar mundialmente a Gestão Integrada de Recursos Hídricos – GIRH – é de particular interesse para a hidrodiplomacia uma vez que é fundamental para o manejo de águas transfronteiriças.

Cada um dos 17 ODS depende, em maior ou menor grau, da disponibilidade de recursos hídricos em qualidade e quantidade, em particular, a cooperação transfronteiriça da água pode ter um efeito positivo em quase todos os 17 ODS (**Figura 1**). Há uma relação clara entre o alvo dos ODS 6.5 que é a ampliação da implementação da Gestão Integrada de Recursos Hídricos e do Índice de Desenvolvimento Humano. Em relação aos recursos

hídricos transfronteiriças os países não serão capazes de alcançar seus objetivos de desenvolvimento sustentável isoladamente e por isso devem concordar com acordos formais que lhes permitam fazê-lo. É evidente que os países podem colher os benefícios da cooperação transfronteiriça da água para seus amplos esforços de desenvolvimento sustentável. E isso pode beneficiar uma série de metas de ODS de uma forma muito mais econômica do que qualquer um dos países pode alcançar unilateralmente.

A mensuração do atingimento dessa meta de ODS 6.5 se dá por meio do indicador 6.5.1 dos ODS que mede o grau de implementação da GIRH e do indicador 6.5.2 dos ODS que mede a proporção de área de bacia transfronteiriça, incluindo rios, lagos e aquíferos dentro do país com um arranjo operacional em vigor para cooperação hídrica. Ambos os indicadores têm valores numa escala entre 0 e 100.

O indicador 6.5.1 é uma autoavaliação qualitativa do status da implementação da GIRH nos países que compartilham recursos hídricos e, no que tange especificamente à medição do progresso da gestão integrada das águas transfronteiriças, o indicador citado considera a existência de arranjos e de estrutura organizacional, o grau de compartilhamento de dados e informações e o financiamento para a cooperação na bacia.

Segundo a pesquisa publicada pela ONU em 2018 que avaliou pela primeira vez o progresso dos ODS no contexto mundial pela primeira vez, um terço dos países com bacias transfronteiriças (132 no total afirmaram possuir águas compartilhadas com outros países) disseram ter implementado a maioria dos arranjos para cooperação tais como tratados, convenções ou acordos; 37% dos países afirmaram que possuem a maior parte ou plenamente a estrutura organizacional para gestão; apenas 20% relatam dados e compartilhamento de informações eficazes e um somente terço dos países relatam fornecer mais de 50% dos fundos de financiamento acordados (UN WATER, 2018-a).



Figura 1: Integração da Meta 6.5 (implementação da GIRH em bacias transfronteiriças) com as demais Metas ODS

Em relação aos países que fazem parte da bacia hidrográfica amazônica que se estende à Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela, exceto o último que não proveu informações, todos os outros países disseram ter, em alguma medida, arranjos e estruturas organizacionais em vigor para a implementação da GIRH. Na avaliação final do grau de implementação da GIRH em bacias transfronteiriças nos países amazônicos somente a Bolívia atingiu o nível médio alto (pontuação de 51-70), enquanto os demais se situam numa escala inferior a 50 pontos (**Quadro 2**).

Quadro 2: Situação do indicador 6.5.1 do ODS 6.5 nos países Amazônicos

País Amazônico	Grau de implementação da GIRH nos países da bacia transfronteiriça Amazônica (métrica 0-100)
Bolívia	Médio Alto (51-70)
Brasil	Médio Baixo (31-50)
Equador	Baixo (11-30)
Colômbia	Médio Baixo (31-50)
Guiana	Baixo (11-30)
Peru	Baixo (11-30)
Suriname	Muito Baixo (0-10)
Venezuela	Sem dados

Fonte: UN WATER (2018 -a)

O indicador 6.5.2 que mensura a existência de arranjo operacional vigente para a cooperação hídrica verifica o atendimento de quatro critérios:

- Que exista um órgão conjunto, um mecanismo conjunto ou uma comissão para a cooperação transfronteiriça.
- Que os países ribeirinhos mantenham comunicações formais regulares (pelo menos uma vez por ano) na forma de reuniões (política ou técnica).
- Que existam planos de gestão conjunta ou coordenada de recursos hídricos ou que tenham sido estabelecidos objetivos conjuntos.
- Que realizem intercâmbio periódico de dados e informação (ao menos uma vez ao ano)

O resultado do primeiro relatório de ODS para o indicador 6.5.2 indica o percentual médio nacional de bacia transfronteiriça coberta por arranjo operacional de 59% para um conjunto de 62 países do universo de 153 países que compartilham águas transfronteiriças (UN WATER, 2018 - b).

No que se refere aos países da bacia amazônica, ainda que a aferição do indicador tenha sido prejudicada pois três dos oito países (Bolívia, Guiana e Venezuela) não

forneceram informações, é possível verificar uma grande assimetria nos resultados tendo o Brasil e o Equador atingido patamares bastante altos, respectivamente 98,2% e 100%, enquanto que a Colômbia e a Venezuela estão no extremo inferior da escala de alcance do objetivo com valores inferiores a 10% (**Quadro 3**).

Quadro 3: situação do indicador 6.5.2 do ODS 6.5 nos países Amazônicos.

País Amazônico	Grau de cooperação em matéria de bacias fluviais e lagos transfronteiriços (%)
Bolívia	-
Brasil	98,2
Equador	100
Colômbia	1,1
Guiana	-
Peru	14,1
Suriname	-
Venezuela	7,0

Fonte: UN WATER (2018 -b)

No que se refere a arranjos, estrutura organizacional e existência de um órgão conjunto tratados nos indicadores de atingimento da meta ODS 6.5, a bacia transfronteiriça amazônica tem condições favoráveis por conta do Tratado de Cooperação Amazônica – TCA– e da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica – OTCA – que figuram como elementos definidores e facilitadores ao atendimento desse indicador.

O desafio maior reside no alcance de mecanismos de troca de dados e informações e na ampliação das fontes de financiamento itens também quantificados para a avaliação do grau de implementação da GIRH em bacias transfronteiriças.

Tanto o indicador 6.5.1 que avalia o status da implementação da GIRH, quanto os critérios de operacionalidade do indicador ODS 6.5.2, incluem saber se os países da bacia trocam dados e informações pelo menos uma vez por ano.

Dentre os benefícios da troca de dados e informações para a gestão de bacias transfronteiriças estão a compreensão das principais pressões relativas a um determinado sistema de água transfronteiriço; uma melhor apreciação das questões e problemas enfrentados por outros países da bacia; o aprimoramento de sistemas de alerta e alarme precoce; uma melhor compreensão das lacunas de dados; a harmonização de metodologias e padrões para coleta de dados e, sobretudo, o planejamento mais eficaz de gestão de bacias hidrográficas transfronteiriças.

A despeito da existência de condições institucionais favoráveis na bacia amazônica, ainda há uma assimetria entre os países envolvidos que prejudica o alcance satisfatório da GIRH em águas transfronteiriças nos países envolvidos. A superação desses limitantes, principalmente em relação a produção e troca de dados confiáveis que possam subsidiar as diversas atividades de planejamento, é um dos desafios que temos para lograr avanços na implementação da GIRH na bacia amazônica.

3. A REDE HIDROLÓGICA AMAZÔNICA – RHA

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Para promover a cooperação entre países que compartilham a bacia amazônica foi proposto em 2011 o “Projeto Amazonas: Ação Regional na Área de Recursos Hídricos”, implementado com o apoio do Brasil, mais especificamente da Agência Nacional de Águas e Saneamento – ANA, da Agência Brasileira de Cooperação – ABC, bem como da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica – OTCA – Instituição que foi criada em 2002 por iniciativa dos Governos da Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela. O objetivo do Projeto era apoiar o esforço do Governo Brasileiro na promoção do uso sustentável dos recursos hídricos na região amazônica, no fortalecimento da cooperação Sul-Sul e na promoção de uma articulação entre a ANA e organismos correlatos dos Países Membros da OTCA para a gestão dos recursos hídricos na Bacia Amazônica.

Os objetivos específicos do Projeto Amazonas envolvem: *(i)* intercambiar sistemas de informação para o efetivo monitoramento dos recursos hídricos na bacia amazônica; *(ii)* capacitar técnicos das agências de águas e organismos dos países amazônicos envolvidos com a gestão de recursos hídricos, especialmente no que se refere a informações hidrológicas e eventos extremos; *(iii)* contribuir para a estruturação de uma rede de monitoramento que viabilize o intercâmbio de informações hidrológicas, hidrometeorológicas, sedimentométricas e de qualidade das águas, além daquelas referentes a eventos hidrológicos extremos.

No que se refere especificamente a estruturação de uma rede de monitoramento para viabilizar o intercâmbio de informações hidrológicas na bacia amazônica as ações iniciaram, efetivamente, entre os dias 12 a 16 de agosto de 2013 com a realização de um Encontro Técnico na cidade de Brasília onde houve participação de todos os países membros da OTCA (Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela). Nesse encontro foram discutidas de maneira conjunta as limitações para o planejamento e operação das redes integradas de monitoramento hidrometeorológico,

sedimentométrico e de qualidade das águas na bacia amazônica bem como as possíveis soluções e foram definidos os encaminhamentos para o fortalecimento das respectivas redes nacionais tendo em vista o compartilhamento de dados e informações no âmbito da bacia como um todo. Nesse evento foi iniciado o planejamento de uma rede hidrometeorológica onde se pretendia incorporar o alerta para eventos críticos, o viés estratégico com o monitoramento de condições de entrega entre países e o conhecimento hidrológico integral da bacia amazônica. Desse planejamento resultaram 73 pontos de monitoramento definidos em nível de macrolocalização e a partir do conhecimento específico dos técnicos presentes, de modo empírico, com o apontamento em mapas dos pontos de interesse (**Figura 2**).

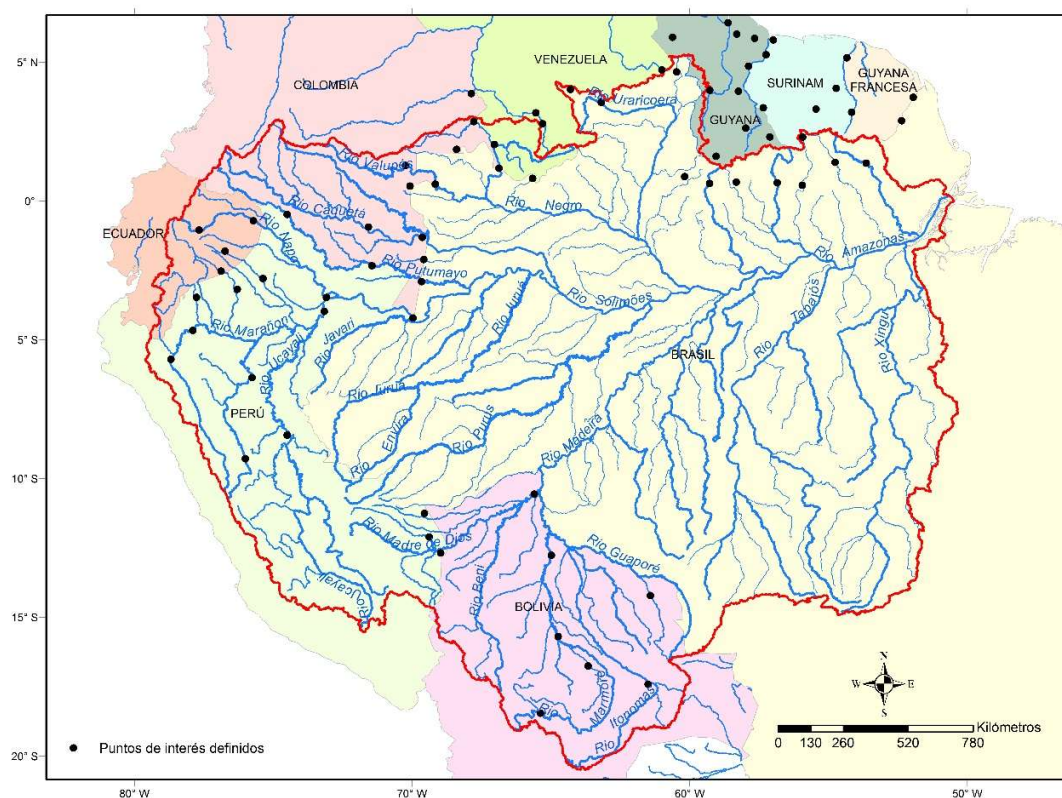


Figura 2: Primeira proposta de rede de monitoramento para a Amazônia (73 pontos)

Na sequência, também com a participação de todos os países membros da OTCA, uma outra oficina de trabalho foi realizada no ano de 2014 para o detalhamento das ações

elencadas no evento do ano de 2013 bem como para a formulação da Iniciativa Piloto que se constituiu na macro-indicação de 6 pontos de Monitoramento a serem instalados, com o apoio do Projeto Amazonas, em países selecionados: Colômbia, Bolívia e Peru. As razões para a escolha consensual desses países se fundamentaram no fato de serem parte significativa da afluência em termos de área de drenagem da Bacia Amazônica como também pelo fato de possuírem boa capacidade institucional instalada, portanto, em primeira análise, mais propícios para uma iniciativa piloto bem sucedida. O Plano de Trabalho previsto para essas estações compreendia 4 visitas anuais com realização de medições de qualidade da água, sedimentos e descarga líquida.

No ano de 2015 foram realizadas visitas técnicas nos três países elencados em 2014 para compor a Iniciativa Piloto. As visitas foram organizadas pelo Brasil cujos representantes técnicos se somaram aos indicados de cada país eleito para a organização e realização dessa atividade. O objetivo foi ajustar os pontos de monitoramento e definir a micro localização das estações, além da realização de um levantamento inicial sobre as capacidades institucionais de implementação do projeto e manter a continuidade do intercâmbio de informações sobre os sistemas de monitoramento de recursos hídricos na Colômbia, Bolívia e Peru. Nesses encontros foi definido que as estações da Iniciativa Piloto, guardando correspondência com o plano já definido na reunião de 2013 (73 pontos), seriam indicadas em postos de monitoramento convencional já existentes e próximos das fronteiras e que, ademais, tivessem grande extensão na sua série histórica (mais de 30 anos), fácil acesso e baixo registro de vandalismo, dentre outros fatores. Com recursos do Projeto Amazonas, a OTCA destinou aos países modernos equipamentos para a operacionalização satisfatória dessas estações e, por extensão, de outras estações da bacia amazônica no âmbito de cada região, quais sejam, plataformas de coleta de dados (PCD), medidores acústicos de vazão (M9 e *Flowtracker*) e sondas de qualidade da água (modelo YSI EXO 1). As estações definidas para a Iniciativa Piloto estão indicadas no

Quadro 4 e mostradas na **Figura 3**.

CURSOS	Quantidade de Edições
Curso sobre Hidrossedimentologia (realizados em Brasília)	3 EDIÇÕES (2012, 2013 e 2016)
Curso de Operação e Manutenção de Plataformas de Coleta de Dados (PCD's) (realizados em Brasília)	2 EDIÇÕES (2012 e 2013)
Curso “Cuencas Pedagógicas” (realizado na Bolívia)	1 EDIÇÃO (2013)
Curso de Direito Internacional de Águas e Bacias Transfronteiriças (realizados na Colômbia, Brasil)	3 EDIÇÕES (2014, 2015 e 2016)
Calidad de las Águas Superficiales Intercambio de experiencias y cooperación técnica entre los Países Brasil – Bolívia	1 EDIÇÃO (2016)
Curso de Coleta e Preservação de Amostra e Sedimentos; e Curso de Monitoramento e Diagnóstico de Qualidade das Águas (realizados em São Paulo, Brasil – CETESB)	1 EDIÇÃO (2017)

Paralelamente a isso, houve uma avaliação do processo de formulação da rede planejada e foram identificados aspectos críticos do planejamento (2013-2015) e, com isso, a necessidade de seu aprimoramento, quais sejam:

- As estações no Brasil não foram consideradas na composição da rede planejada;
- Visões locais e não globais de monitoramento da bacia foram incluídas;
- Brasil assumiu protagonismo;
- Necessidade de estabelecimento de objetivos claros;
- Os critérios estabelecidos foram muito subjetivos;
- A rede envolve fluviometria, qualidade da água e sedimentos;
- As estações existentes não foram consideradas.

Além disso, as modificações imprimidas na conformação da rede de 73 pontos foram fortemente influenciadas pelas mudanças que ocorriam na Rede Hidrológica Nacional Brasileira que estava passando por uma importante transformação metodológica decorrente da influência dos novos conhecimentos adquiridos frutos de uma parceria entre a Agência Nacional de Águas do Brasil – ANA – o Serviço Geológico do Brasil – CPRM – e o Serviço Geológico Americano – USGS – que culminou com a definição da Rede Hidrológica Nacional de Referência do Brasil – RHNR.

No final de 2018, houve um encontro em Brasília para a revisão do desenho inicial da rede com a participação de grande maioria dos países membros da OTCA, sendo exceção a Colômbia. A proposta de revisão da rede discutida no evento se baseava nas seguintes premissas:

- Participação ativa dos países;
- Visão de monitoramento global da bacia;
- Estabelecimento de objetivos claros no planejamento da rede especialmente, de gerenciamento de trocas internacionais, disponibilidade hídrica e qualidade da água nas trocas internacionais;
- Aproximações sucessivas para a conformação da rede de Monitoramento amazônica na seguinte ordem: rede fluviométrica, qualidade e sedimentos;
- Incentivo à transferência de tecnologia de planejamento e incentivo a adoção de metodologia da RHNR nos países para adensamento da rede de monitoramento da Amazônia e de outras bacias no âmbito dos países envolvidos;
- Operação sistemática e em nível de excelência das estações.

Os representantes dos países presentes nesse evento aprovaram as alterações propostas e foi acordado que os pontos de alteração formulados seriam trabalhados e posteriormente apresentados para avaliação e ratificação pelos países envolvidos.

Em 2020, em face do evento excepcional de pandemia, foram realizadas reuniões virtuais por videoconferência entre os principais países membros da OTCA no que se refere a contribuição para a rede de drenagem da bacia amazônica, quais sejam, Bolívia, Brasil,

Colômbia, Equador e Peru, para apresentação e avaliação da proposta da Rede Hidrológica Amazônica – RHA. A escolha desses países foi motivada, para além do fato de serem as principais nações amazônicas que possuem a área da bacia, totalizando quase 99% desse território (Migiyama, 1986), pela necessidade de otimização do processo de discussão e para redução de custos.

A programação foi robusta com participação de órgãos de recursos hídricos, ministérios, chancelarias, OTCA, ANA e CPRM consistindo em, numa primeira rodada, reuniões com cada um dos 4 países para apresentação pela OTCA e pelo Brasil da proposta preliminar da RHA (desenho e operacionalização) e, numa segunda rodada, um retorno de cada país com suas percepções da proposta e sugestões de ajustes (**Quadro**). Como resultado, os cinco países envolvidos aprovaram a proposta preliminar apresentada.

Quadro 6: Informações sobre as Reuniões Virtuais organizadas para discussão da RHA.

País	1ª reunião	2ª reunião	Entidades participantes
Bolívia	07 de maio de 2020	01 de setembro de 2020	Cancillería MMAyA SENAMHI OTCA ANA CPRM
Colômbia	04 de junho de 2020	18 de junho de 2020	Instituto de Hidrologia, Meteorologia e Estudios Ambientales – IDEAM Agência Brasileira de Cooperação do Ministério das Relações Exteriores – ABC/MRE OTCA ANA CPRM
Equador	27 de maio de 2020	02 de junho de 2020	Ministerio de Relaciones Exteriores Ministerio del Ambiente Ministerio de Defensa Nacional Dirección General de Intereses Marítimos – DIGEIM Secretaría Técnica de Planificación Secretaría del Agua – SENAGUA Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI OTCA ANA CPRM
Peru	12 de maio de 2020	26 de maio de 2020	Ministerio de Relaciones Exteriores Autoridad Nacional del Agua OTCA ANA CPRM

3.2 BASE TEÓRICA: O MODELO DE COBERTURA APLICADO AO MONITORAMENTO DE BACIAS TRANSFRONTEIRIÇAS

É consenso de todos os envolvidos na gestão e planejamento dos recursos hídricos, que as informações hidrometeorológicas provenientes de um sistema de monitoramento eficaz é uma das principais ferramentas necessárias a maximização do alcance de seus propósitos. A elaboração de um projeto de rede de monitoramento adequado aos diversos usos é algo complexo, pois envolve em sua análise, além das características hidrológicas e hidráulicas, aspectos de cunho logístico, econômico, social e legal da área em estudo.

Em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela Organização Mundial de Meteorologia (WMO, 1994), o projeto e planejamento de redes de monitoramento deve considerar as seguintes perguntas:

- Quais as variáveis devem ser monitoradas?
- Qual será a localização dos pontos de monitoramento?
- Qual será a frequência de coleta das informações?
- Qual a duração do programa de monitoramento?
- Quão precisas devem ser as observações?

As respostas para essas perguntas estão vinculadas a definição clara dos objetivos a serem alcançados pela rede de monitoramento, bem como das fontes de recursos financeiros e humanos disponíveis à sua instalação, manutenção e operação.

A questão de onde instalar as estações fluviométricas e por quanto tempo mantê-las em operação é um problema geral para as agências responsáveis pela coleta de dados hidrológicos no mundo todo.

Os métodos de planejamento e projeto de redes mais utilizados por várias agências são baseados em minimizar o erro padrão da estimativa de vazões em locais não monitorados. No passado o Serviço Geológico Americano desenvolveu e aplicou técnicas de regressão estatística para definir locais para instalação de estações fluviométricas (Moss, 1982; Stedinger e Tasker, 1985; Tasker, 1986), além de aplicar outros conceitos estatísticos como o da entropia para quantificar o conteúdo relativo de informações presentes em um determinado desenho de rede, a fim de avaliar a necessidade de inclusão, exclusão ou refinamento de pontos de monitoramento (Bueso *et al.*, 1998; Lee, 1998; Mogheir e Singh, 2002; Perez-Abreu e Rodriguez, 1996).

Importantes pesquisas foram desenvolvidas com o objetivo de criar ferramentas objetivas para o planejamento e projeto de redes de monitoramento ambientais. Talvez as mais comuns foram destinadas a elaboração de redes formadas por pontos discretos de observação no espaço e no tempo, onde o conhecimento da estrutura de variação espacial e temporal dos campos contínuos, como os de: precipitação, evaporação, temperatura, dentre outros; permite estimar seus respectivos valores em toda área de abrangência da

rede (Bastin *et al.*, 1984; Bras e Rodriguez-Iturbe, 1976; Pardo-Igúzquiza, 1998; Rodriguez-Iturbe e Megia, 1974; Sampson e Guttorp, 1992).

Diferente do monitoramento das variáveis descritas acima, a localização das estações fluviométricas é condicionada a sobrepor-se a rede de drenagem da bacia. Sendo que as informações de fluxo mensuradas representam o fluxo acumulado pela rede de drenagem a montante da estação.

É importante destacar que o planejamento redes estratégicas de monitoramento fluviométrico para gestão dos recursos hídricos é mais complexo que aquele destinado ao projeto de redes para apoio a regionalização de vazões, uma vez que o planejamento deve ser orientado ao atendimento de vários objetivos. A alguns objetivos podem impor a localização das estações em pontos específicos, como: fontes de poluentes, pontos de concentração de fluxos, confluência de rios, fronteira internacional ou num ponto em que a vazão é crítica. Para essas necessidades, o local de monitoramento é prefixado pelo objetivo. Para outras aplicações, as informações de vazão são necessárias para a caracterização regional da bacia a montante. Podendo por exemplo serem utilizadas para uma avaliação dos efeitos hidrológicos causados pela alteração do tipo de uso e cobertura do solo. Neste caso, muitos locais diferentes podem ser candidatos a pontos de monitoramento.

O grande desafio de planejar esse tipo de rede é o estabelecimento de pontos que atendam aos objetivos de forma racional e que sejam de interesse geral, sendo que as aplicações de interesse pontual devem ser tratadas por esferas locais de planejamento.

A abordagem estatística no planejamento e projeto de rede de monitoramento parte da forte premissa de que as observações são estacionárias, o que nem sempre é verdade no caso das redes fluviométricas. Por outro lado, os modelos estatísticos nem sempre dão suporte a incorporação de vários objetivos ao planejamento e projeto da rede, principalmente quando há interesse no monitoramento de pontos específicos. O papel mais apropriado para esses métodos é apoiar a análise de refinamentos incrementais de redes hidrológicas existentes (USGS, 2004).

O planejamento de redes de monitoramento fluviométrico pode ser comparado a resolução de problemas para a definição de locais estratégicos ao posicionamento das equipes de bombeiros, ambulâncias, aterros sanitários para resíduos perigosos, hospitais, bancos, bibliotecas, escolas, dentre outros; questões para as quais busca-se otimizar uma métrica de atendimento a uma demanda especificada em uma área de abrangência, como: atendimento a um chamando em um tempo máximo estabelecido, distância máxima percorrida, população máxima atendida, distribuição homogênea e densidade mínima desejada, dentre outras métricas.

O modelo de cobertura (*Coverage Model*) é baseado na articulação de uma meta dentro de um domínio de atuação. Nele são definidos indicadores para seleção de pontos para atendimento ao objetivo, os quais podem ser modelados com o uso de ferramentas de geoprocessamento¹. O resultado da aplicação do modelo de cobertura é a distribuição espacial do conjunto de pontos potenciais ao atendimento da meta.

A vantagem dessa abordagem é que ela permite articular no planejamento da rede de monitoramento vários objetivos, além é claro de eliminar as incertezas inerentes ao processo de regionalização de vazões nos pontos de interesse prefixados. Essa abordagem permite a determinação desejável ou ótima da seleção de locais para instalação de medidores, pois considera a localização e a quantidade necessárias para o atendimento satisfatório dos objetivos predefinidos no domínio em análise (Daskin, 1995).

O conceito do modelo de cobertura pode ser exemplificado por meio do monitoramento de variáveis contínuas sobre o espaço, como: a precipitação, temperatura do ar, umidade relativa, dentre outras; as quais são monitoradas por meio de observações realizadas diretamente em pontos discretos no espaço e no tempo (**Figura 4**).

¹ A Norma Internacional ISO 19123:2005 define um esquema conceitual para as características espaciais das coberturas, as quais são as estruturas de dados predominantes em uma série de áreas de aplicação, como: sensoriamento remoto, meteorologia e mapeamento de batimetria, elevação, solo e vegetação. Esta Norma Internacional define a relação entre o domínio de uma cobertura e um intervalo de atributo associado.

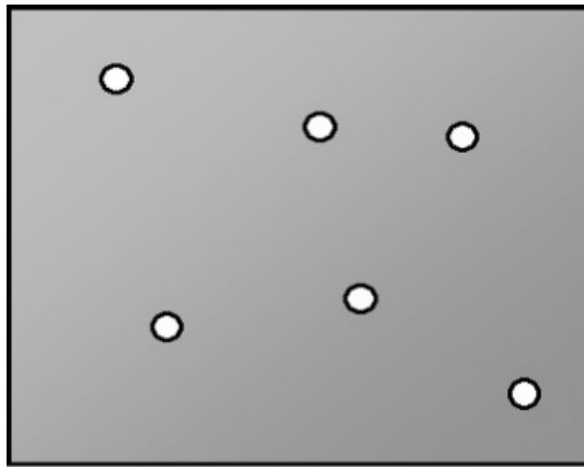


Figura 4: Domínio da cobertura de precipitação monitorada por pontos discretos de medição. Fonte (USGS, 2004)

As localizações discretas dos pontos de amostragem dividem o domínio espacial em sub-regiões, sendo que cada uma delas está explicitamente associada ao seu respectivo ponto de medição (**Figura 5**). Essa abordagem, conhecida como método de *Thiessen*, pode ser utilizada para o cálculo da chuva média de uma região. Nela o domínio de estudo é dividido em sub-regiões, chamadas de polígonos de Thiessen, as quais definem um modelo de cobertura de cada estação pluviométrica. A chuva média de toda a região é calculada pela média ponderada da precipitação pelo percentual da área de cobertura do domínio de cada pluviômetro.

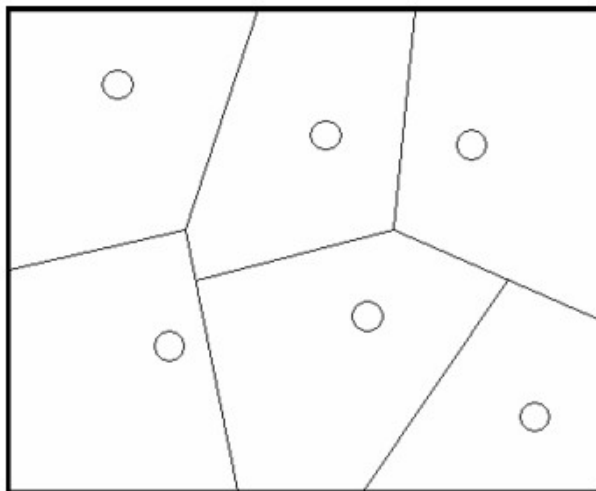


Figura 5: Subdivisão espacial de uma área de cobertura usando polígonos de Thiessen. Fonte: USGS (2004)

No caso do planejamento de uma rede de monitoramento fluviométrico, a bacia hidrográfica representa o domínio de cobertura de estudo e as sub-bacias representam as coberturas individuais de cada ponto de monitoramento (**Figura 6**).

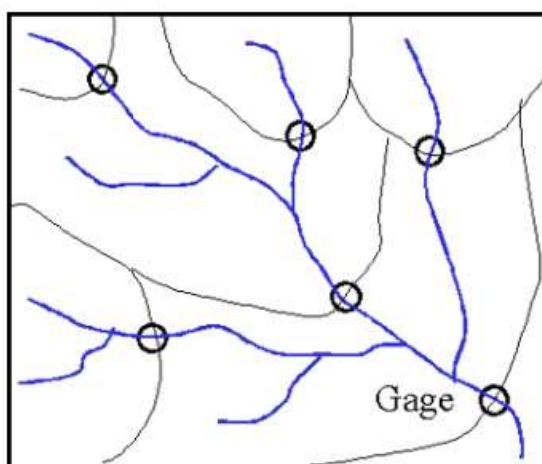


Figura 6: Subdivisão espacial de um domínio de cobertura por subbacias associadas a estações fluviométricas. Fonte: USGS (2004)

Os EUA aplicaram o modelo de cobertura para definição da *Federal Priority Streamgages - FPS*. Essa rede de estações de monitoramento prioritária concebida pelo

Serviço Geológico Americano – USGS – foi estruturada em 1999 para ser uma rede central, financiada pelo governo federal, com estações estrategicamente posicionadas em todo o país para atender às necessidades de informações federais de longo prazo. Até 2018, mais de 4.700 localidades atendiam aos critérios de inclusão na rede prioritária, mas apenas cerca de 3.600 estações estão ativas devido às limitações de financiamento. Essa rede de monitoramento é mantida por uma combinação de financiamento federal e de parceiros — menos de um quarto são totalmente financiados pela USGS (USGS, 1998).

A FPS atende a cinco objetivos prioritários de monitoramento definidos para os EUA, quais sejam: monitoramento de águas interestaduais e internacionais, previsões de inundações, cálculo de balanços hídricos, análises de tendências de longo prazo (bacias sentinelas) e de qualidade da água. Cada uma das cinco metas tem um conjunto de pontos de monitoramento que cobrem toda área do território Americano. A consolidação dos cinco objetivos divide o território americano em sub-bacias correspondentes as estações fluviométricas do FPS (USGS, 1998).

A experiência de planejamento americana de redes de monitoramento estratégicas trouxe para o Brasil essa inovadora metodologia para os padrões nacionais vigentes. Também no Brasil o modelo de cobertura (*Coverage Model*) veio ao encontro da necessidade premente no âmbito federal brasileiro de planejamento de redes de monitoramento para o atendimento de interesses nacionais, de longo termo, posto que o investimento no monitoramento é um programa permanente, e de salvaguarda do conhecimento da hidrologia nacional.

Quanto a isso, no caso do Brasil, o que foi considerado como interesses nacionais na proposição de uma Rede Hidrológica Nacional de Referência do Brasil – RHNR – foi o seguinte: (1) Transferências e Compartilhamentos Interestaduais e Internacionais, (2) Eventos Hidrológicos Críticos, (3) Balanços e disponibilidades hídricas, (4) Mudanças e tendências de longo prazo, (5) Qualidade da água e (6) Regulação dos Recursos Hídricos.

O planejamento da RHNR brasileira se consolidou em 2015 por meio de parceria entre a Agência Nacional de Águas (ANA), o Serviço Geológico Brasileiro (CPRM) e o Serviço Geológico Americano (USGS). Essa rede de estações de referência se apoia em princípios

fundamentais que representam um conjunto de valores que devem ser atendidos pela rede de monitoramento, quais sejam: padronização da coleta e disponibilidade de dados; acesso gratuito e transparente aos dados; acessibilidade para uso tempestivo dos dados; arquivo centralizado para uso futuro; garantia da qualidade dos dados e imparcialidade, objetividade e confiabilidade dos dados.

No que se refere a estruturação de uma rede de monitoramento em uma bacia hidrográfica transfronteiriça que viabilize o intercâmbio de informações hidrometeorológicas, sedimentométricas e de qualidade das águas, além daqueles referentes a eventos hidrológicos extremos, também é possível aplicar os conceitos metodológicos que envolvem o modelo de cobertura com o objetivo de definir uma rede estratégica que atenda às demandas de monitoramento predefinidas pelos países ribeirinhos e que otimize os custos.

No escopo de demandas existentes para a definição de uma rede de monitoramento transfronteiriço, os objetivos de monitoramento quantitativo e qualitativo em fronteiras e de monitoramento fluviométrico para o cálculo de balanço hídrico são basilares e estratégicos pois provem subsídios para ações de gestão integrada de recursos hídricos e para a hidrodiplomacia. O conjunto de pontos de monitoramento em fronteiras são definidos *a priori*, uma vez que são os limites territoriais que definem sua localização no primeiro momento para, em seguida, se definir a área de drenagem associada. Já os pontos de monitoramento para cálculo de balanço hídrico são definidos *a posteriori*, já que primeiramente há o delineamento da área de drenagem numa escala de interesse para somente depois definir o ponto de monitoramento.

A aplicação do modelo de cobertura na definição de redes de monitoramento em bacias transfronteiriças também permite aproximações sucessivas do modelo ideal de monitoramento já que a ampliação da rede poderá ser feita paulatinamente de acordo com os objetivos consensuados pelos países que compartilham a bacia.

3.3 OBJETIVOS DA RHA

O objetivo geral a ser alcançado com a implantação da RHA é o monitoramento integrado da bacia hidrográfica amazônica pelos países signatários do Tratado de Cooperação Amazônica - TCA - para obter uma visão integrada e estratégica da bacia transfronteiriça do Rio Amazonas.

A implantação da RHA permitirá a disponibilidade de dados essenciais para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos – GIRH – no sentido de aprimorar o conhecimento da hidrologia da bacia, prover dados para cálculos do balanço de água, subsidiar a avaliação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, dentre outros; como também para ações relacionadas a hidrodiplomacia na bacia transfronteiriça, tais como, informações de referência para gestão internacional de conflitos, informações para projetos de obras hidráulicas com impactos internacionais, informações para a gestão de eventos críticos com alcance internacional.

O desenho da RHA foi definido com base no atendimento de dois objetivos prioritários o controle de fronteiras e o balanço hídrico. No que concerne ao Controle de Fronteiras, o que se visa é quantificar e qualificar o compartilhamento e a transferência de recursos hídricos entre os países fronteiriços de modo a permitir a gestão e a construção de indicativos entre os países, na direção de facilitar as ações hidrodiplomáticas. Em relação ao Balanço Hídrico o objetivo é adquirir informações sobre os volumes de água drenados na bacia como dado essencial para subsidiar a gestão integrada de recursos hídricos.

3.4 A CONCEPÇÃO DA RHA

3.4.1 Materiais Utilizados

Para as análises hidrográficas foi utilizada a Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) de 2013 (ANA, 2019). A BHO é uma base hidrográfica de referência que engloba toda a América do Sul e é composta por sete planos de informação geográfica: trecho de drenagem, área de contribuição hidrográfica, ponto de drenagem, curso d'água, hidrônimo, barragem e massa d'água. A base recebe a denominação “ottocodificada” porque as suas

bacias são codificadas segundo a metodologia de Otto Pfafstetter (Pfafstetter, 1989). A codificação de bacias de Otto Pfafstetter é a referência digital de elevação hidrologicamente consistente que leva em consideração os trechos de drenagem obtidos na cartografia e o Modelo Digital de Elevação (MDE). Os dados de MDE são do projeto global *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) da NASA, com resoluções espaciais de 90 e 30 metros dependendo da região (ANA, 2015).

Os países membros da OTCA disponibilizaram dados sobre as estações por meio de mapas georreferenciados com a localização de estações fluviométricas existentes na bacia do Amazonas. Esses dados foram especialmente importantes para a definição das etapas de implementação do projeto que teve como fundamento a utilização prioritária da estrutura de monitoramento já existente na Bacia Amazônica, nos Países Membros Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador e Peru.

Também foi lançado mão do inventário de estações existentes na Bacia Amazônica que integram o Hidro, apesar da dificuldade de descrição da origem das informações existentes no Hidro, esse recurso foi usado especialmente com o objetivo de complementar e confirmar as informações mais atualizadas.

O esforço empreendido na elaboração da primeira versão da rede de monitoramento Proyecto Amazonas, elaborada em 2013, foi aproveitado tendo em vista reunir informações depositados pelos técnicos especializados dos diversos países que indicaram empiricamente a necessidade de Monitoramento em vários pontos da bacia.

O grande diferencial da presente metodologia de conformação da RHA foi a utilização do Modelo de Cobertura no planejamento e do uso de ferramentas de geoprocessamento para manipular dados e informações geográficas, como: realizar o cálculo de áreas de drenagem, verificação de áreas de abrangência, confrontação de pontos planejados com estações existentes, dentre outras operações. Para isso, foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento tais como *ArcGis*, *Qgis* e *PostGis*, associado a isso, utilizou-se verificação dos resultados preliminares por meio da avaliação de imagens de satélite (*Google Earth*).

A metodologia usada na conformação da RHA teve como principal referência a experiência brasileira de definição de Rede Hidrológica Nacional de Referência – RHNR –

brasileira. Os documentos de planificação de RHNR foram utilizados largamente para orientar o desenvolvimento da conformação da RHA, principalmente no que concerne a definição de objetivos a serem cumpridos pelo monitoramento da bacia amazônica.

3.4.2 Metodologia para o Planejamento da Rede Hidrológica Amazônica - RHA

O conhecimento do comportamento das águas superficiais nos rios é insumo básico para o gerenciamento dos recursos hídricos e para que esse conhecimento seja efetivo é necessário que exista uma rede monitoramento hidrológica baseada nas demandas de informações voltadas a gestão. Neste sentido, o planejamento e projeto da RHA foi elaborado em conformidade com os seguintes objetivos pré-estabelecidos no item 3.3:

- Objetivo geral: Monitoramento integrado da bacia hidrográfica amazônica pelos países signatários do Tratado de Cooperação Amazônica - TCA - para obter uma visão integrada e estratégica da bacia transfronteiriça do Rio Amazonas.
- Objetivos específicos: Controle de fronteiras internacionais e balanço hídrico.

Adicionalmente, foram também estabelecidos os seguintes Princípios Fundamentais para a RHA:

- ✓ Padronização da coleta e disponibilização de dados;
- ✓ Gratuidade e transparência no acesso aos dados;
- ✓ Acessibilidade para uso em tempo adequado a gestão dos recursos hídricos;
- ✓ Centralidade de arquivamento para uso futuro;
- ✓ Garantia da qualidade do dado; e
- ✓ Imparcialidade, objetividade e confiabilidade do dado.

Diante destes objetivos e princípios fundamentais espera-se atingir os seguintes benefícios para a gestão dos recursos hídricos na bacia:

- ✓ Geração de informações hidrológicas padronizadas;

- ✓ Ampla disponibilização de dados básicos para os usuários;
- ✓ Geração de dados confiáveis e precisos;
- ✓ Eficiência e otimização da rede de monitoramento;
- ✓ Reconhecimento público dos benefícios promovidos pela rede de monitoramento;
- ✓ Intercâmbio de conhecimento entre os países do Acordo de Cooperação Amazônica;
- ✓ O incentivo a pesquisa e desenvolvimento científico.

De uma forma geral o desenho da RHA foi construído nas seguintes etapas:

- a) Avaliação da rede de drenagem;
- b) Definição de critérios e desenho da RHA com vistas ao controle de fronteiras internacionais;
- c) Definição de critérios e desenho da RHA com vistas ao balanço hídrico;
- d) Integração dos objetivos;
- e) Refinamento dos pontos de interesse;
- f) Inclusão das estações previstas no plano da Rede Nacional de Referência – RNHR brasileira localizadas na Bacia Amazônica;
- g) Definição de níveis de implementação.

Ressalta-se que as etapas “b” a “f” para o desenho da RHA não foram aplicadas para a locação dos pontos de interesse na porção da Bacia Amazônica situada em território brasileiro. No planejamento optou-se por incorporar à RHA alguns pontos de interesses contidos no plano estratégico da RHNR para atendimento aos objetivos do controle de fronteiras e balanço hídrico, conforme descrito na etapa “g”.

Em primeira aproximação a localização dos pontos de monitoramento da RHA foram focados na aquisição de dados de vazão devido a importância deles para a ciência e a gestão dos recursos hídricos. Uma vez que, os dados de vazão são fundamentais para a

determinação de vários estudos, como: cargas poluentes e de sedimentos nos estudos de qualidade das águas e sedimentométricos, dentre outros.

a) Avaliação da rede de drenagem

A bacia amazônica cobre uma área de cerca $6,2 \times 10^6 \text{ km}^2$ e em conformidade com a base ottocodificada BHO-2013 (ANA, 2013) ela possui uma rede de drenagem com 64.878 cursos d'água e 129.755 trechos de rios.

Para a aplicação do Método de Cobertura o ponto de partida foi a definição do nível de detalhe da rede de drenagem compatível com objetivos propostos para a RHA.

A título de exemplo, se hipoteticamente fosse estabelecido que o planejamento da RHA tivesse que cobrir todos os cursos d'água mapeados pela BHO-2013, teríamos pelo menos 64.878 pontos de monitoramento, o que tornaria inviável a implantação da RHA do ponto de vista financeiro e operacional.

Fato é que o nível de detalhe da BHO-2013 é muito alto comparado aos objetivos regionais propostos para a RHA, o que tornou necessária à sua simplificação. Para tanto, foram construídos 6 cenários de redução do número de cursos d'água da BHO-2013 (

Quadro), os quais foram analisados considerando: a dimensão continental, as dificuldades intrínsecas de operação na bacia, os objetivos pré-estabelecidos para a RHA e a distribuição espacial da rede de drenagem.

Quadro 7: Cenários de representação dos BHO-2013.

Cenário	Limite mínimo de Área de Drenagem (km ²)	Número de Cursos D'Água	Porcentagem do N. Total de Cursos D'água
1	1.000	1558	2.40%
2	5.000	354	0.55%
3	10.000	183	0.28%
4	25.000	80	0.12%
5	50.000	37	0.06%
6	100.000	21	0.03%

Ao final da análise optou-se pela representação da rede de drenagem pelo cenário 3 - 183 cursos d'água com áreas iguais ou superiores a 10.000km² (**Figura 7**). Haja vista que

1. Rio transfronteiriço (contínuo): curso d'águas que atravessa o limite de dois Estados ou Nações (Brasil, 2008). Ponto de interesse estabelecido na interseção entre a divisão político-administrativa internacional e a rede de drenagem BHO-2013 simplificada, desde que a área de drenagem a montante do ponto de interseção seja no mínimo ou igual a 4.500km² (**Figura 8**). Este critério permite gerenciar as condições quantitativas e qualitativas de entregas entre os países.

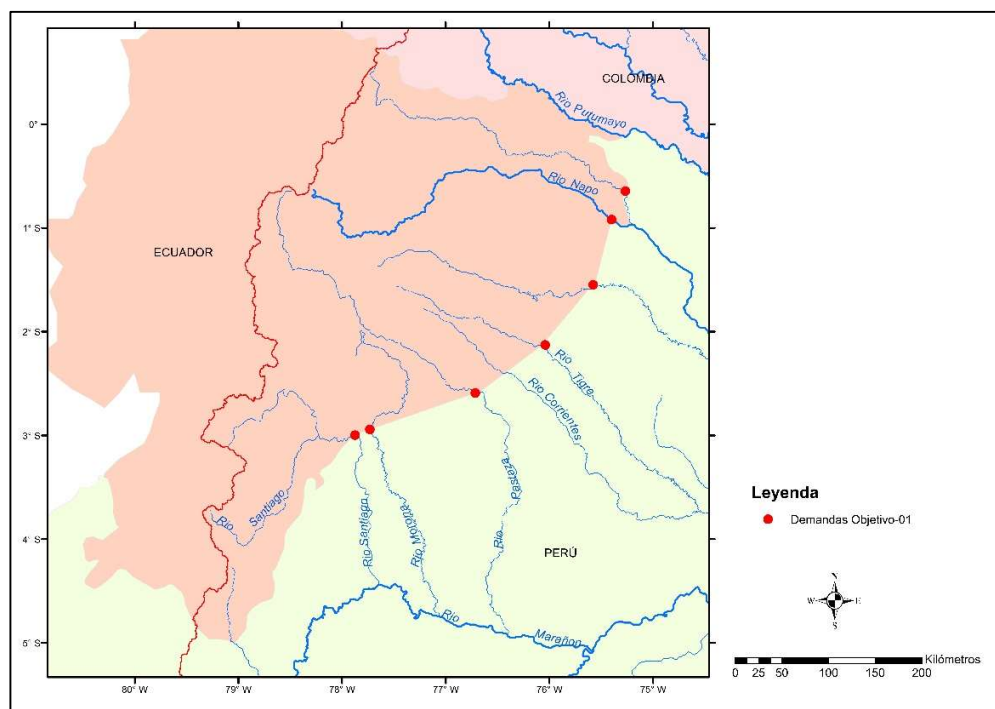


Figura 8: Exemplo de aplicação do critério de localização de pontos para o objetivo controle de fronteira em rio transfronteiriço na divisa do Equador com o Peru.

2. Rio fronteiriço (contíguo): trecho de curso d'água cujas margens situam-se em países distintos e que formam, portanto, fronteiras terrestres (Brasil, 2008). Neste caso foram estabelecidos dois pontos de locação: o primeiro posicionado no trecho inicial de compartilhamento onde a área de drenagem a montante é de no mínimo 5.000km². E o segundo, situado no ponto final do trecho de compartilhamento (Figura 9). Nesse caso, o ponto inicial do rio compartilhado coleta informações das características quantitativas e qualitativas do aporte do

recurso hídrico que chega no trecho e o ponto final do compartilhamento proporcionar uma visão das modificações possíveis de ocorrência entre os países ribeirinhos.

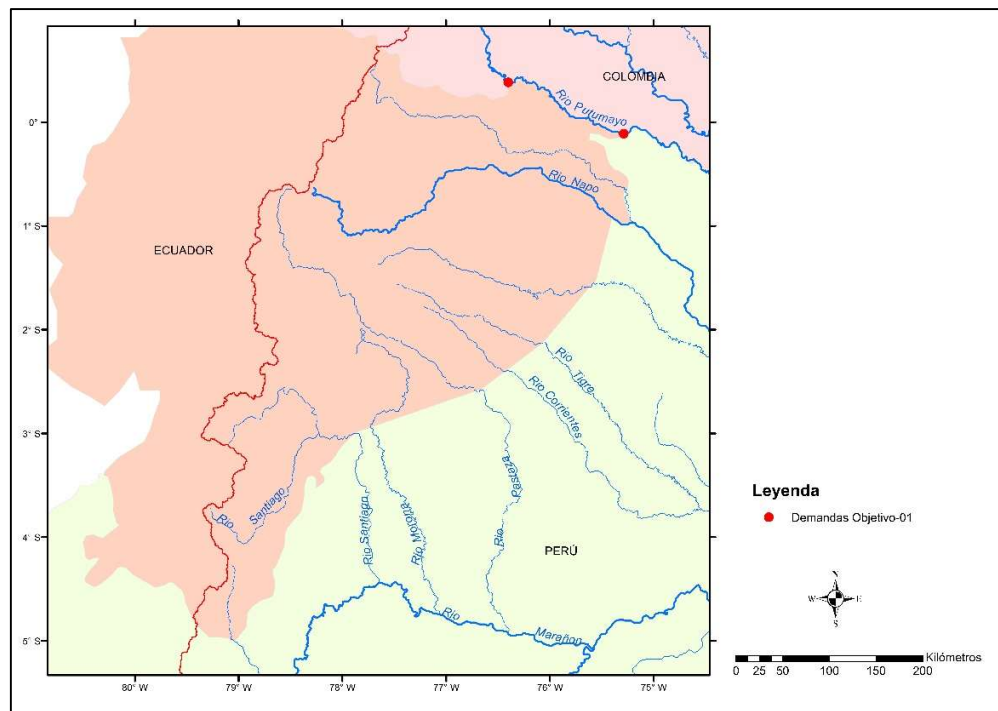


Figura 9: Exemplo de aplicação do critério de locação de pontos para o objetivo controle de fronteira em rio fronteiro na divisa do Equador com a Colômbia.

A **Figura 10** apresenta a distribuição final dos pontos de interesse estabelecidos nesta etapa.

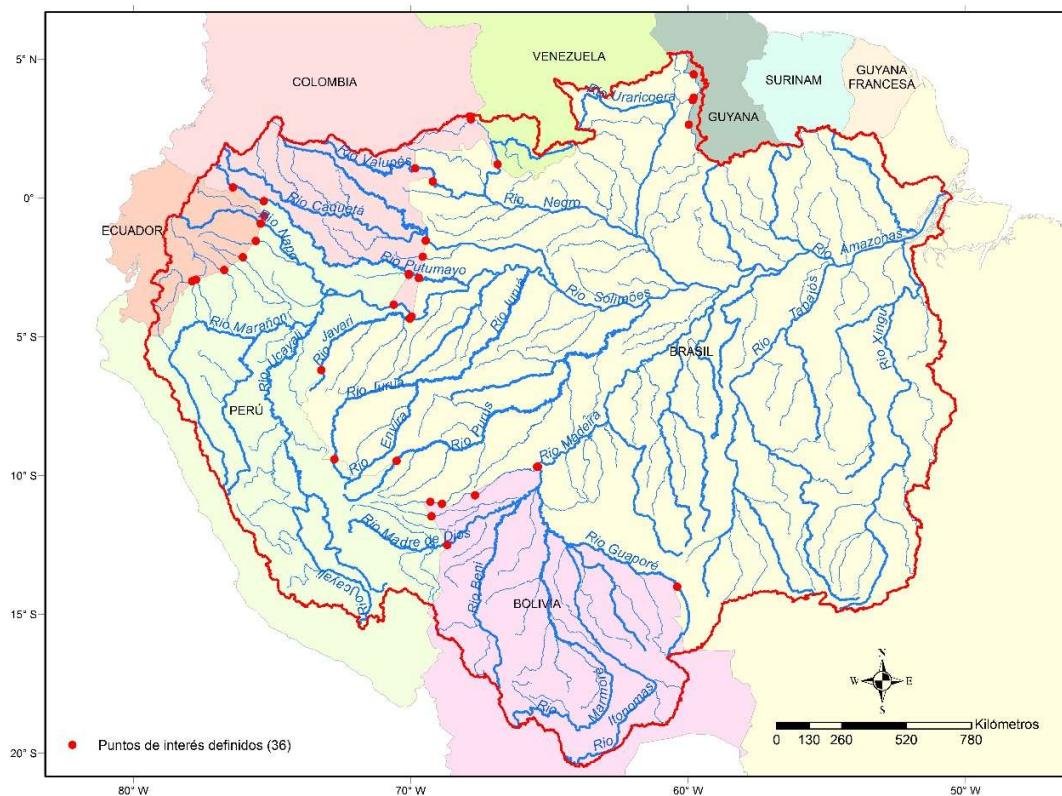


Figura 10: Resultado da aplicação dos critérios de locação de pontos de interesse para atendimento ao objetivo de controle de fronteiras internacionais (etapa b).

c) Definição de critérios e desenho da RHA com vistas ao balanço hídrico

A localização dos pontos para atendimento ao objetivo de balanço hídrico foi estabelecida em conformidade com o seguinte critério: Pontos de interesse localizados nos exutórios dos cursos d'água com áreas de drenagem de mais de 10.000 km² e a montante de confluências tributárias com mais de 10.000 km² (**Figura 11**).

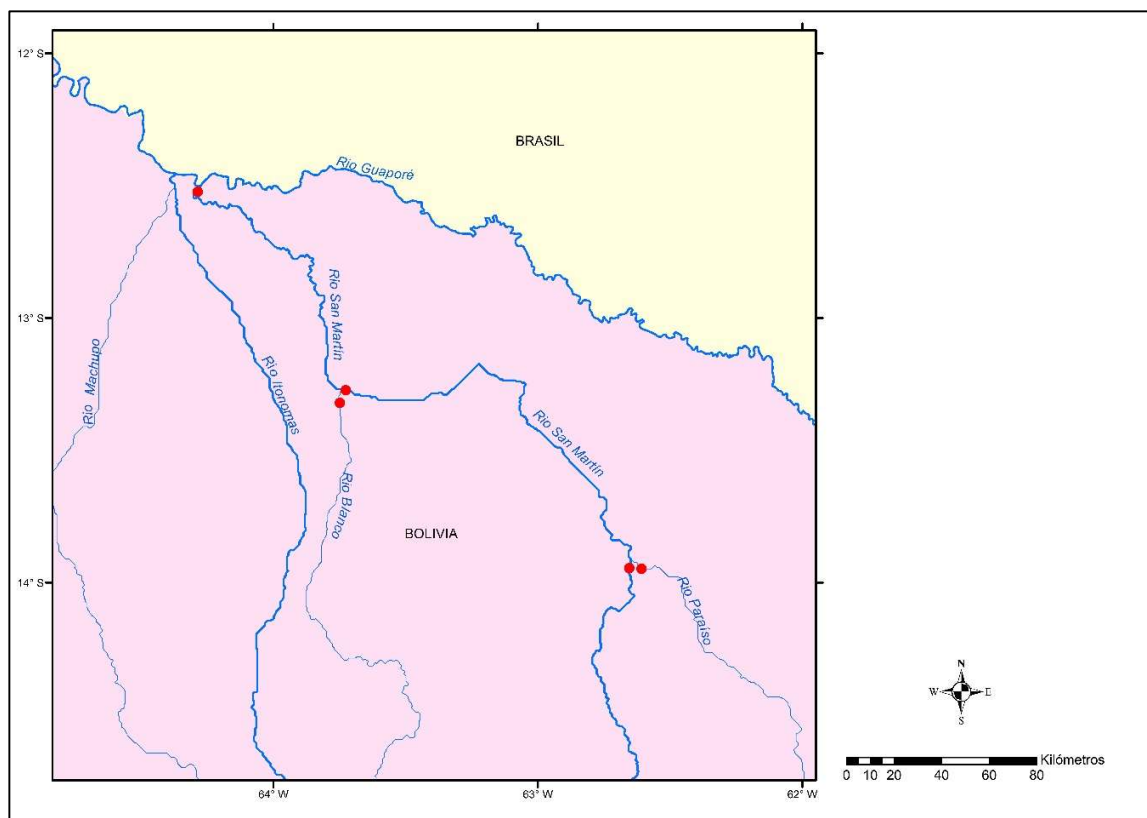
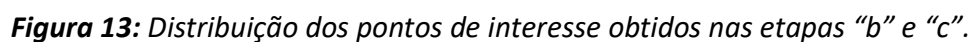


Figura 11: Exemplo de aplicação do critério de locação de pontos de interesse para atendimento ao objetivo de balanço hídrico na bacia do rio San Martín na Bolívia.

A **Figura 12** apresenta a distribuição de todos os pontos de interesse estabelecidos nesta etapa.

Quadro, sendo a distribuição espacial dos mesmos apresentada na **Figura 13**.

Objetivos de planejamento da RHA	Quantidade de Pontos de Interesse
Obj-1 – Controle de Fronteiras	26
Obj-2 – Balanço Hídrico	119
Obj-1 e 2	21
Totais	166



Na etapa de refinamento buscou-se otimizar a localização dos pontos de interesse, definidos na etapa “d”, com a rede existente de monitoramento (**Figura 14**), haja vista que o aproveitamento de estações existentes na implementação da RHA permite minimizar o

investimento de recursos humanos e financeiros, e incorporar as informações históricas já levantadas.

O critério adotado para o aproveitamento das estações existentes foi que elas deveriam estar situadas no mesmo curso d'água dos pontos de interesse e dentro de um intervalo máximo de variação de $\pm 30\%$ da área de drenagem dele. A única exceção a essa regra, o caso do ponto de interesse localizado próximo a foz do rio Urubamba, onde a sua coordenada foi alterada para o local da estação existente (472935F2 – Intihuatana) considerando questões logística e operacional.

Após o primeiro ajuste de localização dos pontos de interesse foi realizado um refinamento da RHA com vistas a eliminação de coleta de informações redundantes. Neste caso definiu-se que a área incremental de monitoramento de cada ponto de interesse deveria ser no mínimo 10% de sua área. Os pontos de interesse localizados no mesmo curso d'água e que não atenderam a esse critério foram considerados redundantes, sendo que a escolha de qual deles iria representar seus objetivos seguiu a seguinte ordem:

1. Pontos com estações existentes;
2. Pontos com atendimento a mais de um objetivo;
3. Pontos com maior área de cobertura.

A **Figura 15** apresenta os resultados finais do processo de refinamento.

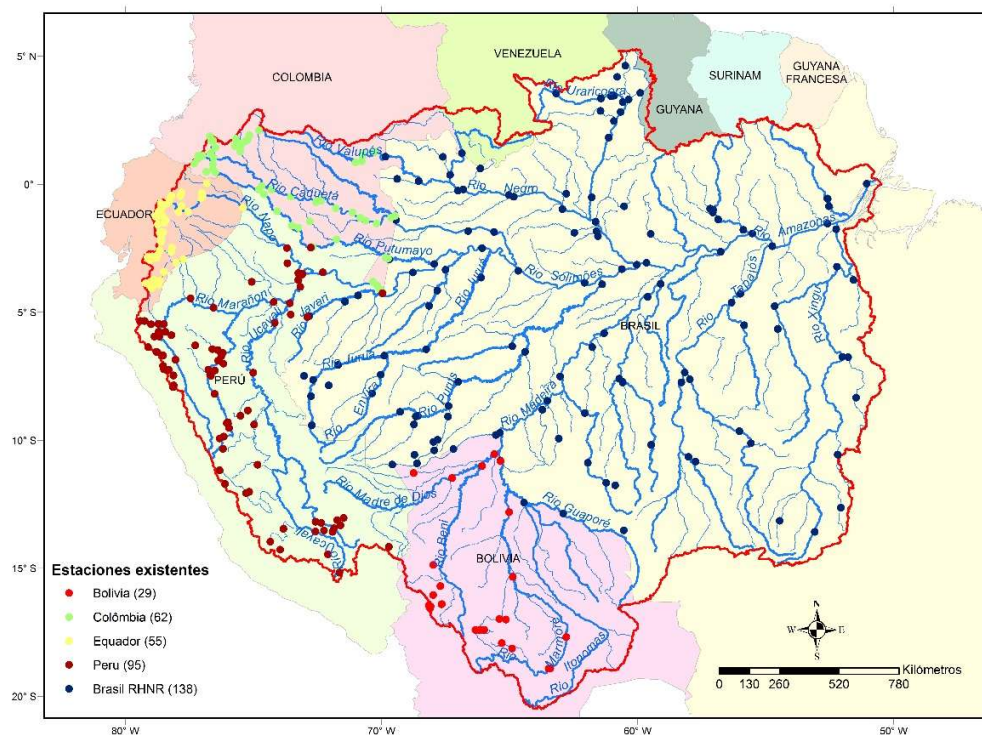


Figura 14: Base de dados georeferenciada de estações existentes.

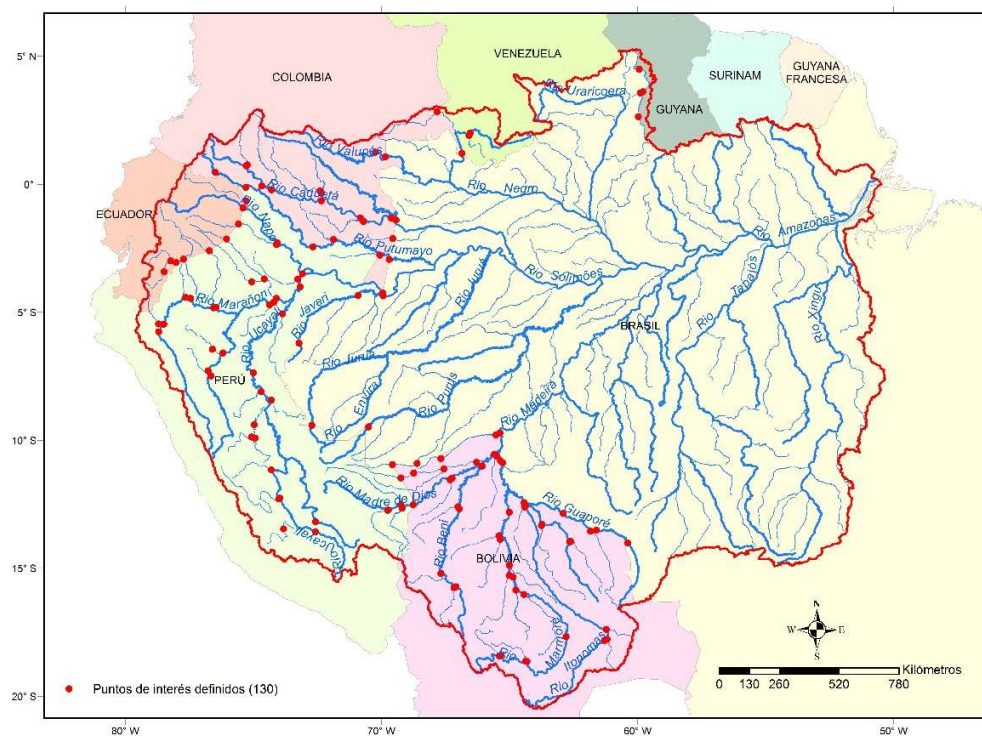


Figura 15: Distribuição espacial dos pontos de interesse da RHA após etapa de refinamento.

g) Definição de níveis de implementação

A última etapa do planejamento e desenho da RHA consistiu na definição de 2 Fases de implementação, quais sejam:

Fase 1 – Adaptação das instalações e das regras de operacionais das estações existentes localizadas em pontos de interesse (médio prazo);

Fase 2 – Instalação dos pontos de interesse sem estações existentes (longo prazo).

Inicialmente o projeto de implementação da RHA se propõe a aproveitar as estações existentes nos diversos países que compõem a bacia amazônica como um ponto de partida para a conformação da RHA. Essas estações, entretanto, visando a composição de conjunto harmônico em termos de instalações e operações deverão seguir um protocolo para adaptação das estruturas e do *modus operandi* existente de maneira a prover dados padronizados e rastreáveis. Adicionalmente serão definidos para os procedimentos de medição etapas de controle e garantia da qualidade dos dados levantados em toda a bacia.

Na fase 2 os pontos de interesse indicados com atendimento aos objetivos propostos deverão ser objeto de análises mais minuciosas por parte dos países para verificações pertinentes, inclusive visitas *in loco* para a microlocalização dos pontos.

No planejamento foram consideradas implantadas as estações da RHNR brasileira implantadas até 2019 e as seis estações do Projeto Piloto. Vale a pena registrar que o processo de implantação de estações da RHNR brasileira é contínuo o que leva a acréscimo anual de mais estações.

A **Figura 17** apresenta a distribuição dos pontos de interesse por fase de implementação.

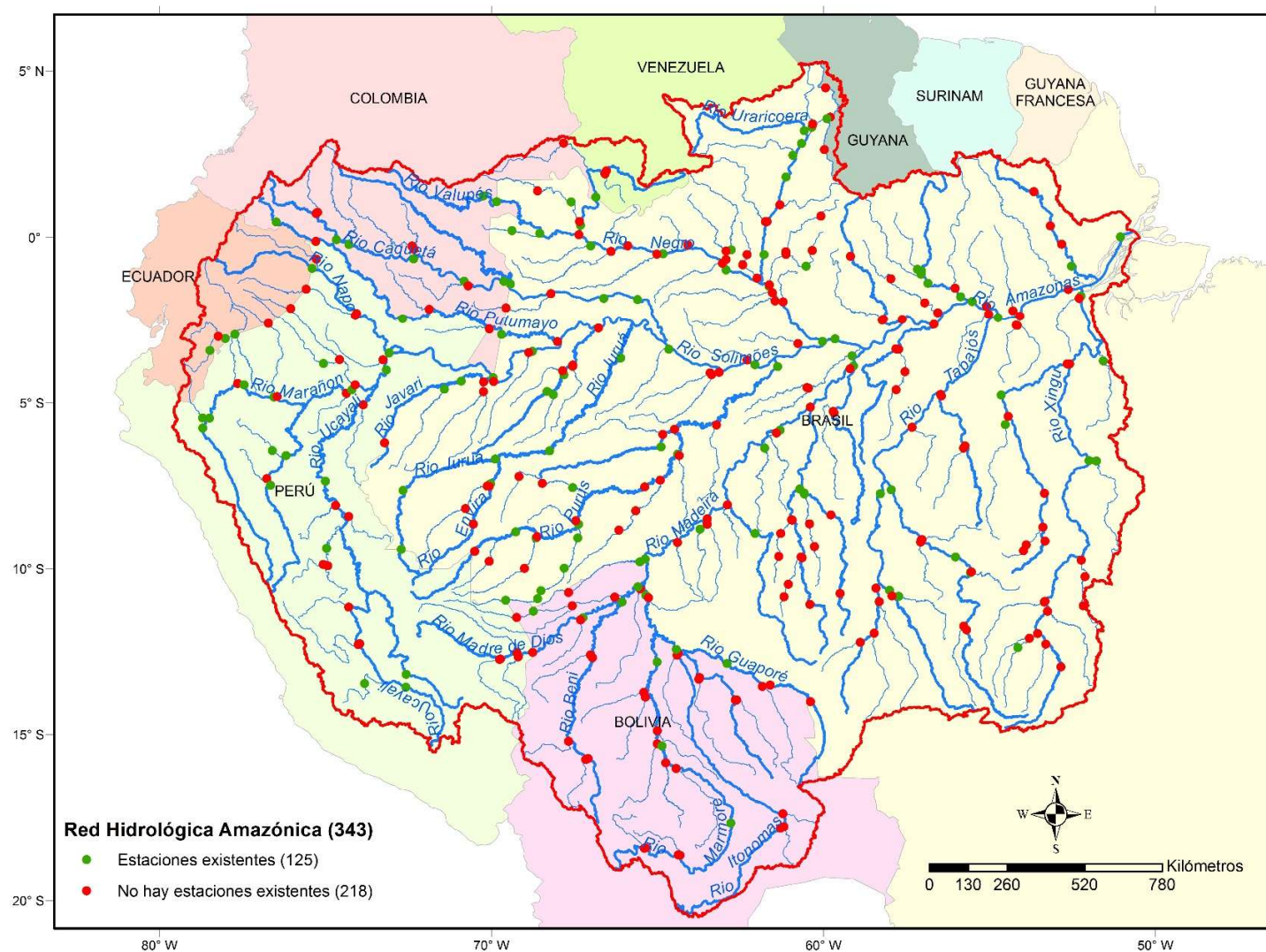


Figura 17: Fases de implementação da RHA. Fase 1 pontos com estações existentes; Fase 2 pontos sem estações existentes.

3.5 RESULTADOS

3.5.1 Visão Geral

Com a aplicação da metodologia descrita foi possível estabelecer um desenho para a RHA com um quantitativo total de 343 postos de monitoramento. Desse montante, 33 pontos de interesse já podem ser considerados implantados e 92 pontos de interesse já existem requerendo adaptações das instalações e do *modus operandi* existente para estarem em consonância com as diretrizes propostas para a RHA. Assim para a Fase 1 de implantação que considera o aproveitamento das estações já existentes na região o quantitativo de estações é de 125. Para a Fase 2 estão planejados 218 pontos de interesse estabelecidos a título de macrolocalização e que requerem avaliações mais precisas posteriormente para sua implementação (**Figura 18**).

O **Quadro** apresenta os detalhes do quantitativo de estações previsto para cada país, por fase de implantação, bem como indica as estações localizadas em fronteiras entre países e que requerem um tratamento peculiar em torno da sua operação que preferencialmente deve ser cooperativa entre os países envolvidos.

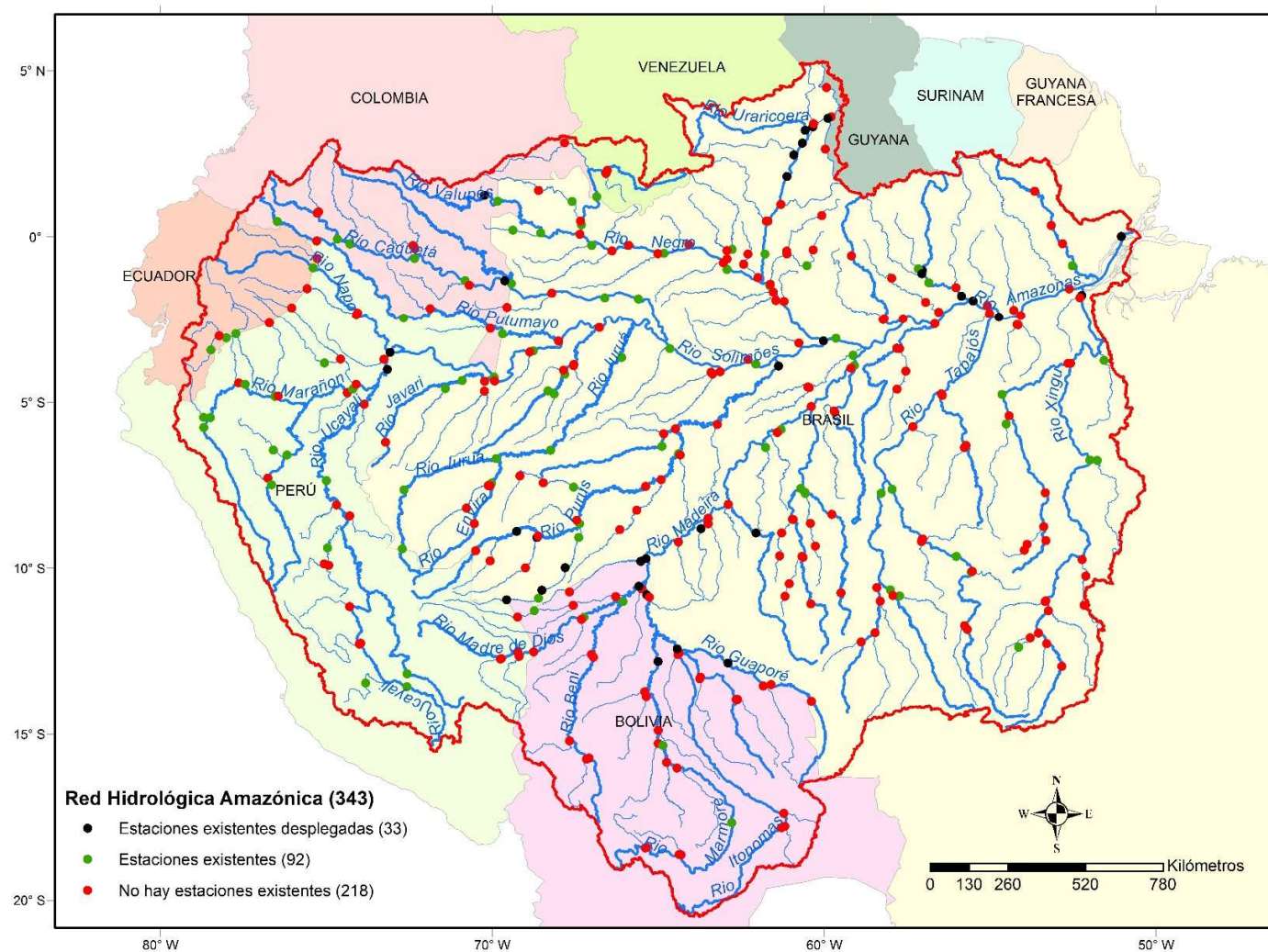


Figura 18: Visão geral do estágio de implementação da RHA.

Quadro 9: Quantidades de estações da RHA por país responsável e fase de implantação.

Responsável	Fase 1	Fase-2	Total
Bolívia	7	29	36
Brasil	74	139	213
Colômbia	5	6	11
Equador	1	1	2
Peru	17	21	38
Venezuela	0	2	2
Bolívia, Brasil	3	1	4
Colômbia, Brasil	7	4	11
Colômbia, Equador	1		1
Colômbia, Equador, Peru	0	1	1
Colômbia, Venezuela	0	1	1
Colômbia, Venezuela, Brasil	1		1
Equador, Peru	3	4	7
Guiana, Brasil	1	3	4
Peru, Bolívia	0	2	2
Peru, Bolívia, Brasil	1		1
Peru, Brasil	2	3	5
Peru, Colômbia	1	1	2
Peru, Colômbia, Brasil	1		1
Total Geral	125	218	343

3.5.2 Resultados por País

A seguir estão apresentados os resultados do desenho da RHA individualizados por país.

- **BOLÍVIA**

O planejamento da RHA prevê a implantação de 49 estações em território boliviano (**Figura 19**), sendo 13 delas estão localizadas nas fronteiras com o Brasil e Perú. O **Quadro 10** apresenta o quantitativo de pontos de interesse por fase de implantação. Das 14 estações existentes previstas para a Fase 1 de implantação da RHA, 08 delas foram consideradas implementadas e 06 necessitam de ajustes nas suas estruturas físicas e regras operacionais (**Quadro 5**).

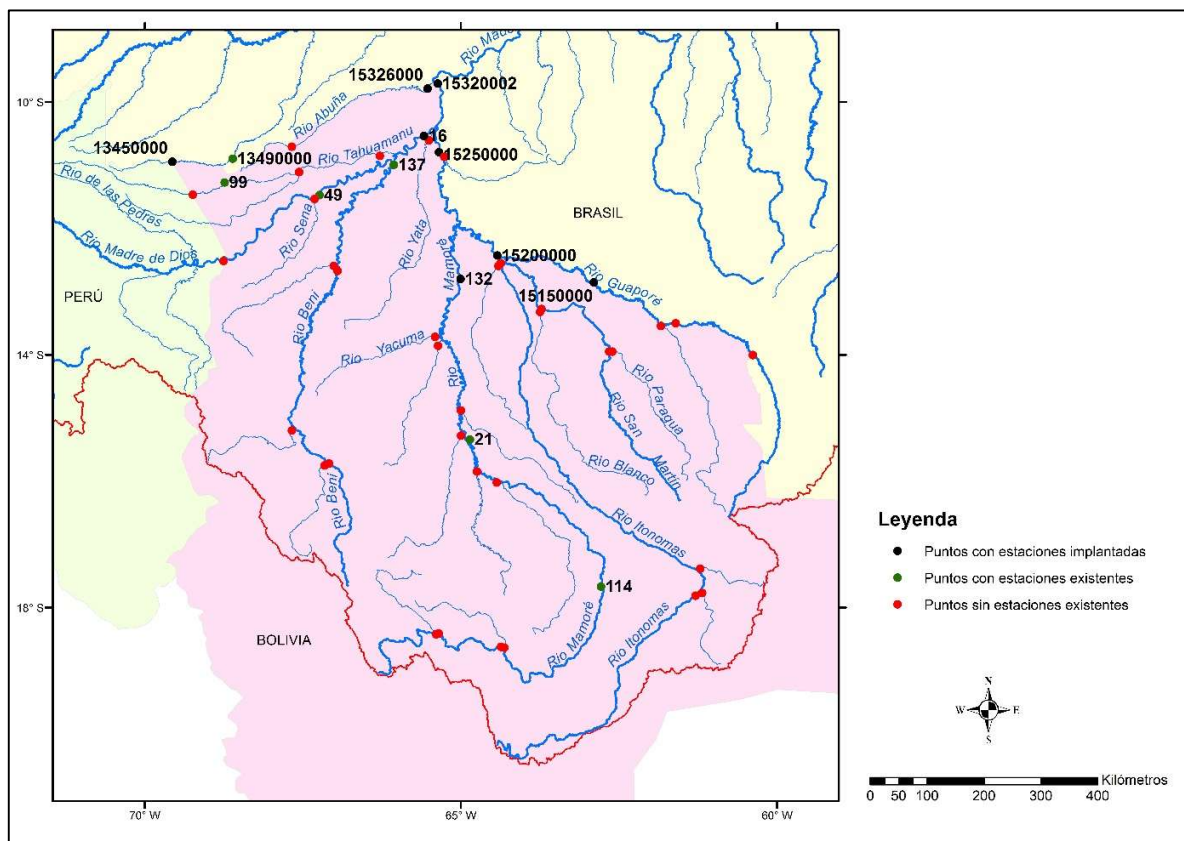


Figura 19: Desenho da RHA em território Boliviano.

Quadro 10: Quantitativo de pontos de interesse por fase de implementação (Bolívia).

Responsáveis	Fase 1	Fase 2	Total
Bolívia	7	29	36
Bolívia, Brasil	6	4	10
Peru, Bolívia		2	2
Peru, Bolívia, Brasil	1		1
Total	14	35	49

Quadro 51: Relação das estações existentes (Bolívia).

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RESPONSÁVEIS	OPERADOR	SITUAÇÃO
16	CACHUELA ESPERANZA	Bolívia	Bolívia	Considerada implantada
21	CAMIACO -gprs	Bolívia	Bolívia	Necessita de ajustes
49	EL SENA -gprs	Bolívia	Bolívia	Necessita de ajustes
99	PORVENIR -gprs	Bolívia	Bolívia	Necessita de ajustes
114	PUENTE PAILAS - GPRS	Bolívia	Bolívia	Necessita de ajustes
132	PUERTO SILES	Bolívia	Bolívia	Considerada implantada
137	RIBERALTA	Bolívia	Bolívia	Necessita de ajustes
13490000	EPITACIOLÂNDIA (Colônia São Bento)	Bolívia, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
15150000	PEDRAS NEGRAS	Bolívia, Brasil	Brasil	Considerada implantada
15200000	PRINCIPE DA BEIRA	Bolívia, Brasil	Brasil	Considerada implantada
15250000	GUAJARÁ-MIRIM	Bolívia, Brasil	Brasil	Considerada implantada
15320002	ABUNÃ	Bolívia, Brasil	Brasil	Considerada implantada
15326000	MORADA NOVA - JUSANTE	Bolívia, Brasil	Brasil	Considerada implantada
13450000	ASSIS BRASIL	Peru, Bolívia, Brasil	Brasil	Considerada implantada

Figura 20: Desenho da RHA em território brasileiro.

Quadro 6: Quantitativo de pontos de interesse por fase de implementação (Brasil).

Responsáveis	Fase 1	Fase 2	Total
Bolívia, Brasil	6	4	10
Brasil	74	139	213
Colômbia, Brasil	4	1	5
Colômbia, Venezuela, Brasil	1		1
Guyana, Brasil	1	3	4
Peru, Bolívia, Brasil	1		1
Peru, Brasil	2	3	5
Peru, Colômbia, Brasil	1		1
Total	90	150	240

Quadro 7: Relação das estações existentes (Brasil).

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RESPONSÁVEIS	OPERADOR	SITUAÇÃO
10300000	SANTA MARIA/FLORES	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
11400000	SÃO PAULO DE OLIVENÇA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
12100000	COLOCAÇÃO CAXIAS NOVO	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
12180000	TANIBUCA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
12210000	BARREIRA ALTA NOVA (MAROÁ)	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
12500000	CRUZEIRO DO SUL	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
12550000	EIRUNEPÉ - MONTANTE	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
12680000	ENVIRA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
12700000	SANTOS DUMONT	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
12842000	FORTE DAS GRAÇAS	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
12850000	ACANAUI	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
12872000	MARAÃ	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
12900002	TEFÉ - MISSÕES-TELEMÉTRICA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RESPONSÁVEIS	OPERADOR	SITUAÇÃO
13155000	CODAJÁS	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
13180000	MANOEL URBANO	Brasil	Brasil	Considerada implantada
13310000	SENA MADUREIRA	Brasil	Brasil	Considerada implantada
13550000	XAPURI	Brasil	Brasil	Considerada implantada
13600002	RIO BRANCO	Brasil	Brasil	Considerada implantada
13650000	FLORIANO PEIXOTO	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
13710001	VALPARAÍSO - MONTANTE	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
13740000	FAZENDA BORANGABA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
13880000	CANUTAMA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
13886000	BACABA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
13990000	BERURI	Brasil	Brasil	Considerada implantada
14230000	MISSÃO IÇANA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
14250000	SÃO FELIPE	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
14280001	TARAQUÁ	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
14310000	CUNURI	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
14350000	JUSANTE DA CACHOEIRA DO CAJU	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
14420000	SERRINHA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
14452000	SAMAUMA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
14480002	BARCELOS	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
14515000	FAZENDA PASSARÃO	Brasil	Brasil	Considerada implantada
14528000	FAZENDA PARAÍSO	Brasil	Brasil	Considerada implantada
14620000	BOA VISTA	Brasil	Brasil	Considerada implantada
14690000	MUCAJAÍ	Brasil	Brasil	Considerada implantada
14710000	CARACARAÍ	Brasil	Brasil	Considerada implantada
14790000	SANTA MARIA DO BOIAÇU	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
14840000	MOURA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
14850000	BASE ALALAÚ	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
14990000	MANAUS	Brasil	Brasil	Considerada implantada
15030000	JATUARANA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
15035000	AUTAZES	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RESPONSÁVEIS	OPERADOR	SITUAÇÃO
15550000	SANTA ISABEL	Brasil	Brasil	Considerada implantada
15580000	TABAJARA	Brasil	Brasil	Considerada implantada
15670000	NOVA ESPERANÇA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
15700000	MANICORÉ	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
15795000	LEONTINO	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
15800000	BOCA DO GUARIBA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
15828000	FAZENDA BOA LEMBRANÇA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
15940000	NOVA OLINDA DO NORTE	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
16430000	GARGANTA	Brasil	Brasil	Considerada implantada
16440000	ALDEIA DO CHAPÉU	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
16460000	CARAMUJO	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
16500000	ESTIRÃO DA ANGÉLICA	Brasil	Brasil	Considerada implantada
16590000	TABULEIRO - REBIO TROMBETAS	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
16900000	ORIXIMINÁ	Brasil	Brasil	Considerada implantada
17050001	ÓBIDOS	Brasil	Brasil	Considerada implantada
17122000	RIO DOS PEIXES	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
17123000	RIO ARINOS	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
17130000	FOZ DO JURUENA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
17340000	INDECO	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
17380000	JUSANTE FOZ PEIXOTO DE AZEVEDO	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
17420000	TRÊS MARIAS	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
17900000	SANTARÉM	Brasil	Brasil	Considerada implantada
18421000	FOZ RONURO	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
18460000	BOA SORTE	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
18500000	BOA ESPERANÇA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
18650000	CAJUEIRO	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
18670000	IRIRI I-7	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
18880000	FAZENDA CIPAUBA	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
18950003	PORTO DE MOZ	Brasil	Brasil	Considerada implantada
19152500	LARANJAL DO JARI	Brasil	Brasil	Necessita de ajustes

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RESPONSÁVEIS	OPERADOR	SITUAÇÃO
19500000	MACAPÁ	Brasil	Brasil	Considerada implantada
14527000	PONTE DO TACUTU	Guyana, Brasil	Brasil	Considerada implantada
10500000	ESTIRÃO DO REPOUSO	Peru, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
12360000	FOZ DO BREU	Peru, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
13490000	EPITACIOLÂNDIA (Colônia São Bento)	Bolívia, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
15150000	PEDRAS NEGRAS	Bolívia, Brasil	Brasil	Considerada implantada
15200000	PRINCIPE DA BEIRA	Bolívia, Brasil	Brasil	Considerada implantada
15250000	GUAJARÁ-MIRIM	Bolívia, Brasil	Brasil	Considerada implantada
15320002	ABUNÃ	Bolívia, Brasil	Brasil	Considerada implantada
15326000	MORADA NOVA - JUSANTE	Bolívia, Brasil	Brasil	Considerada implantada
13450000	ASSIS BRASIL	Peru, Bolívia, Brasil	Brasil	Considerada implantada
10100001	TABATINGA-TELEMÉTRICA	Peru, Colômbia, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
14110000	CUCUÍ	Colômbia, Venezuela, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
11444900	IPIRANGA NOVO	Colômbia, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
12845000	VILA BITTENCOURT	Colômbia, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
14010000	QUERARI	Colômbia, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
44197020	VILLARREAL	Colômbia, Brasil	Colômbia	Considerada implantada

Figura 21: Desenho da RHA em território colombiano.

Quadro 8: Quantitativo de pontos de interesse por fase de implementação (Colômbia).

Responsáveis	Fase 1	Fase 2	Total
Colômbia	5	6	11
Colômbia, Brasil	4	1	5
Colômbia, Equador	1		1
Colômbia, Equador, Peru		1	1
Colômbia, Venezuela		1	1
Colômbia, Venezuela, Brasil	1		1
Peru, Colômbia	1	1	2
Peru, Colômbia, Brasil	1		1
Total	13	10	23

Quadro 9: Relação das estações existentes (Colômbia).

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RESPONSÁVEIS	OPERADOR	SITUAÇÃO
42077020	MITU - AUT	Colômbia	Colômbia	Considerada implantada
44117010	TAGUA LA	Colômbia	Colômbia	Necessita de ajustes
44127020	UMANCIA	Colômbia	Colômbia	Necessita de ajustes
44157010	MERCEDES LAS	Colômbia	Colômbia	Necessita de ajustes
44157020	MIRANAS LAS	Colômbia	Colômbia	Necessita de ajustes
10100001	TABATINGA-TELEMÉTRICA	Peru, Colômbia, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
14110000	CUCUÍ	Colômbia, Venezuela, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
47067020	ESTRECHO-MARANDUA	Peru, Colômbia	Colômbia	Necessita de ajustes
11444900	IPIRANGA NOVO	Colômbia, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
12845000	VILA BITTENCOURT	Colômbia, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
14010000	QUERARI	Colômbia, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
44197020	VILLARREAL	Colômbia, Brasil	Colômbia	Considerada implantada
47017010	MUELLE EL	Colômbia, Equador	Colômbia	Necessita de ajustes

- EQUADOR

O planejamento da RHA prevê a implantação de 11 estações em território equatoriano (**Figura 22**), sendo 09 delas estão localizadas nas fronteiras com o Peru e a Colômbia. O **Quadro 10** apresenta o quantitativo de pontos de interesse por fase de implantação. Das 05 estações existentes previstas para a Fase 1 de implantação da RHA necessitam de ajustes nas suas estruturas físicas e regras operacionais (**Quadro 11**).

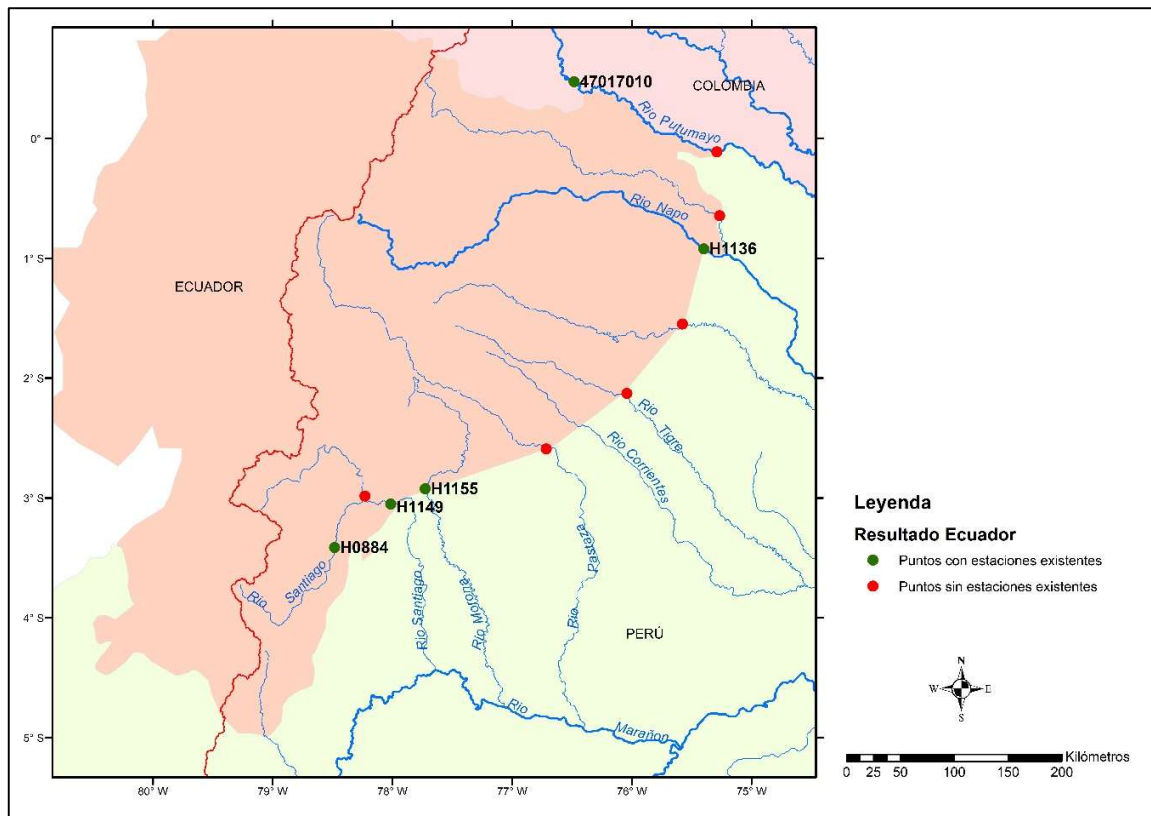


Figura 22: Desenho da RHA em território equatoriano.

Quadro 10: *Quantitativo de pontos de interesse por fase de implementação (Equador).*

Responsáveis	Fase 1	Fase 2	Total
Colômbia, Equador	1		1
Colômbia, Equador, Peru		1	1
Equador	1	1	2
Equador, Peru	3	4	7
Total	5	6	11

Quadro 11: *Relação das estações existentes (Equador).*

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RESPONSÁVEIS	OPERADOR	SITUAÇÃO
H0884	ZAMORA A.J. BOMBOIZA	Equador	Equador	Necessita de ajustes
H1136	NAPO EN NUEVO ROCAFUERTE	Equador, Peru	Equador	Necessita de ajustes
H1149	SANTIAGO EN BATALLA. SANTIAGO	Equador, Peru	Equador	Necessita de ajustes
H1155	MORONA EN PTO MORONA	Equador, Peru	Equador	Necessita de ajustes
47017010	MUELLE EL	Colômbia, Equador	Colômbia	Necessita de ajustes

- **GUIANA**

O planejamento da RHA prevê a implantação de 4 estações em território guiano (**Figura 23**), sendo todas elas localizadas na fronteira com o Brasil. O **Quadro 12** apresenta o quantitativo de pontos de interesse por fase de implantação. Existe apenas uma estação prevista para a Fase 1 de implantação da RHA, a qual já foi implementada pela RHNR brasileira (**Quadro 13**).

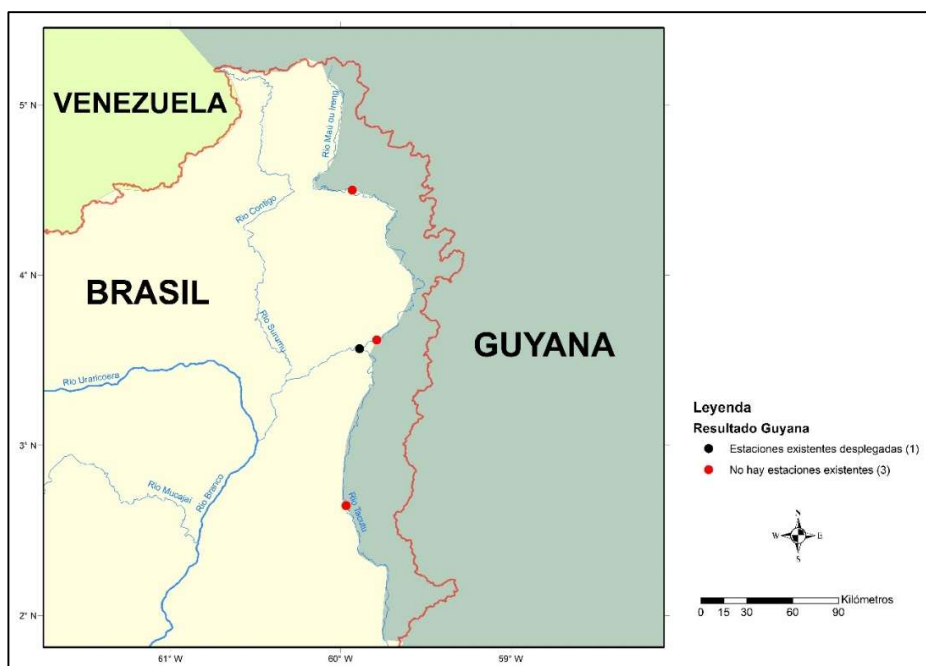


Figura 23: Desenho da RHA em território guiano.

Quadro 12: Quantitativo de pontos de interesse por fase de implementação (Guiana).

Responsáveis	Fase 1	Fase 2	Total
Guiana, Brasil	1	3	4
Total	1	3	4

Quadro 13: Estação existente (Guiana).

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RESPONSÁVEIS	OPERADOR	SITUAÇÃO
14527000	PONTE DO TACUTU	Guiana, Brasil	Brasil	Considerada implantada

Figura 24: Desenho da RHA em território peruano.

Quadro 14: *Quantitativo de pontos de interesse por fase de implementação (Peru).*

Responsáveis	Fase 1	Fase 2	Total
Colômbia, Equador, Peru		1	1
Equador, Peru	3	4	7
Peru	17	21	38
Peru, Bolívia		2	2
Peru, Bolívia, Brasil	1		1
Peru, Brasil	2	3	5
Peru, Colômbia	1	1	2
Peru, Colômbia, Brasil	1		1
Total	25	32	57

Quadro 15: *Relação das estações existentes (Peru).*

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RESPONSÁVEIS	OPERADOR	SITUAÇÃO
H1136	NAPO EN NUEVO ROCAFUERTE	Equador, Peru	Equador	Necessita de ajustes
H1149	SANTIAGO EN BATAL. SANTIAGO	Equador, Peru	Equador	Necessita de ajustes
H1155	MORONA EN PTO MORONA	Equador, Peru	Equador	Necessita de ajustes
220104	TROMPETEROS	Peru	Peru	Necessita de ajustes
220105	SAN REGIS	Peru	Peru	Necessita de ajustes
220107	BORJA	Peru	Peru	Necessita de ajustes
220111	SAN LORENZO	Peru	Peru	Necessita de ajustes
221802	SHANAO	Peru	Peru	Necessita de ajustes
221824	CHAZUTA	Peru	Peru	Necessita de ajustes
230703	PUENTE PAMPAS	Peru	Peru	Necessita de ajustes
231101	PUERTO INCA	Peru	Peru	Necessita de ajustes
231301	CONTAMANA	Peru	Peru	Necessita de ajustes
4721CF02	TAMSHIYACU	Peru	Peru	Considerada implantada
4721DC74	MAZAN	Peru	Peru	Considerada implantada
472935F2	INTIHUATANA H	Peru	Peru	Necessita de ajustes

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RESPONSÁVEIS	OPERADOR	SITUAÇÃO
472A571A	HUALLAPE	Peru	Peru	Necessita de ajustes
472B55E0	PUENTE SALINAS AMOJAO	Peru	Peru	Necessita de ajustes
472B607A	CORRAL QUEMADO	Peru	Peru	Necessita de ajustes
472C44A2	PUENTE CUNYA	Peru	Peru	Necessita de ajustes
472DC04C	CAMPANILLA	Peru	Peru	Necessita de ajustes
10500000	ESTIRÃO DO REPOUSO	Peru, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
12360000	FOZ DO BREU	Peru, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
13450000	ASSIS BRASIL	Peru, Bolívia, Brasil	Brasil	Considerada implantada
10100001	TABATINGA-TELEMÉTRICA	Peru, Colômbia, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes
47067020	ESTRECHO-MARANDUA	Peru, Colômbia	Colômbia	Necessita de ajustes

- **SURINAME**

O planejamento da RHA não prevê pontos de monitoramento no território do Suriname, uma vez que seu território não possui drenagem contribuinte para a bacia hidrográfica amazônica.

- **VENEZUELA**

O planejamento da RHA prevê a implantação de 4 estações em território venezuelano (**Figura 25**), sendo 2 delas estão localizadas nas fronteiras com o Brasil e Colômbia. O **Quadro 16** apresenta o quantitativo de pontos de interesse por fase de implantação. Existe apenas uma estação prevista para a Fase 1 de implantação da RHA, a qual já foi implementada pela RHNR brasileira (**Quadro 17**).

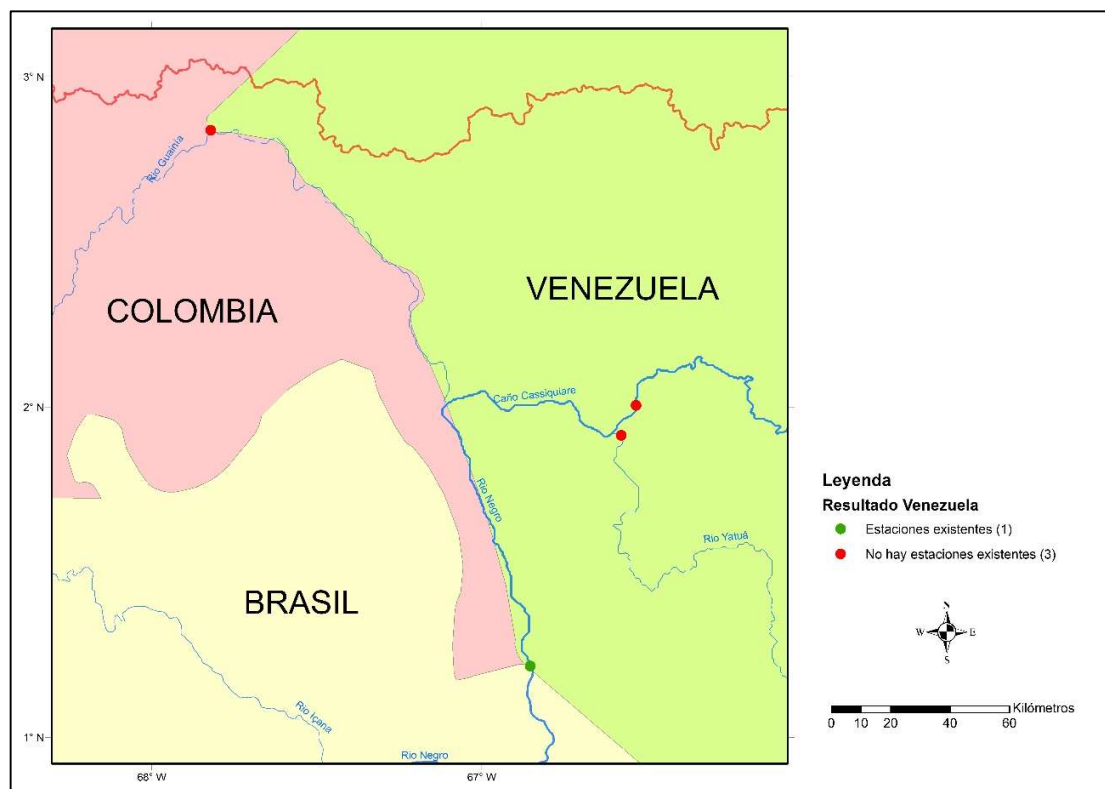


Figura 25: Desenho da RHA em território venezuelano.

Quadro 16: Quantitativo de pontos de interesse por fase de implementação (Venezuela).

Responsáveis	Fase 1	Fase 2	Total
Colômbia, Venezuela		1	1
Colômbia, Venezuela, Brasil	1		1
Venezuela		2	2
Total	1	3	4

Quadro 17: Estação existentes (Venezuela).

CÓDIGO	ESTAÇÃO	RESPONSÁVEIS	OPERADOR	SITUAÇÃO
14110000	CUCUÍ	Colômbia, Venezuela, Brasil	Brasil	Necessita de ajustes

4. ESTRATÉGIA GERAL PARA IMPLANTAÇÃO E OPERACIONALIZAÇÃO DO MONITORAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA AMAZÔNICA

4.1 PREMISSAS

A estratégia para lograr a efetiva implantação e operacionalização da rede de monitoramento amazônica reside em aproximações sucessivas e constantes para alcançar seus objetivos. Assim não se espera que toda a estrutura necessária esteja integralmente disponível, pelo contrário, o processo esperado é de continua melhoria e ampliação em direção a suficiência de suporte às necessidades de GIRH na bacia amazônica, ou seja o enfoque deve ser gradual respeitando as soberanias e a assimetria existente nos diversos países componentes da bacia. A metodologia usada para o planejamento da RHA permite o aprimoramento da rede ao longo do tempo com a definição e adição de novos objetivos a serem alcançados além dos inicialmente definidos, quais sejam, o monitoramento fronteiro e o levantamento dos volumes drenados na bacia. Esses objetivos são basais na medida em que propiciam as informações primárias necessárias para subsidiar o alcance de outros objetivos notadamente que dependem da hidrometria de fluxos, tais como a avaliação da qualidade das águas, a mensuração de sedimentos, gestão de eventos críticos, avaliação de impactos de obras hidráulicas, dentre outros, e dos que demandam disponibilidade de informações sobre transferência interpaíses para subsidiar as ações relacionadas a hidrodiplomacia.

Além disso, o processo exige a atuação em diferentes frentes que vão além das questões puramente técnicas como as que estão situadas no âmbito institucional e político. A OTCA é o órgão legítimo para coordenar a gestão do monitoramento hidrológico na Amazônia, em conjunto com os países membros, para encaminhar as tratativas necessárias para a permanência e efetividade da RHA ao longo do tempo e facilitar os processos que exigem o manejo das dimensões envolvidas nessas tarefas.

Também é essencial que se disponha de fundos para o suporte financeiro da RHA que permita lidar com as assimetrias e lacunas que restringem a consecução do pleno funcionamento do projeto. O Projeto Amazonas proveu as bases para a implementação do monitoramento integrado da Bacia Amazônica oferecendo os recursos necessários para a

conformação da RHA e da rede de monitoramento de qualidade da água na bacia, no entanto, a sua implementação e operação dependem da continuidade de fontes de financiamento. Nesse sentido, há gestões já encaminhadas para que o processo prossiga dentro das ações planejadas pelo GEF no *Projeto de Implantação do Programa de Ação Estratégica para garantir a Gestão Integrada e Sustentável dos Recursos Hídricos Transfronteiriças da Bacia Hidrográfica Amazônica considerando a Variabilidade e a Mudança Climática* (OTCA/UNEP/GEF, 2018).

Também temos que considerar o papel elementar, decisivo e produtivo dos *stakeholders* nesse processo pois, sem o envolvimento e a percepção dos tomadores de decisão sobre a importância do manejo integrado da bacia, não se pode lograr um resultado amplo e assertivo para a região amazônica.

Considerando todo o exposto anteriormente, podemos sintetizar que a implantação e operacionalização do monitoramento na bacia hidrográfica amazônica são fundamentadas nas seguintes premissas:

- a) Enfoque progressivo para a implementação do monitoramento na Bacia Amazônica
- b) Gestão do Monitoramento Hidrológico Amazônico pela OTCA
- c) Suporte financeiro do Projeto Amazonas e GEF
- d) Envolvimento de tomadores de decisão (nível técnico e político)

4.2 LINHAS DE ATUAÇÃO PRIORITÁRIAS PARA IMPLANTAÇÃO E OPERACIONALIZAÇÃO DO MONITORAMENTO

Considerando as premissas já elencadas, as linhas de atuação prioritárias identificadas para a consecução a curto, médio e longo prazo de resultados residem no aperfeiçoamento dos seguintes temas: (a) Governança, (b) Envolvimento e Informação, (c) Harmonização Metodológica, (d) Desenvolvimento de Recursos Humanos, (e) Gestão da Rede de Monitoramento e (f) Manejo e Divulgação dos Dados (**Figura 26**). Esses temas serão desenvolvidos a seguir.

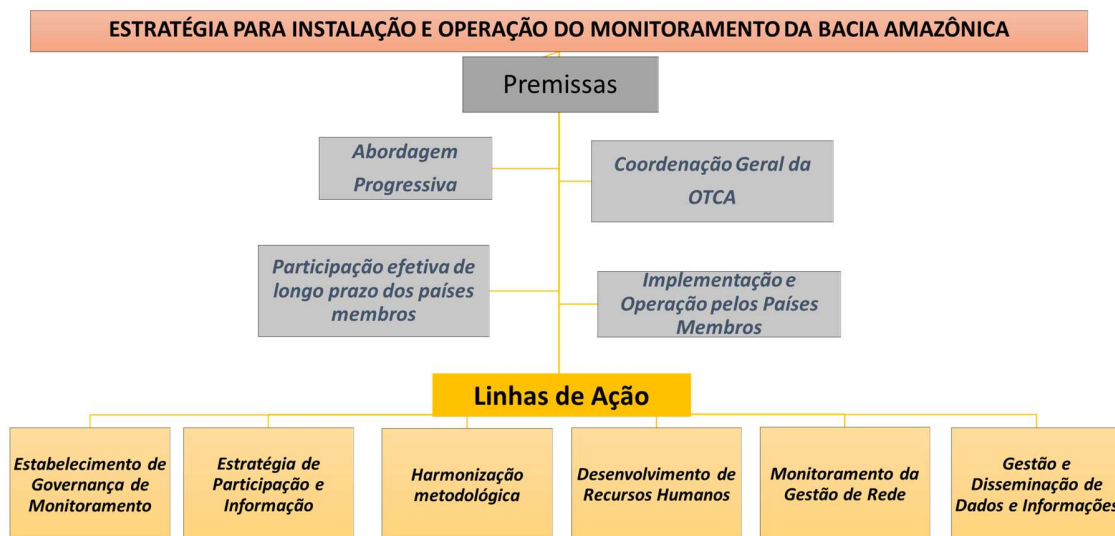


Figura 27: Plano estratégico para implementação da Rede Hidrológica Amazônica.

4.2.1 Governança do Monitoramento da Bacia Hidrográfica Amazônica

Estabelecer a Governança significa determinar os atores e seus papéis no que se refere a gestão do monitoramento da bacia hidrográfica amazônica. Isso exige o compromisso de envolvimento permanente e, no que for pertinente, equitativo de todos os partícipes para a execução das atividades. A tarefa é complexa haja vista a grande quantidade de países que fazem parte da bacia, suas assimetrias no que se refere a estruturas internas para a gestão de recursos hídricos e os diferentes graus de participação efetiva e de interesse no estabelecimento de um monitoramento na bacia amazônica.

Felizmente a cooperação entre os países para esse fim está facilitada pelos mecanismos legais existentes, como é o caso do TCA, e pela existência de um organismo de bacia, a OTCA, que vem a ser o ator chave para a coordenação e facilitação de todo o processo.

Evidentemente, a instituição de um monitoramento na bacia é um processo progressivo e assim a Governança implementada deverá acompanhar o nível de atividades e das tarefas de gestão, bem como, a experiência adquirida ao longo do tempo.

Um requisito elementar para a concretização dessa proposta é munir a OTCA de ferramentas de gestão, particularmente de recursos humanos e estrutura interna, para que possa encabeçar o processo. Algumas tarefas que se espera são: coordenação e papel consultivo para ajudar os Estados-Membros da bacia; função executiva, ou seja, todas as atividades diretas da organização (gestão de dados, sistemas de informação, planejamento e programação, etc.) e a função de controle sobre a implementação do projeto (rastreamento de implementação).

Por sua vez, os países serão os responsáveis pela execução direta do monitoramento que envolve implantação, operação e manutenção das estações; tratamento preliminar dos dados e envio sistemático dos dados para publicação.

O elenco de atividades e atores aqui descritos tem caráter exemplificativo e geral uma vez que a Governança deve ser bem delimitada e consensuada entre os países.

4.2.2 Fomento ao Envolvimento e Informação

Manter o envolvimento e a articulação dos países ribeirinhos e seus gestores de forma a garantir suas participações efetivas e permanentes são condições *sine qua non* para que a implantação e operação de uma rede de monitoramento hidrológico da bacia amazônica seja exitosa.

Os envolvidos precisam ter clareza da importância da iniciativa e do retorno de suas participações para o planejamento, a tomada de decisão e o Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos nos níveis local, nacional e transfronteiriço e, com isso, assegurar a continuidade da disponibilização de informações para produção de séries de dados hidrológicas. Temas intrinsecamente associados com o monitoramento da bacia amazônica, tais como a GIRH e ODS, além de outros compromissos assumidos pelos países, servem como exemplos da conveniência da conformação de uma rede de monitoramento. Nesse contexto, é de primordial importância a sensibilização dos tomadores de decisão nos níveis técnico e político.

No espectro de *stakeholders* há que se considerar a diplomacia formal que se dá no âmbito oficial dos atores com autoridade e mandato para falar e tomar decisões em nome dos governos e instituições e também a diplomacia informal que envolve, dentre outros atores, acadêmicos, ONGs, empresas, mídia ou indivíduos.

Dada a premissa de enfoque gradual da implementação dessa iniciativa, o envolvimento e a articulação devem priorizar os países e instituições aderentes e, ao longo do tempo, poderá ser feita a inclusão de novos países até o envolvimento integral de todos os partícipes. Ademais, as diferentes necessidades de informação associadas a gestão integrada de recursos hídricos podem ser introduzidas gradativamente no projeto como qualidade da água, sedimentos, eventos críticos, dentre outros.

Uma das estratégias de envolvimento é a instituição de mecanismos de aproximação permanente de gestores e tomadores de decisão por meio de reuniões periódicas, elaboração e divulgação de informes e listas de discussão etc. Além disso, é importante o fomento à formação de Grupos de Trabalho, com a participação de representantes dos vários países, para a elaboração de diretrizes técnicas e metodológicas, avaliação de dados e produção de documentos informativos.

Exemplos de temáticas para Grupos de Trabalho é Intercâmbio de Dados, que teria algumas funções como troca de dados hidrometeorológicos, elaboração de relatórios anuais conjuntos, harmonização dos protocolos de troca de informações (conteúdo e formato), resolução de discrepâncias nos registros de fluxo, estabelecimentos de protocolos gestão de eventos críticos, entre outros.

Do mesmo modo, há de se estabelecer e promover a concertação de mecanismos de comunicação e intercâmbio de informações entre os países e a órgão de bacia.

4.2.3 Harmonização Metodológica

É importante padronizar os procedimentos na gestão da rede de monitoramento hidrológico na bacia amazônica (implantação e operacionalização) haja a vista a necessidade de diminuir a heterogeneidade e falhas nos dados e assegurar sua comparabilidade e adequação para a tomada de decisões objetivas no GIRH.

Do mesmo modo, a concertação de padrões a serem adotados está relacionada às diversas etapas da gestão da rede de monitoramento. Assim, a harmonização de diretrizes para instalação, operação da estação, tratamento dos dados e publicação é o elemento chave para a obtenção de dados qualificados.

No que se refere a instalação é preciso padronizar, no que for possível, os critérios de microlocalização, tipos de equipamentos e de instalação. Na operação deve-se buscar padrões de frequência de coleta de dados, de métodos de nivelamento de linímetros e de coleta de dados, bem como o uso de equipamentos estándares nas medições de vazões, qualidade da água e sedimentos. O tratamento preliminar dos dados e o envio deve ser feito de acordo com critérios pré-estabelecidos e a consistência regional dos dados feita sob a supervisão de um grupo técnico consistido da expertise técnica existente nos países. O envio sistemático de dados para o órgão gestor do projeto (OTCA) deve ser um compromisso acordado entre as partes, de modo que a publicação e análise de dados esteja disponível para todos.

A experiência brasileira na implantação da sua Rede Hidrológica Nacional de Referência – RHNR – poderá servir de modelo para a adoção de padrões mínimos no monitoramento hidrológico da bacia amazônica, evidentemente, que outras experiências bem sucedidas em outros países também poderão ser usadas, o que deve sempre ser garantido é o consenso entre as partes envolvidas.

Um ponto que merece destaque é a questão da operacionalização de estações de fronteira. As questões operacionais precisam ser adequadamente discutidas e articuladas para a garantia do sucesso destes pontos específicos de monitoramento.

4.2.4 Desenvolvimento de Recursos Humanos

Um sistema de monitoramento de bacia hidrográfica requer pessoal treinado para colocá-lo em operação. A existência de assimetrias entre os países partícipes, bem como, os conhecimentos necessários para gestão de um sistema de monitoramento transfronteiriço tornam necessária a realização de treinamentos específicos no sentido de

nivelar os conhecimentos relacionados à instituição de padrões bem como a introdução de novos temas de monitoramento. Alguns exemplos de capacitações necessárias são: capacitação gerencial para Instalação e operação padronizada das estações da RHA, capacitação técnica para operação y manutenção de PCD, capacitação em medição de vazões, capacitação em temas de QA e sedimentos e em mudanças climáticas.

4.2.5 Gestão da Rede de Monitoramento

A gestão da rede de monitoramento da bacia amazônica é um processo contínuo e, por isso, requer uma estrutura permanente para execução das atividades requeridas, nesse sentido deve haver clareza entre os envolvidos que a participação no projeto exige que os recursos humanos designados pelos partícipes estejam disponíveis em longo termo para a execução do projeto, uma ideia é que os países indiquem seu pessoal e suas estruturas para levar a cabo a iniciativa.

Outra característica da gestão da rede de monitoramento da bacia amazônica proposta é que a conformação da rede será realizada em aproximações sucessivas que vão marcar o aprimoramento da rede de acordo com o grau de adesão dos partícipes e amadurecimento do projeto.

Ou seja, como o monitoramento e a avaliação têm múltiplas finalidades, recomenda-se uma abordagem passo a passo para fazer o melhor uso dos recursos e conhecimentos disponíveis. Isso envolve identificar e concordar em prioridades de monitoramento e avaliação e, progressivamente, a partir da avaliação geral para avaliações mais específicas e precisas.

A concertação de um plano de implantação da Rede Hidrológica Amazônica, com respectivo cronograma, é condição preliminar para o avanço do projeto e permitirá a avaliação do grau de aderência nas suas diversas etapas.

Assim, o desenho da rede de monitoramento apresentado, com objetivo de monitoramento fronteiro e de disponibilidade hídrica fortemente relacionado a geração

de vazões e cotas, deve ser tido como um marco inicial para uma rede futuramente mais complexa em que está prevista sua ampliação, em curto e médio prazo, para inserção de monitoramento de qualidade da água, sedimentos e avaliação de mudanças climáticas. Esse enfoque gradual da implantação do monitoramento da Amazônia precisa ser considerado também na construção da estrutura de governança do projeto, isto é, na medida da complexificação da rede, novos atores precisam ser incorporados.

A rede de monitoramento hidrológico projetada prevê a adoção em uma primeira fase de estações já existentes e numa segunda fase a implantação de estações novas com o fim de fornecer os dados necessários para o cálculo de disponibilidade hídrica e para o monitoramento de vazões em pontos de interesse em fronteiras. Ocorre que nas estações existentes o aproveitamento das séries de registros (cotas, vazões, qualidade da água, etc) já disponíveis precisam ser considerados e aproveitados para a geração de informações, ou seja, é necessário realizar o levantamento e a sistematização de banco de dados com informações oriundas das estações existentes da RHA. De igual maneira, para aprimorar a qualidade dos dados há que se fazer o tratamento dos dados hidrológicos existentes (ajustes de curvas-chave, consistência de dados regional e preenchimento de falhas). Esse trabalho pode vir a ser uma base preliminar de informações e, a partir de análises hidrológicas, pode gerar um panorama inicial da bacia a ser publicado.

O compromisso dos países envolvidos de operar de forma padronizada e regular as estações existentes previstas da rede de monitoramento e, de igual modo, disponibilizar os dados coletados, garantirá a continuidade da construção de séries hidrológicas, sua publicação e a elaboração de novas informações úteis ao GIRH da bacia amazônica. Do mesmo modo, a implantação das novas estações previstas no desenho da rede ampliará e melhorará a base de dados disponível.

Na medida da conformação de novos estudos, a rede inicial será ampliada para inclusão sucessiva de estações de medição de qualidade da água, sedimentos e monitoramento útil para avaliação de mudanças climáticas.

4.2.6 Manejo e Divulgação dos Dados

Em um contexto transfronteiriço, uma abordagem passo a passo significa evoluir gradualmente de metas modestas para as mais ambiciosas na direção do aprimoramento do GIRH.

Abordagens graduais também ajudam a desenvolver o monitoramento em bacias transfronteiriças, que deve estar apoiado num cuidadoso levantamento das necessidades de informações.

Para águas transfronteiriças, as informações iniciais, em geral inicialmente, são obtidas a partir de sistemas nacionais de monitoramento (que são estabelecidos e gerenciados por leis e regulamentos nacionais, bem como acordos internacionais) em vez de sistemas de monitoramento especificamente estabelecidos e gerenciados por órgãos conjuntos.

O problema desse modelo é que as informações não são harmônicas, verificando-se problemas em garantir qualidade na amostragem, processamento e análise, bem como no que diz respeito a comparabilidade dos dados, assim, o intercâmbio de informações não é eficaz quanto ao seu uso para o gerenciamento integrado da bacia.

Assim, num sistema de monitoramento de bacias transfronteiriças mais maduro se requer que os dados sejam harmonizados o que significa a existência de padrões de geração dos dados e de tratamento dos dados, conforme já discutido no item relativo a harmonização metodológica. Somente assim, as análises e a elaboração de informações terão consistência e efetividade.

Nesse sentido, idealmente o organismo de bacia deve centralizar o recebimento dos dados, ser responsável pelo seu tratamento ao nível de bacia, realizar a geração de informes e a publicação dos dados, baixo uma sistemática pré-estabelecida.

A divulgação dos dados pode ser feita inicialmente por meio de sistemas web simplificados, em que os dados brutos dos países são disponibilizados. Para isso, o desenvolvimento de tal sistema poderia exigir, como primeiro passo, o fortalecimento dos sistemas nacionais de informação conectados com uma plataforma centralizada no órgão gestor da bacia para facilitar a colaboração entre parceiros, e sempre que possível, construída a partir da infraestrutura existente de cada envolvido.

No entanto, esse modelo inicial deve evoluir, para uma plataforma que seja capaz de lidar com todos os tipos de informações: texto geográfico, alfanumérico e multimídia. Seus principais componentes são geralmente: um banco de dados e um sistema de informações geográficas (SIG), ferramentas básicas para gerenciamento de dados e tradução em termos de mapas, diagramas, indicadores e outras ferramentas. Ainda considerando sua evolução, a plataforma deve fornecer estudos com análises hidrológicas de interesse sobre a bacia, deve prever a troca e disseminação de informações; softwares, sistemas de informação de eventos críticos, informações de suporte de decisão etc.

5. BIBLIOGRAFIA REFERENCIADA

AGÊNCIA NACIONAL DO ÁGUAS. **Base hidrográfica ottocodificada**. Brasília. ANA: 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DO ÁGUAS E SANEAMENTO. **Base Hidrográfica Ottocodificada**. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: <https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/707f0e9a8bbf4b31b02c3c45083777490>. Acesso em: 22 nov. 2020

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE URBANO. **Glossário de Termos Referentes à Gestão de Recursos Hídricos Fronteiriços e Transfronteiriços**. Brasília, 2008.

CASTRO, D. **Tratamento Jurídico Internacional e Desenvolvimento Sustentável**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Direito da USP. 2009.

COE MT, COSTA MH, BOTTA A, BIRKETT CM. **Long-term simulations of discharge and loads in the Amazon basin**. Journal of Geophysical Research 107: 8044. DOI: 10.1029/2001JD000740.2002.

DASKIN, MS. **Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications**. New York: Wiley Interscience. 1995. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/progress-on-transboundary-water-cooperation-652/>. Acesso em: 15 out. 2020.

DORNBLUT, I. **Hydrologic Information – Metadata: Semantic structure for the description of hydrologic data (GRDC Hydrologic Metadata)**. Global Runoff Data Centre. 2nd, fully revised ed. - Koblenz, Federal Institute of Hydrology (BfG). GRDC Report; 39r2. 2013.

ECE TASK FORCE ON MONITORING AND ASSESSMENT. **Guidelines on monitoring and assessment of transboundary rivers**. RIZA, The Netherlands. 2000.

GWP y INBO. **Manual para la gestión integrada de los recursos hídricos de las cuencas transfronterizas de ríos, lagos y acuíferos**. París, 2012.

GWP. **El Derecho Internacional de Aguas en América Latina**. Manual de capacitación. Montevideo, Uruguay. 2014.

GWP. **Governance for Transboundary Freshwater Security**. Course Update EDX platform. 2020.

J. BARICHIVICH, E. GLOOR, P. PEYLIN, R. J. W. BRIENEN, J. SCHÖNGART, J. C. ESPINOZA, K. C. PATTNAYAK. **Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation.** *Sci. Adv.* 4, eaat8785. 2018.

MARENGO, J. A. **Characteristics and spatio-temporal variability of the Amazon River Basin Water Budget.** *Clim Dyn*, 24(1), 11–22, doi:10.1007/s00382-004-0461-6. 2005.

MARENGO, J. A. **On the hydrological cycle of the Amazon basin: a historical review and current state-of-the-art.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21(3a), 1–19. 2006.

MIGIYAMA, A. **Desafios e oportunidades para a gestão integrada dos recursos hídricos da bacia do rio Amazonas.** Dissertação de mestrado. Orientador: Norbert Fenzl. 2011.

MOSS, M. E. **Concepts and Techniques in Hydrological Network Design.** WMO Operational Hydrology Report no. 19, WMO no. 580, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland. 1982.

MOSTAFAVI ET AL. **River Monitoring Over Amazon and Danube Basin Using Multi-Mission Satellite Radar Altimetry.** *J Hydrogeololy Eng* 7:2 DOI: 10.4172/2325-9647.1000166. 2018.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Assessing the National Streamflow Information Program.* Washington, DC: The National Academies Press. 2004. <https://doi.org/10.17226/10967>.

OTCA. **Agenda Estratégica de Cooperação Amazônica. Brasília: OTCA, 2010.** Disponível em: http://www.otca.org.br/portal/admin/_upload/apresentacao/AECA_prt.pdf. Acesso em: 22 nov. 2020.

OTCA. **Análisis Diagnóstico Transfronterizo Regional de la Cuenca Amazónica – ADT.** Proyecto GEF Amazonas. Brasília, DF, 2018 -a.

OTCA. **Nossa Amazônia.** Disponível em http://www.otca-oficial.info/amazon/our_amazon. Acesso em: 10 set. 2020.

OTCA. **Programa de Acciones Estratégicas. Estrategia Regional para la Gestión Integrada de los Recursos, Hídricos de la Cuenca Amazónica.** Amazon Cooperation Treaty Organization (ACTO). Brasília: TDA, 2018 -b.

OTCA. **Integrated and sustainable management of transboundary water resources in the Amazon river basin considering climate variability and climate change (2010-2018). Project Document.** GEF Amazon Project. 2018

PFAFSTETTER, O. **Classification of hydrographic basins: coding methodology**. Unpublished manuscript, DNOS, August 18, 1989, Rio de Janeiro; translated by J.P. Verdin, U.S. Bureau of Reclamation, Brasilia, Brazil, 1991.

RED INTERNACIONAL DE ORGANISMOS DE CUENCA - RIOCI Y ASOCIACIÓN MUNDIAL PARA EL AGUA - GWP. **Manual para la gestión integrada de los recursos hídricos de las cuencas transfronterizas de ríos, lagos y acuíferos**. La Red y la Asociación, s.l. ISBN 9789185321926. 2012

SALMAN, SALMAN. M. A. **Downstream Riparians Can also Harm Upstream Riparians: The Concept of Foreclosure of Future Water Uses**. Water International 35 (4): 350–364. 2010. DOI: 10.1080/02508060.2010.508160.

UN WATER. **Progress on Integrated Water Resources Management: Global Baseline for SDG 6 Indicator 6.5.1: Degree of IRWM Implementation**. UN WATER: Geneva, Switzerland, 2018. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/progress-on-integrated-water-resources-management-651/>. Acesso em: 15 out. 2020.

UN WATER. **Progress on Transboundary Water Cooperation: Global Baseline for SDG indicator 6.5.2**. UN WATER: Geneva, Switzerland, 2018.

USGS. **Assessing the National Streamflow Information Program**. Committee on Review of the USGS National Streamflow Information Program, National Research Council. 2004.

USGS. **A new evaluation of the USGS streamgaging network**. USGS Report. 1998. DOI 10.3133/70039493

WMO. **Concepts and techniques in hydrological network design**. Moss M.E. Operational Hydrology Report No.19, WMO No.580, Geneva. 1982.

WMO. **Guide to hydrological practices – data acquisition and processing, analysis, forecasting e others applications**. 15ª ed. 1994.

WMO. **Guide to hydrological practices**. Third edition, WMO No.168, Geneva. 1974.

WMO. **International workshop on Network Design Practices**. Hydrology and Water Resources technical Report Number 50. 1992.

6. ANEXOS