



Dezembro, 2017

RELATÓRIO TÉCNICO

Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistema de Água e Sedimentos

Preparado para:

Fundação Renova



RELATÓRIO

Número do Relatório: RT-029_159-515-2282_09-J

Distribuição:

1 e-cópia - Fundação Renova

1 cópia - Golder Associates Brasil Consultoria e
Projetos Ltda.





ÍNDICE

1.0	INTRODUÇÃO	1
2.0	OBJETIVO	3
3.0	LEGISLAÇÃO, NORMAS E PADRÕES APLICÁVEIS	4
3.1	Legislação Aplicável	4
3.2	Padrões de Amostragem e Análise	4
4.0	PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO DE ÁGUA E SEDIMENTOS DO RIO DOCE	5
4.1	Contexto do Programa.....	5
4.2	Pontos de Amostragem	7
4.3	Frequência de Amostragem	18
4.3.1	Amostragem Manual	18
4.3.2	Estações Automáticas.....	20
4.3.2.1	Estação TIPO I	21
4.3.2.2	Estação TIPO II	24
4.4	Parâmetros a serem monitorados.....	26
4.4.1	Parâmetros de qualidade de água e sedimentos de amostragem manual	26
4.4.1.1	Parâmetros de Campo.....	26
4.4.1.2	Análise Laboratorial	27
4.4.2	Estações Automáticas.....	31
4.4.3	Descarga Líquida	31
4.4.4	Descarga Sólida.....	32
4.4.5	Bioindicadores	32
4.4.6	Ensaio Ecotoxicológicos.....	33
4.5	Tipologia das Estações.....	33
5.0	PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO DE ÁGUA E SEDIMENTOS DA ZONA COSTEIRA E ESTUÁRIOS	35
5.1	Contextualização do Programa.....	35
5.2	Pontos de Amostragem	35
5.3	Frequência de Amostragem	42
5.4	Parâmetros a Serem Monitorados	42
5.4.1	Parâmetros de qualidade de água e sedimentos de amostragem manual	42
5.4.1.1	Parâmetros de Campo.....	42



5.4.1.2	Parâmetros com Análise Laboratorial.....	43
5.4.2	Caraterização da hidrodinâmica marinha.....	45
5.4.3	Fauna Bentônica.....	46
6.0	COMUNICAÇÃO E GESTÃO DE INFORMAÇÕES	46
6.1	Documentação de Campo.....	46
6.2	Gestão de Informações no Laboratório	46
6.3	Comunicação dos Dados.....	46
6.4	Relatórios	47
6.5	Análise e Divulgação dos Resultados.....	48
7.0	CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DO PMQQS	48
8.0	DURAÇÃO DO PMQQS E REVISÕES PERIÓDICAS	48
9.0	EQUIPE TÉCNICA.....	48
10.0	REFERÊNCIAS	49

TABELAS

Tabela 1: Legislação aplicável ao Programa de monitoramento de qualidade da água e sedimentos.....	4
Tabela 2: Pontos de amostragem para qualidade de água e sedimento para a bacia do rio Doce.....	15
Tabela 3: Frequência de amostragem para qualidade de água e sedimento no rio Doce.....	18
Tabela 4: Descrição do local das estações TIPO I.....	22
Tabela 5: Descrição do local das estações TIPO II.....	25
Tabela 6: Medições de campo para monitoramento da qualidade da água.....	27
Tabela 7: Parâmetros para monitoramento da qualidade de água superficial.....	28
Tabela 8: Parâmetros para monitoramento da qualidade de sedimentos no rio Doce.....	30
Tabela 9: Parâmetros de qualidade de água monitoradas pelas Estações Automáticas TIPO II.....	31
Tabela 10: Parâmetros a serem analisados no Material Particulado em Suspensão (MPS).....	32
Tabela 11: Bioindicadores a serem avaliados no PMQQS.....	33
Tabela 12: Tipologia das estações de monitoramento nos rios e lagoas do PMQQS.....	34
Tabela 13: Localização dos Pontos de Amostragem do PMQQS da Zona Costeira e Estuários. Datum horizontal: SIRGAS 2000.....	36
Tabela 14: Parâmetros de campo para monitoramento da qualidade de água na zona costeira e estuarina.....	42
Tabela 15: Parâmetros de perfilagem por CTD para monitoramento da qualidade de água na zona costeira e estuarina.....	43
Tabela 16: Parâmetros de qualidade de água do PMQSS nos pontos da zona costeira e estuarina.....	43
Tabela 17: Parâmetros para Monitoramento da Qualidade de Sedimentos.....	45



FIGURAS

Figura 1: Macrolocalização dos Trechos do PMQQS do rio Doce.	6
Figura 2: Trecho 01 do PMQQS do rio Doce - Mina da Samarco até a UHE Risoleta Neves.....	8
Figura 3: Trecho 02 do PMQQS do rio Doce – UHE Risoleta Neves até UHE Baguari.	10
Figura 4: Trecho 03 do PMQQS do rio Doce – UHE Baguari até UHE Aimorés.....	12
Figura 5: Trecho 04 do PMQQS do rio Doce – UHE Aimorés até a Foz do rio Doce.....	14
Figura 6: Pontos de Monitoramento da Zona Costeira e Estuários no PMQQS.....	38
Figura 7: Pontos de Monitoramento da Zona Costeira no PMQQS – Setor Sul.....	39
Figura 8: Pontos de Monitoramento da Zona Costeira no PMQQS – Foz do rio Doce.	40
Figura 9: Pontos de Monitoramento da Zona Costeira no PMQQS – Setor Norte.	41

ANEXOS

Anexo A

Procedimentos do Protocolo de Controle de Segurança da Qualidade dos Dados (QA/QC).

Anexo B

Localização e acesso aos pontos de amostragem situados no rio Doce, em seus afluentes e nas lagoas marginais.

Anexo C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise.

Anexo D

Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções.

Anexo E

Cronograma de Implantação do PMQQS (Elaborado pela Fundação Renova)



1.0 INTRODUÇÃO

Em 5 de novembro de 2015, a barragem de rejeitos da mina de minério de ferro localizada na unidade industrial de Germano, de propriedade da Samarco Mineração S.A., rompeu-se lançando 43,8 milhões de metros cúbicos¹ de rejeitos no sistema fluvial a jusante, impactando o córrego Santarém, o rio Gualaxo do Norte, o rio do Carmo, o rio Doce, bem como os seus tributários, até alcançar a foz do Rio Doce no litoral do Espírito Santo.

Desde o rompimento da Barragem de Fundão, foi implantado um monitoramento emergencial nos rios afetados contemplando análises de amostras de água e sedimento ao longo da bacia do rio Doce. Desde então, as amostragens e análises que vem sendo realizadas visavam atender a demandas específicas, de diferentes órgãos reguladores e autoridades, e outras incluíam iniciativas da própria Samarco. O monitoramento vem sendo realizado pela Fundação Renova e, atualmente, a frequência de amostragem dos pontos de monitoramento ao longo da Bacia do rio Doce é quinzenal, com exceção das lagoas monitoradas no Espírito Santo que é mensal. Para o parâmetro turbidez, o monitoramento é diário em 26 pontos de amostragem ao longo do rio Doce. O monitoramento atual atende às demandas dos órgãos reguladores: Agência Nacional de Águas – ANA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo – IEMA e Agência Estadual de Recursos Hídricos – AGERH.

Na zona costeira, é realizado o monitoramento da água e sedimentos em 28 pontos de amostragem distribuídos entre a foz do rio Doce e a Área de Proteção Ambiental Costa das Algas, conforme determinação do Ministério Público do Estado do Espírito Santo. A amostragem chegou a ter frequência de 2 horas e, após atualização realizada em 27 de fevereiro de 2016, passou a ser diária para água e quinzenal para sedimentos.

Em decorrência do referido acidente da barragem da Samarco, em março de 2016 foi assinado um Termo de Transição e Ajustamento de Conduta - TTAC entre os Governos Federal e dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo e a Samarco e suas acionistas VALE S.A. e BHP Billiton Brasil Ltda. Considerando a dimensão do acidente ambiental, a extensão temporal e física das ações reparatórias e compensatórias previstas, e o volume de recursos que serão necessários, o referido TTAC contemplou a criação de uma Fundação de direito privado, sem fins lucrativos, que foi instituída pela Samarco e suas acionistas com o objetivo de elaborar e executar todas as medidas nele indicadas conhecida como Fundação Renova.

As ações reparatórias e compensatórias foram divididas em Programas Socioambientais e Socioeconômicos. Dentre as ações previstas nos Programas Socioambientais, o Termo de Transição e Ajustamento aborda o item Programa de investigação e monitoramento da Bacia do Rio Doce, áreas estuarinas e costeiras impactadas com as seguintes cláusulas:

CLÁUSULA 177: A FUNDAÇÃO deverá desenvolver e implantar um programa de monitoramento quali-quantitativo sistemático (PMQQS) de água e sedimentos, de caráter permanente, abrangendo também a avaliação de riscos toxicológicos e ecotoxicológicos na ÁREA AMBIENTAL¹², de acordo com o estudo, para definição e instalação de uma rede de monitoramento constituída por equipamentos automatizados, coleta de amostras de águas e sedimentos e ensaios de laboratório, até dezembro de 2016, aprovado pelos ÓRGÃOS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS e pelos ÓRGÃOS AMBIENTAIS.

PARÁGRAFO PRIMEIRO. A rede referida no caput deverá estar implantada e apta à operação até o último dia útil de julho de 2017.

PARÁGRAFO SEGUNDO. O projeto da rede de monitoramento, bem como a localização das estações serão aprovados pelos ÓRGÃOS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS e pelos ÓRGÃOS AMBIENTAIS.

CLÁUSULA 178: Além da rede de monitoramento referida, a FUNDAÇÃO deverá planejar e implementar um plano de monitoramento quali-quantitativo das águas do Rio Doce e seus tributários, em função das intervenções da FUNDAÇÃO que vierem a ser realizadas para detectar, acompanhar e registrar

¹ Dado oficial da Fundação Renova.

² De acordo com o TTAC, a ÁREA AMBIENTAL 1 refere-se às "áreas abrangidas pela deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, considerando os respectivos trechos de seus formadores e tributários, bem como as regiões estuarinas, costeiras e marinha na porção impactada pelo EVENTO".



eventuais impactos de intervenções estruturais implementadas pela FUNDAÇÃO na ÁREA AMBIENTAL 1, para atender operações de remoção ou recuperação ambiental de áreas ou trechos do Rio Doce e sua planície de inundação, tais como dragagens e remoção de resíduos e demais intervenções decorrentes deste Acordo.

CLÁUSULA 179: *O plano de monitoramento será aprovado pelos ÓRGÃOS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS e pelos ÓRGÃOS AMBIENTAIS competentes.*

Em 4 de novembro de 2016, o Ofício nº 38/2016/AP-GF-ANA (parte do anexo da Deliberação do Comitê Interfederativo – CIF nº 17, de 18 de agosto de 2016) foi emitido pela Câmara Técnica de Segurança Hídrica e Qualidade de Água (CTSHQA), contendo a **Proposta de Conteúdo Mínimo para o Programa de Monitoramento Quali-quantitativo da água e dos sedimentos (PMQQS) do Rio Doce**, que visava orientar, conforme Cláusula 177 do TTAC, a elaboração do PMQQS pela Fundação. O anexo da Deliberação CIF nº17 também apresenta a Nota Técnica DT/Monitoramento Marinho n.º 016/2016, emitida pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) do Espírito Santo, com a **Proposta de Conteúdo Mínimo para o Programa de Monitoramento das Águas e Sedimentos da Zona Costeira e Estuários**. Com relação a Cláusula 178, o mesmo Ofício nº 38/2016/AP-GF-ANA contemplou conteúdo mínimo também para o monitoramento dos impactos na qualidade da água das intervenções na Área Ambiental 1 que se encontra no item **VII – Plano de Monitoramento Quali-quantitativo de Vigilância para Avaliação de Impactos**.

Cabe mencionar que, no período de 7 a 11 de novembro de 2016, foi realizada uma visita de campo com a participação da Fundação Renova, IBAMA, ANA e IGAM, com o objetivo de avaliar, do ponto de vista hidráulico, os locais para instalação das estações de monitoramento do rio Doce, no trecho de Minas Gerais, e confirmar os locais de monitoramento de qualidade de água e sedimento propostos. A partir do dia 5 de dezembro de 2016, outra visita de campo foi iniciada, desta vez, para o trecho do Espírito Santo, com a participação também do IEMA e da AGERH. Nesse Programa, foram incorporadas informações e alterações obtidas em ambas as visitas técnicas.

A Fundação Renova elaborou um Programa de Monitoramento (PMQQS) baseado nestes conteúdos mínimos encaminhados bem como atualizações decorrentes das visitas de campo. A primeira versão do PMQQS foi protocolada em 23 dezembro de 2016. Em 10 de fevereiro de 2017, a CTSHQA emitiu as Notas Técnicas nº 07 e nº 08. A Nota Técnica nº 07, que tratava da *Avaliação do Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático (PMQQS) de Água e Sedimentos do Rio Doce*, apresentou uma análise do atendimento da Deliberação CIF nº 17 e teve como objetivo apresentar a manifestação de representantes dos órgãos de gestão de recursos hídricos e órgãos ambientais competentes (conforme Cláusula 177 do TTAC) acerca dos itens a serem alterados e complementados no Programa de Monitoramento Quali-quantitativo da Água e Sedimentos no Rio Doce e Zona Costeira apresentado pela Fundação Renova. A Nota Técnica nº 08 tratou da *Complementação da Proposta de Conteúdo Mínimo para o Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático (PMQQS) de Água e Sedimentos do Rio Doce*, com o objetivo registrar a manifestação da CT-SHQA sobre os itens a serem complementados no PMQQS sob responsabilidade de execução pela Fundação Renova.

Com base no conteúdo das Notas Técnicas nº 07 e 08 da CT-SHQA, este documento apresenta a segunda versão, revisada, do Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos do Rio Doce, Zona Costeira e Estuários.

Este documento é subdividido em dois principais componentes, o PMQQS para o Rio Doce e o PMQQS para a Zona Costeira e Estuários. A seguir, são descritos os conteúdos das principais seções deste documento:

Seção 2 – Objetivos: Esta seção apresenta o objetivo principal do presente Programa.

Seção 3 – Legislação, Normas e Padrões Aplicáveis: Esta seção apresenta os instrumentos legais e procedimentos normatizados associados ao monitoramento de água e sedimento proposto.

Seção 4 – Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos do Rio Doce: Esta seção apresenta os locais de amostragem no Rio Doce, principais afluentes e lagoas marginais, bem como define os parâmetros a serem analisados e a frequência de monitoramento.

Seção 5 - Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos da Zona Costeira e Estuários: Esta seção apresenta os locais de amostragem na zona costeira e estuários, bem



como define os parâmetros a serem analisados, a frequência de monitoramento e a interação com demais programas.

Seção 6 – Comunicação e Gestão de Informações: Esta seção apresenta informações sobre documentação de campo, gestão de informações e comunicação de dados. Além disso, esta seção contém também orientações gerais a respeito dos relatórios de análise e interpretação dos resultados.

Seção 7 – Cronograma de Implantação do PMQQS: Esta seção apresenta o cronograma detalhado de implantação do PMQQS.

Seção 8 – Duração do PMQQS e Revisões Periódicas: Esta seção apresenta a duração do Programa e a frequência das revisões do mesmo.

Os procedimentos do protocolo de controle e segurança da qualidade dos resultados (QA/QC) que se aplicam aos procedimentos de amostragem e análise de amostras de água e sedimento são apresentados no **Anexo A**.

Informações detalhadas sobre a localização e o acesso aos pontos de amostragem situados no rio Doce, em seus afluentes e nas lagoas marginais são apresentadas no **Anexo B**.

Os procedimentos detalhados de amostragem e análise são apresentados no **Anexo C**.

Em atendimento à Nota Técnica N°08 da CT-SHQA, este documento apresenta também, no **Anexo D**, o “Plano de amostragem componente de qualidade de água e sedimentos do programa de monitoramento das intervenções”. Como requisitado pela mesma Nota Técnica, este plano inclui os pontos de monitoramento permanente da operação Águas nos tributários (114 pontos), sob responsabilidade da Câmara Técnica de Restauração Florestal e Produção de Água-CT-FLOR.

2.0 OBJETIVO

Este documento visa atender ao disposto nas Cláusulas 177, 178 e 179 do TTAC (cujos textos são apresentados na Seção 1.0) por meio da descrição do Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático (PMQQS) de água e sedimentos, de caráter permanente, abrangendo também a avaliação de riscos toxicológicos e ecotoxicológicos na ÁREA AMBIENTAL 1 definida pelo TTAC.

O objetivo geral do PMQQS, conforme o anexo da Deliberação CIF nº 17, é acompanhar, ao longo do tempo, a recuperação da bacia hidrográfica do rio Doce e zona costeira e estuarina adjacente, bem como a efetividade das intervenções permanentes realizadas, através da avaliação sistemática da qualidade das águas e dos sedimentos.

Para atingir o Objetivo Geral são definidos os seguintes objetivos específicos:

- Implementação dos pontos de monitoramento (instalação de equipamentos);
- Estabelecimento de protocolos de monitoramento (procedimentos de coleta, procedimentos de análises laboratoriais e frequências de amostragem);
- Determinação do nível de qualidade do rio Doce, de Estuários e da Zona Costeira em pontos representativos, ao longo do tempo;
- Avaliação contínua da inter-relação dos parâmetros analisados ao longo do rio Doce, áreas estuarinas e costeiras;
- Elaboração de relatórios de análise de tendências, validação e avaliação e divulgação dos resultados.



3.0 LEGISLAÇÃO, NORMAS E PADRÕES APLICÁVEIS

3.1 Legislação Aplicável

A **Tabela 1** apresenta os principais instrumentos legais aplicáveis ao **Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos** do Rio Doce e na Zona Costeira.

Tabela 1: Legislação aplicável ao Programa de monitoramento de qualidade da água e sedimentos.

Dispositivo legal	Descrição
Resolução CONAMA 357/2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.
Deliberação Normativa Conjunta COPAM/ CERH-MG 01/2008	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
Resolução CONAMA 454/2012	Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional e revoga as Resoluções nº 344 de 2004 e nº 421 de 2010.

Apesar de a Resolução CONAMA 454/2012 ser aplicável para o propósito de avaliação de sedimentos a serem dragados de corpos d'água, esta resolução será utilizada como referência para avaliar a qualidade do sedimento, já que não existe, no Brasil, uma outra norma específica para padrões de qualidade de sedimento no ambiente.

3.2 Padrões de Amostragem e Análise

Os procedimentos técnicos de amostragem, preservação e análise das amostras descritas no presente documento estão de acordo com as seguintes normas e diretrizes:

- ABNT NBR 9.898/1987 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores;
- ABNT NBR 15.469/2015 - Ecotoxicologia - Coleta, preservação e preparo de amostras;
- Agência Nacional das Águas (ANA) e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), 2012 – Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos;
- APHA, 2012 – Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water;
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2016 – Termo de Referência 4: Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática.

Os laboratórios contratados para a realização das amostragens e análises terão acreditação nos termos da ABNT NBR ISO/IEC 17.025/2015 junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Além disso, terão equipe técnica qualificada, com profissionais com formação técnica em química ou área relacionada para a amostragem de água e sedimento.



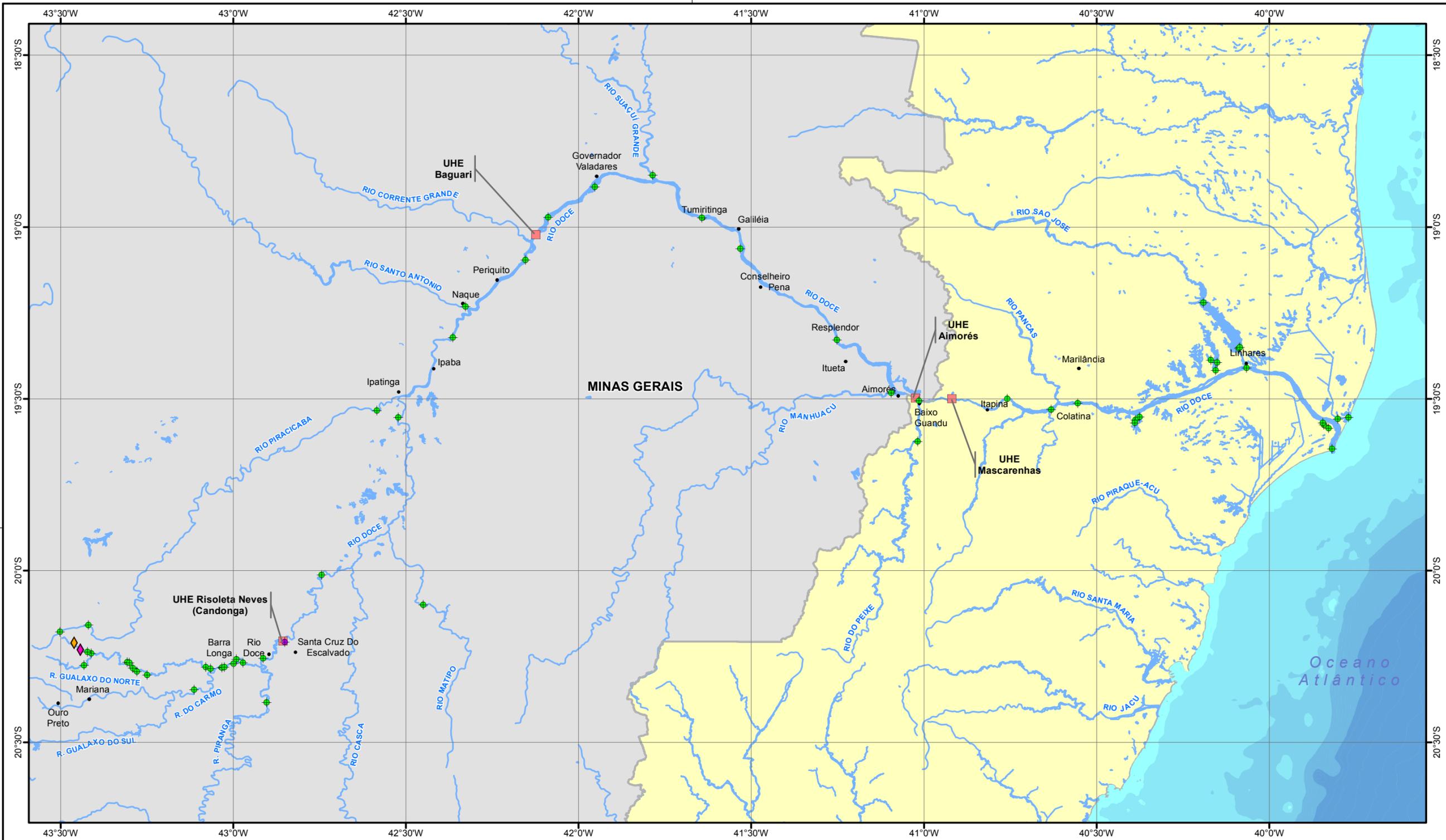
4.0 PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO DE ÁGUA E SEDIMENTOS DO RIO DOCE

4.1 Contexto do Programa

A rede de monitoramento proposta pelo documento anexo à Deliberação CIF nº 17, e adotada para a elaboração do PMQQS, é basicamente uma rede de tendência, ou seja, é definida em pontos estratégicos para o acompanhamento da evolução da qualidade das águas, a identificação de tendências e o apoio à elaboração de diagnósticos, além de permitir a identificação de locais onde é necessário maior detalhamento das informações. Contudo, estão incluídos, também, pontos em que se realizará o monitoramento de vigilância, para avaliação da qualidade das águas captadas no rio Doce, que são utilizadas para consumo humano.

Seguindo a mesma abordagem utilizada no documento anexo à Deliberação CIF nº 17, este Programa de monitoramento será apresentado em termos de macrolocalização (associada aos objetivos da rede) e microlocalização (envolve a definição do local exato onde será feito o monitoramento). Assim, a bacia do rio Doce foi subdividida em 04 trechos, separados entre si pelas Usinas Hidrelétricas (UHEs) Risoleta Neves (Barragem Candonga), Baguari e Aimorés (**Figura 1**). Em cada um dos trechos, os pontos de amostragem foram definidos segundo os seguintes critérios:

- Pontos de monitoramento em trechos dos rios principais e tributários impactados pelos rejeitos da barragem;
- Pontos nos principais tributários: aqueles que apresentam descarga líquida acima de 10% da Q95 determinada no exutório da bacia do rio Doce (i.e., 350 m³/s);
- Pontos no exutório dos principais tributários que drenam sub-bacias em condição de stress hídrico para diluição de efluentes, ou seja, sub-bacias onde a disponibilidade hídrica seja inferior à demanda para diluição de carga orgânica (DBO5);
- Pontos de referência, em tributários localizados na parte alta da bacia do rio Doce que não tenham sido afetados pelos rejeitos da barragem;
- Pontos localizados em mananciais de sistemas de abastecimento alternativos, previstos na cláusula 171 do TTAC, aos municípios que dependem das águas do rio Doce para abastecimento público;
- Pontos da rede básica do IGAM e do IEMA no rio Doce, com séries históricas;
- Pontos sugeridos por outras Câmaras Técnicas (CT), especialmente a CT de Conservação e Biodiversidade e a CT de Restauração Florestal, de forma a unificar o monitoramento de longo prazo na parte continental da bacia;
- Pontos sugeridos pelos órgãos ambientais dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo;
- Pontos em lagoas marginais no Espírito Santo;
- Pontos sugeridos pela Fundação e demais entidades envolvidas no durante e após as visitas técnicas. Por exemplo, a partir da visita técnica realizada no Espírito Santo, o IEMA solicitou a adição do ponto em Colatina (RDO 14) e quatro novos pontos de amostragem em lagoas, dois na lagoa do Limão e dois outros pontos na lagoa Juparanã.



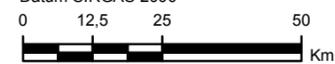
LEGENDA

- ◆ Ponto de amostragem
- ◆ Estação telemétrica
- Localidades
- ◆ Fundão
- ◆ Santarém
- UHE em operação
- Curso d'água
- Massa d'água

LOCALIZAÇÃO



Sistema de Coordenadas Geográfica
Datum SIRGAS 2000



ESCALA GRÁFICA



PROJETO:

**ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE
FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

TÍTULO:

**PONTOS DE AMOSTRAGEM DO PROGRAMA DE
MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUA E
SEDIMENTO DO RIO DOCE**



Nº PROJETO: 159-515-2282 ESCALA: 1:1.200.000

GIS	FPS	fev/2017
REV	HD	00

Figura 1



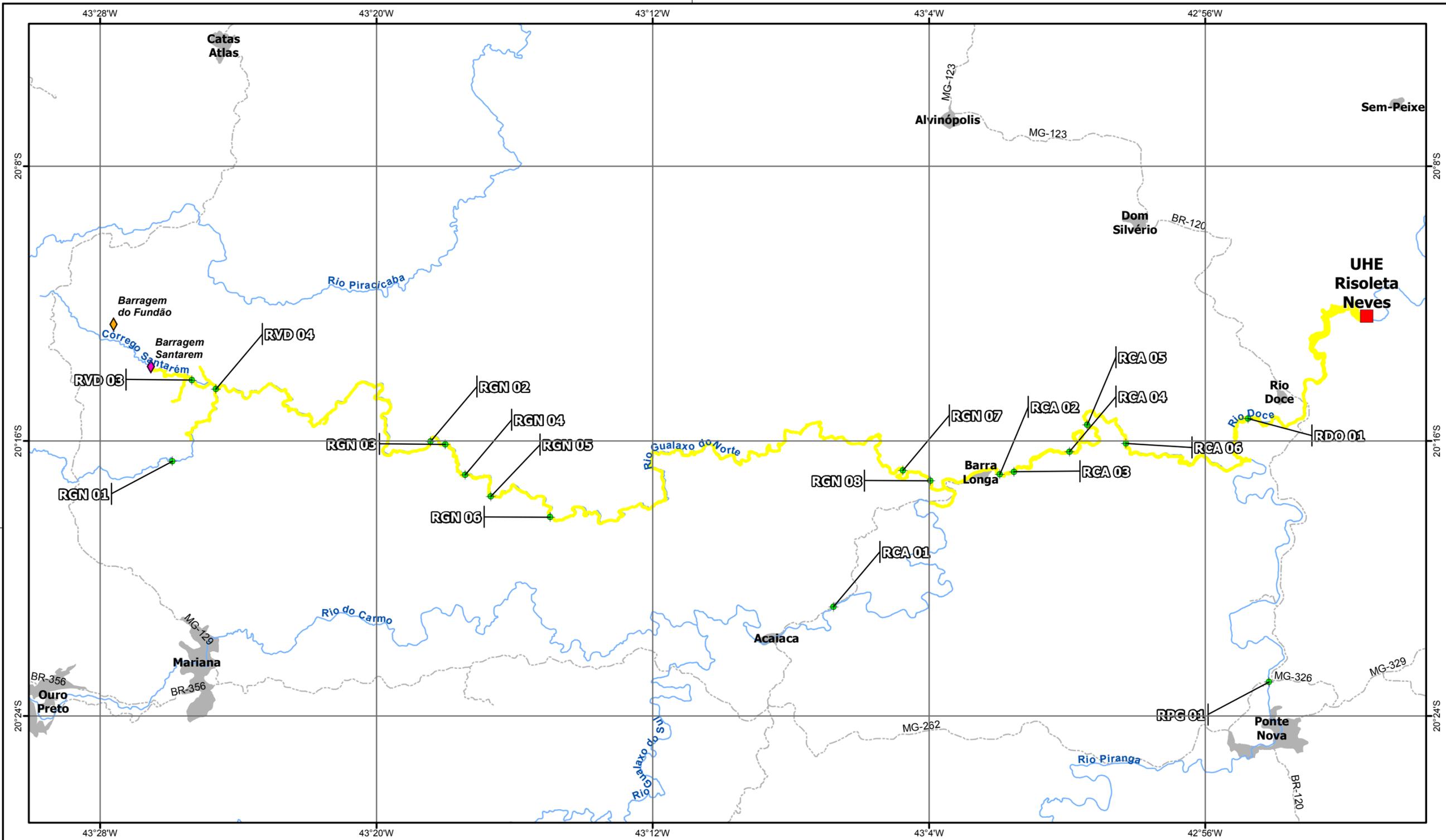
4.2 Pontos de Amostragem

Trecho 01 – Mina Samarco até a UHE Risoleta Neves

O primeiro trecho compreende dezoito pontos de amostragem, sendo quatro pontos em trechos impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, nove pontos localizados nos rios Gualaxo do Norte e do Carmo, sugeridos pela CT de Restauração Florestal, dois no córrego Santarém em vertedouros de barramentos e três pontos em áreas não afetadas. Os pontos de amostragem consistem em:

- Dois pontos no córrego Santarém:
 - Um ponto no vertedouro do Dique S3 (RVD 03). Este ponto foi sugerido pela Fundação e corresponde ao ponto RDC-124 do monitoramento emergencial da Samarco/Fundação;
 - Um ponto no vertedouro do Dique S4 (RVD 04). Este ponto foi sugerido pela Fundação e corresponde ao ponto RDC-130 do monitoramento emergencial da Samarco/Fundação;
- Oito pontos no rio Gualaxo do Norte:
 - Um ponto em trecho não afetado pelo rompimento da barragem, a montante da confluência com o córrego Santarém (RGN 01);
 - Cinco pontos sugeridos pela CT de Restauração Florestal (RGN 02, RGN 03, RGN 04, RGN 05 e RGN 07);
 - Um ponto na ponte em Paracatu (RGN 06);
 - Um ponto a montante da confluência com o rio do Carmo, em uma ponte entre Gesteira e Barra Longa (RGN 08);
- Seis pontos no rio do Carmo:
 - Um ponto em trecho não afetado pelo rompimento, em ponte férrea sobre o rio do Carmo em Acaiaca (RCA 01);
 - Um ponto próximo à cidade de Barra Longa, após a confluência com o Rio Gualaxo do Norte (RCA 02);
 - Quatro pontos sugeridos pela CT de Restauração Florestal (RCA 03, RCA 04, RCA 05 e RCA 06);
- Um ponto no rio Piranga, em trecho não afetado pelo rompimento, a jusante de Ponte Nova (RPG 01);
- Um ponto no rio Doce, a montante da cidade de Rio Doce e UHE Risoleta Neves (RDO 01).

A **Figura 2** apresenta os pontos de amostragem situados dentro do Trecho 01, entre a mina da Samarco até a UHE Risoleta Neves.



LEGENDA

- ◆ Ponto de amostragem
- ◆ Barragem de Fundão
- ◆ Barragem de Santarém
- UHE em operação
- ~ Curso d'água
- Trecho Antes de
- Área urbana

LOCALIZAÇÃO



Sistema de Coordenadas Geográfica
Datum SIRGAS2000
0 2 4 8 Km
ESCALA GRÁFICA



PROJETO:			
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL			
TÍTULO:			
PONTOS DE AMOSTRAGEM DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO DO RIO DOCE LOCALIZADOS DA MINA ATÉ A UHE RISOLETA			
Nº PROJETO: 159-515-2282		ESCALA: 1:200.000	
GIS	FPS	fev/2017	
REV	HD	00	
Figura 2			



Document Path: S:\Sig\2015\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_fisico\monitoramento_agua\PMQOS\Trecho_Antes de UHE Candoga_pmqqs_A3.mxd



Trecho 02 – UHE Risoleta Neves até UHE Baguari

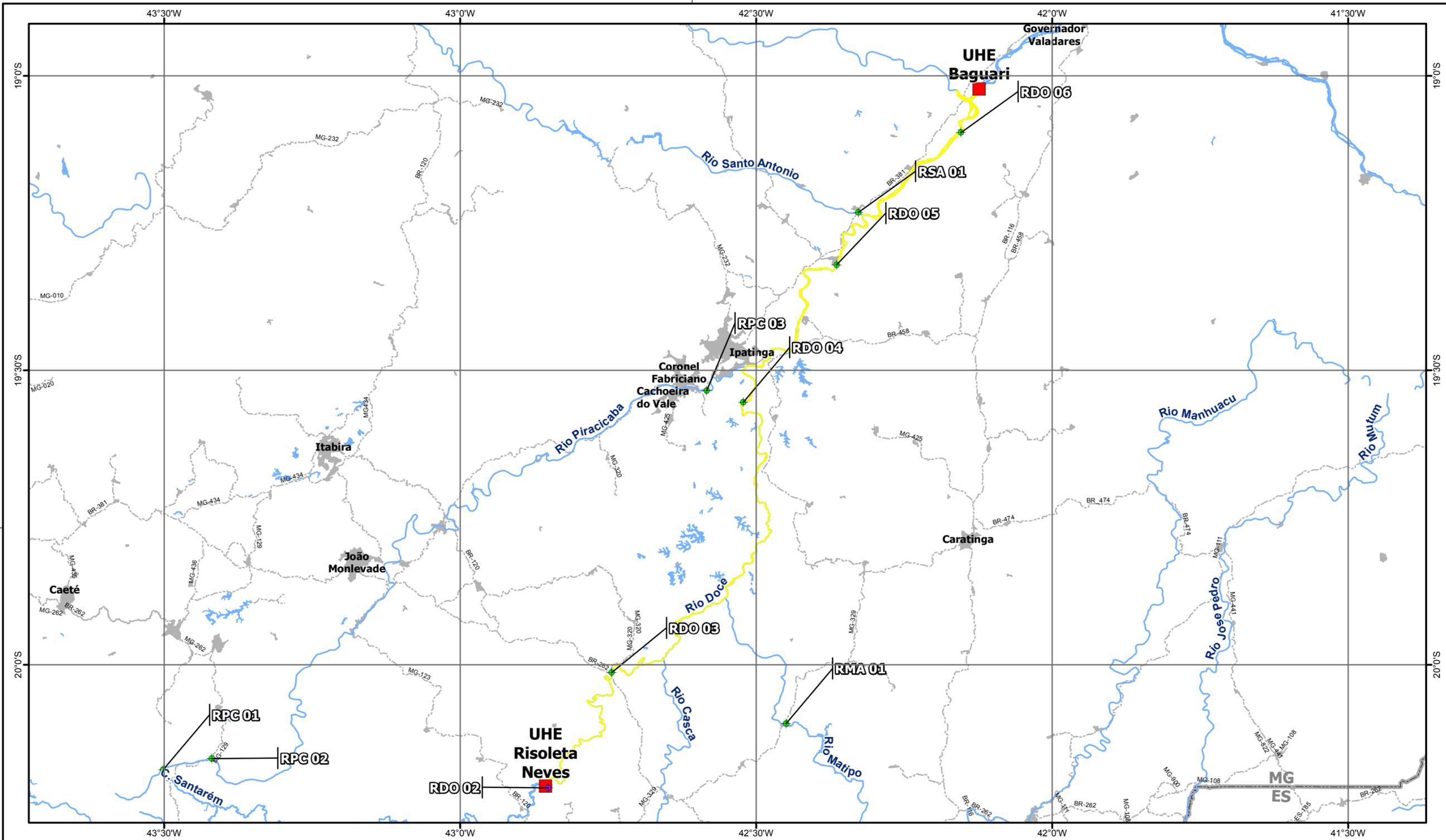
O segundo trecho possui dez pontos de amostragem, sendo cinco pontos em trechos impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, três pontos no rio Piracicaba e outros dois pontos em trechos não afetados (um ponto no rio Matipó e outro ponto no rio Santo Antônio). Os pontos de amostragem consistem em:

- Cinco pontos no rio Doce:
 - Um ponto a jusante da barragem de Candonga (RDO 02). Este ponto foi sugerido pela Fundação e consistirá de uma estação telemétrica com sonda multiparâmetro (ver Seção 4.3.2.2);
 - Um ponto em local de extração de areia em Sem-Peixe (RDO 03), em região influenciada por operações de dragagens independentes no leito do rio Doce, não relacionadas à Samarco;
 - Um ponto em área do Parque do Instituto Estadual de Florestas (IEF), na Ponte Perdida sobre o rio Doce (RDO 04);
 - Um ponto no local da travessia da balsa em Cachoeira Escura (RDO 05);
 - Um ponto a montante da UHE Baguari no distrito de Pedra Corrida (RDO 06).
- Três pontos no rio Piracicaba:
 - Um ponto dentro da mina da Samarco (RPC 01);
 - Um ponto em ponte da rodovia MG-129 (RPC 02);
 - Um ponto no rio Piracicaba, em Timóteo, a montante da cidade de Coronel Fabriciano (RPC 03).
- Um ponto no rio Matipó, a montante da confluência com o rio Doce, sugerido pelo CT de Conservação e Biodiversidade (RMA 01).
- Um ponto no rio Santo Antônio, em areal ao lado da ponte da BR-381 em Naque, a montante da confluência com o rio Doce (RSA 01). A medição de descarga líquida (ponto RSA 01M) será realizada em local coincidente com uma estação fluviométrica da ANA (Naque Velho - código 56825000), já que é inviável realizar essa medição no mesmo local da amostragem.

A **Figura 3** apresenta os pontos de amostragem situados dentro do Trecho 02, da UHE Risoleta Neves até a UHE Baguari.

Neste trecho, dois outros pontos de amostragem constavam na proposta de monitoramento (documento anexo à Deliberação CIF nº 17), mas foram excluídos:

- Um ponto no rio Doce, em Santana do Deserto a jusante da UHE Candonga (código antigo - MG 08): excluído da malha amostral por estar localizado em um trecho onde tributários desagüam e a lâmina d'água não é homogênea;
- Um ponto no rio Doce, na ponte da BR-458 (código antigo - MG 12): excluído devido à dificuldade de acesso ao ponto e à falta de segurança durante as coletas.



LEGENDA

- ◆ Ponto de amostragem
- ◆ Estação telemétrica
- UHE em operação
- Curso d'água
- Massa d'água
- Trecho entre UHE Candonga e UHE Baguari
- Área urbana
- Limite estadual

LOCALIZAÇÃO



Sistema de Coordenadas Geográfica
Datum SIRGAS2000

ESCALA GRÁFICA



PROJETO:
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

TÍTULO:
PONTOS DE AMOSTRAGEM DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO DO RIO DOCE LOCALIZADOS DA UHE RISOLETA NEVES ATÉ A UHE BAGUARI

Nº PROJETO: 159-515-2282		ESCALA: 1:700.000
GIS	FPS	fev/2017
REV	HD	00

Figura 3





Trecho 03 – UHE Baguari até UHE Aimorés

O terceiro trecho é formado por sete pontos, sendo quatro pontos em trechos impactados pelo rompimento da Barragem de Fundão e três pontos em áreas não afetadas. Os pontos de amostragem consistem em:

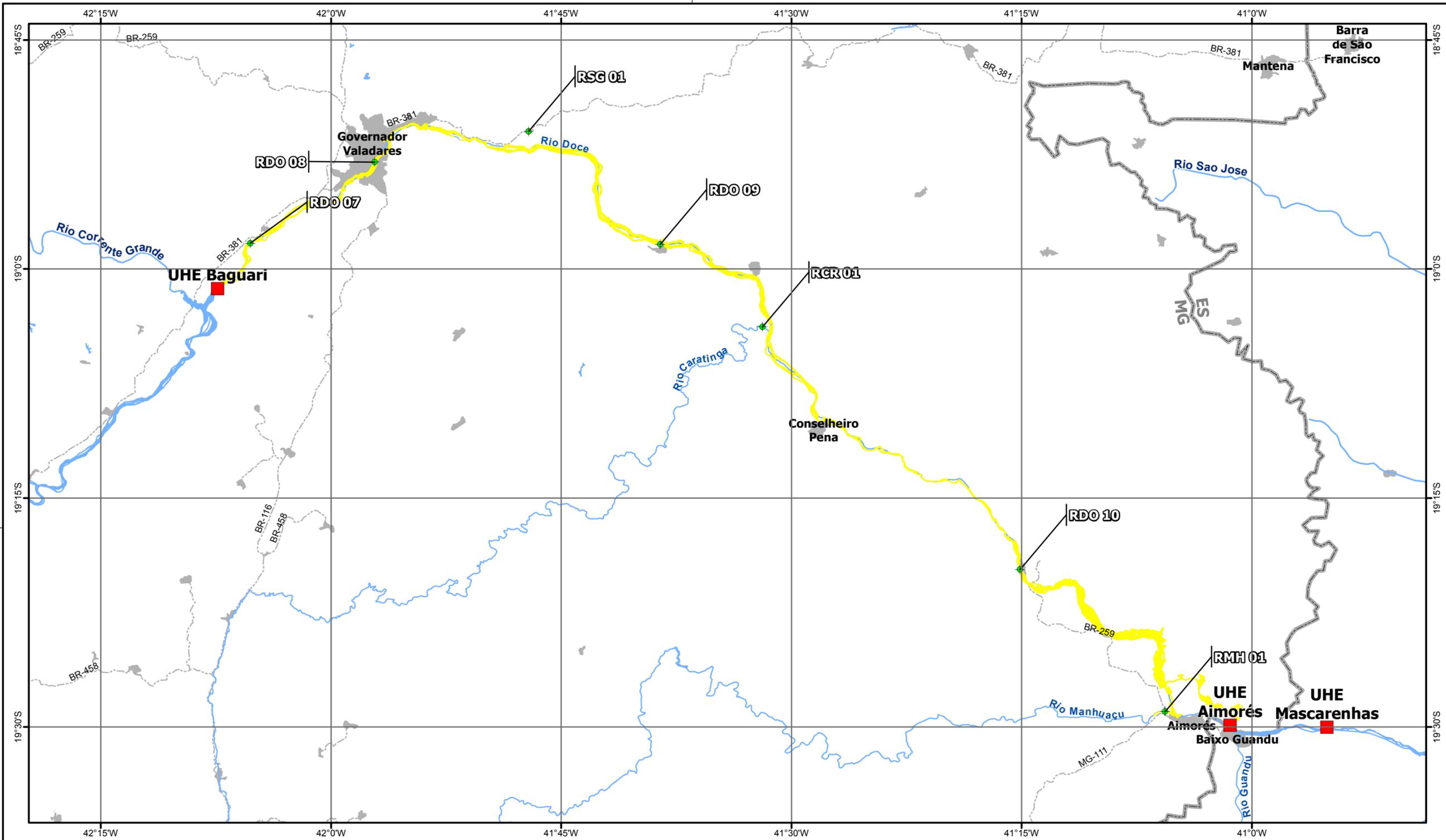
- Quatro pontos no rio Doce:
 - Um ponto a jusante da UHE Baguari, entre as cidades de Baguari e Governador Valadares (RDO 07);
 - Um ponto próximo à cidade de Governador Valadares, na ponte da rodovia Rio-Bahia (RDO 08);
 - Um ponto próximo à cidade de Tumiritinga, no porto das balsas na margem esquerda do rio (RDO 09);
 - Um ponto próximo à cidade de Resplendor na margem direita do rio Doce (RDO 10);
- Um ponto no rio Suaçuí Grande a montante da ponte da BR-259, em trecho não afetado pelo rompimento (RSG 01);
- Um ponto no rio Caratinga próximo ao ponto de captação da ETA de Barra do Cuieté, sugerido pelo CT de Conservação e Biodiversidade (RCR 01);
- Um ponto no rio Manhuaçu, em trecho não afetado pelo rompimento da barragem de Fundão a montante da cidade de Aimorés (RMH 01).

A **Figura 4** apresenta os pontos de amostragem situados dentro do Trecho 03, da UHE Baguari até a UHE Aimorés.

Outro ponto de amostragem constava na proposta de monitoramento (documento anexo à Deliberação CIF nº 17) no trecho em questão, mas foi excluído:

- Um ponto no rio Corrente Grande, próximo à foz no rio Doce (código antigo - MG 16).

Este ponto foi cancelado, a princípio, uma vez que ainda não está definido que o rio Corrente Grande será utilizado como manancial de captação alternativa. No entanto, caso esse rio venha a ser utilizado como uma fonte de captação alternativa, esse ponto de monitoramento será inserido no PMQQS.



LEGENDA

- ◆ Ponto de amostragem
- UHE em operação
- ~ Curso d'água
- ~ Massa d'água
- ~ Trecho entre UHE Baguari e UHE Aimorés
- Área urbana
- Limite estadual

LOCALIZAÇÃO

Sistema de Coordenadas Geográfica
Datum SIRGAS2000

ESCALA GRÁFICA

PROJETO:
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

TÍTULO:
PONTOS DE AMOSTRAGEM DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO DO RIO DOCE LOCALIZADOS DA UHE BAGUARI ATÉ A UHE AIMORÉS

Nº PROJETO: 159-515-2282		ESCALA: 1:450.000
GIS	FPS	fev/2017
REV	HD	00

Figura 4

Document Path: S:\Sig\2015\2_Desenvolvimento3_Projetos\meio_fisico\monitoramento_agua\PMQOS\Trecho_Entre_UHE_Baguari_e_UHE_Aimorés_pmqs_A3.mxd



Trecho 04 – UHE Aimorés até a Foz

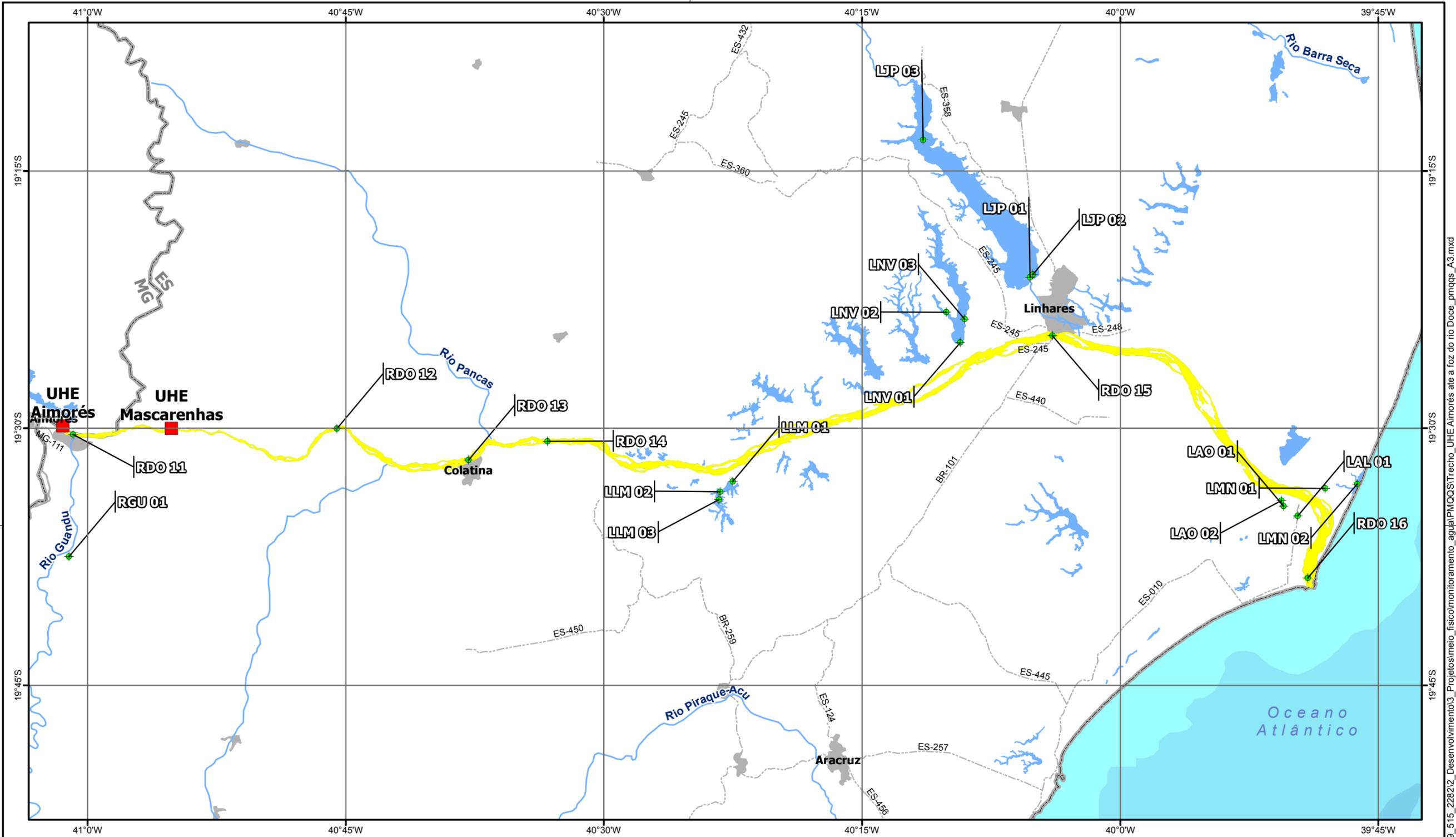
O quarto trecho é formado por vinte e um pontos, seis no rio Doce em trechos impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, um ponto no rio Guandu e outros quatorze pontos em lagoas localizadas na cidade de Linhares. Os vinte e um pontos de amostragem consistem em:

- Seis pontos no rio Doce:
 - Um ponto no rio Doce próximo à cidade de Baixo Guandu (RDO 11);
 - Um ponto no IFES em Itapina (RDO 12);
 - Um ponto no centro da cidade de Colatina (RDO 13);
 - Um ponto a jusante da cidade de Colatina, ao lado de um areal (RDO 14). Ponto definido pelo IEMA após visita técnica no Espírito Santo;
 - Um ponto em uma ponte sobre o rio Doce na BR-101 em Linhares (RDO 15);
 - Um ponto no porto em Regência (RDO 16).
- Um ponto no rio Guandu, sugerido pelo CT de Conservação e Biodiversidade (RGU 01);
- Quatorze pontos em lagoas:
 - Três pontos na lagoa do Limão (LLM 01, LLM 02 e LLM 03);
 - Três pontos na lagoa Juparanã (LJP 01, LJP 02 e LJP 03);
 - Três pontos na Lagoa Nova (LNV 01, LNV 02 e LNV 03);
 - Dois pontos na Lagoa Monsarás (LMN 01 e LMN 02);
 - Um ponto na Lagoa do Areal (LAL 01);
 - Dois pontos na Lagoa do Areão - Pandolfi (LAO 01 e LAO 02).

A **Figura 5** apresenta os pontos de amostragem situados dentro do Trecho 04, da UHE Aimorés até a foz do rio Doce.

A **Tabela 2** apresenta as coordenadas geográficas de cada ponto de amostragem em rios e lagoas, que foram validadas em vistorias de campo realizadas por representantes do IBAMA, IEMA, AGERH e ANA.

O **Anexo B** apresenta a localização detalhada dos pontos de amostragem de água e sedimento e das estações telemétricas em rios e lagoas. Cabe ressaltar que as coordenadas dos pontos localizados em rios marcadas durante as vistorias de campo foram projetadas para a posição de coleta, ou seja, no centro da calha do rio.



LEGENDA

- ◆ Ponto de amostragem
- UHE em operação
- Curso d'água
- Via rodoviária
- Massa d'água
- Área urbana
- Trecho Aimorés até a foz do rio Doce
- Limite estadual

LOCALIZAÇÃO



Sistema de Coordenadas Geográfica
Datum SIRGAS2000



ESCALA GRÁFICA



PROJETO:

ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

TÍTULO:

PONTOS DE AMOSTRAGEM DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO DO RIO DOCE LOCALIZADOS DA UHE AIMORÉS ATÉ A FOZ



Nº PROJETO: 159-515-2282 ESCALA: 1:400.000

GIS	FPS	fev/2017
REV	HD	00

Figura 5



**PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMA DE
ÁGUA E SEDIMENTOS**



Tabela 2: Pontos de amostragem para qualidade de água e sedimento para a bacia do rio Doce.

Curso d'água	Código Novo	Código Antigo	Nome do Ponto	Município	Descrição do Ponto de Amostragem	Estação da Fundação coincidente	Estação do IGAM coincidente	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM ⁽¹⁾			Justificativa
								Latitude	Longitude	Leste	Norte	Zona	
Trecho 01 - Mina Samarco até a UHE Risoleta Neves													
Córrego Santarém	RVD 03	RDC-124	Dique S3	Mariana/MG	No vertedouro do Dique S3	RDC-124	-	-20,237017	-43,422292	664804,03	7761505,03	23	Ponto definido pela Fundação, para monitoramento do Dique S3
	RVD 04	RDC-130	Dique S3	Mariana/MG	No vertedouro do Dique S4	RDC-130	-	-20,241520	-43,410732	666007,02	7760995,02	23	Ponto definido pela Fundação, para monitoramento do Dique S4
Rio Gualaxo do Norte	RGN 01	MG 01	Gualaxo Norte 01 - Mariana	Mariana/MG	Rio Gualaxo do Norte a montante da confluência com o córrego Santarém	-	-	-20,276506	-43,431704	663779,25	7757143,14	23	Ponto de referência a montante da mina da Samarco
	RGN 02	ITG 21 M	Gualaxo Norte 02 - Mariana	Mariana/MG	Rio Gualaxo do Norte a montante da foz do TG 17B	-	-	-20,266900	-43,307100	676805,49	7758078,12	23	Ponto sugerido pelo CT de Restauração Florestal
	RGN 03	ITG 21 J	Gualaxo Norte 03 - Mariana	Mariana/MG	Rio Gualaxo do Norte a montante da foz do TG 18	-	-	-20,269100	-43,300800	677461,11	7757827,83	23	
	RGN 04	ITG 27 M	Gualaxo Norte 04 - Mariana	Mariana/MG	Rio Gualaxo do Norte a montante da foz do TG 21	-	-	-20,283400	-43,290400	678531,13	7756233,61	23	
	RGN 05	ITG 27 J	Gualaxo Norte 05 - Mariana	Mariana/MG	Rio Gualaxo do Norte a jusante da foz do TG 21 ^a e a montante da foz do TG 21B	-	-	-20,292700	-43,279200	679690,28	7755191,94	23	
	RGN 06	MG 02	Gualaxo Norte 06 - Mariana	Mariana/MG	Ponte em Paracatu	-	-	-20,303650	-43,249500	682779,51	7753947,13	23	Ponto de controle para avaliar o lançamento de rejeitos da mina da Samarco
Rio do Carmo	RCA 01	MG 03	Carmo 01 - Acaiaca	Acaiaca/MG	Ponte férrea sobre o rio do Carmo, em Acaiaca (MG)	-	-	-20,347100	-43,112740	697008,13	7748979,39	23	Ponto de referência do rio Gualaxo
Rio Gualaxo do Norte	RGN 07	ITG 64 M	Gualaxo Norte 07 - Mariana	Mariana/MG	Rio Gualaxo do Norte a cerca de 3,7 km da foz no rio do Carmo	-	-	-20,280900	-43,079200	700595,64	7756268,01	23	Ponto sugerido pelo CT de Restauração Florestal
	RGN 08	MG 04	Gualaxo Norte 08 – Barra Longa	Barra Longa/MG	Em ponte entre Gesteira e Barra Longa, a cerca de 1,0 km da foz no rio do Carmo	RDC-24	RD011	-20,286050	-43,065840	701984,60	7755681,56	23	Ponto de controle para avaliar o lançamento de rejeitos da mina da Samarco. Coincidente com o ponto RD011 do IGAM
Rio do Carmo	RCA 02 ⁽²⁾	MG 05	Carmo 02 – Barra Longa	Barra Longa/MG	Em Barra Longa, após a confluência com o rio Gualaxo do Norte (sobre ponte na saída de Barra longa)	RDC-22	RD071	-20,282957	-43,032488	705472,67	7755982,85	23	Ponto de alerta para avaliar a contribuição do rio Gualaxo do Norte ao rio do Carmo. Coincidente com o ponto RD071 do IGAM
	RCA 03	ITCE 02 J	Carmo 03 – Barra Longa	Barra Longa/MG	Rio do Carmo a jusante do tributário TC 02	-	-	-20,281700	-43,025500	706204,33	7756113,31	23	Ponto sugerido pelo CT de Restauração Florestal
	RCA 04	ITC 04 M	Carmo 04 – Barra Longa	Barra Longa/MG	Rio do Carmo a montante do tributário TC 04	-	-	-20,271800	-42,998700	709017,30	7757175,71	23	
Rio do Carmo	RCA 05	ITC 06 J	Carmo 05 – Barra Longa	Barra Longa/MG	Rio do Carmo a jusante do tributário TC 06	-	-	-20,258800	-42,990200	709922,81	7758604,23	23	Ponto sugerido pelo CT de Restauração Florestal
	RCA 06	ITC 09 J	Carmo 06 – Barra Longa	Barra Longa/MG	Rio do Carmo a cerca de 7,5 km da confluência com o rio Piranga	-	-	-20,268000	-42,971500	711864,15	7757561,79	23	
Rio Piranga	RPG 01	MG 06	Piranga 01 – Ponte Nova	Ponte Nova/MG	Rio Piranga a jusante de Ponte Nova	AFL-06	RD013	-20,383640	-42,902600	718899,86	7744668,22	23	Ponto de referência do rio Piranga. Coincidente com o ponto RD013 do IGAM
Rio Doce	RDO 01	MG 07 e MG 07M	Doce 01 – Rio Doce	Rio Doce/MG	A montante da UHE Risoleta Neves, na ponte da BR-120 na chegada do município de Santa Cruz do Escalvado	RDC-82	RD072	-20,255967	-42,910410	718263,59	7758814,59	23	Ponto de alerta à montante da UHE Risoleta Neves. Coincidente com o ponto RD072 do IGAM



**PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMA DE
ÁGUA E SEDIMENTOS**



Curso d'água	Código Novo	Código Antigo	Nome do Ponto	Município	Descrição do Ponto de Amostragem	Estação da Fundação coincidente	Estação do IGAM coincidente	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM ⁽¹⁾			Justificativa
								Latitude	Longitude	Leste	Norte	Zona	
Trecho 02 - UHE Risoleta Neves até UHE Baguari													
Rio Doce	RDO 02 ⁽³⁾	CAN-03	Doce 02 – Rio Doce	Rio Doce/MG	A jusante do vertedouro da Barragem Candonga	CAN 03	-	-20,208663	-42,850916	724548,08	7763972,56	23	Ponto escolhido pela Fundação, faz parte do monitoramento da dragagem de Candonga
	RDO 03	MG 09	Doce 03 – São D. Prata	São Domingos do Prata/MG	Em areal em Sem Peixe, na BR-262	CAN 01	RD019	-20,014400	-42,744640	735947,96	7785335,22	23	Ponto de controle e alerta à jusante da UHE Risoleta Neves. Coincidente com o ponto RD019 do IGAM
Rio Matipó	RMA 01	MG 09.1	Matipó 01 – Raul Soares	Raul Soares/MG	Ponte em Raul Soares	-	RD021	-20,099800	-42,449100	766736,67	7775433,26	23	Ponto sugerido pelo CT de Conservação e Biodiversidade no rio Matipó. Coincidente com o ponto RD021 do IGAM
Rio Doce	RDO 04	MG 10	Doce 04 – Bom J. Galho	Bom Jesus do Galho/MG	Na ponte perdida sobre o rio Doce em área do Parque do IEF	RDC-56	-	-19,554190	-42,521420	760057,88	7835967,30	23	Ponto de controle à montante de Ipatinga. Coincidente com o ponto RD023 do IGAM
Rio Piracicaba	RPC 01	MG 11.1	Piracicaba 01 - Mariana	Mariana/MG	Dentro da Mina da Samarco	-	-	-20,178300	-43,501500	656587,38	7768081,37	23	Ponto de controle dos lançamentos da Samarco
	RPC 02	MG 11.2	Piracicaba 02 - Mariana	Mariana/MG	Ponte da MG-129	-	-	-20,159300	-43,419200	665209,05	7770104,82	23	Ponto de controle dos lançamentos da Samarco
	RPC 03	MG 11	Piracicaba 03 - Timóteo	Timóteo/MG	BR-381 em Timóteo	-	-	-19,525000	-42,644167	747217,66	7839381,48	23	Ponto de controle dos afluentes em stress.
Rio Doce	RDO 05	MG 13	Doce 05 – Belo Oriente	Belo Oriente/MG	No local da travessia da balsa em Cachoeira Escura	-	RD033	-19,320700	-42,364580	776918,75	7861579,02	23	Ponto de alerta a montante do remanso da UHE Baguari. Coincidente com o ponto RD033 do IGAM
Rio Santo Antônio	RSA 01 ⁽⁴⁾	MG 14	Santo Antônio 01 - Naque	Naque/MG	Areal ao lado da ponte BR-381 em Naque.	-	RD039	-19,232440	-42,327100	781009,87	7871293,03	23	Ponto de controle dos principais afluentes. Coincidente com o ponto RD039 do IGAM
	RSA 01M	MG 14M	Santo Antônio 02 – Belo Oriente	Belo Oriente/MG	Local de medição de vazão do ponto RSA 01.	-	-	-19,189674	-42,422902	771002,61	7876181,11	23	Coincidente com estação fluviométrica da ANA (Naque Velho - código 56825000).
Rio Doce	RDO 06	MG 15	Doce 06 – Periquito	Periquito/MG	No distrito de Pedra Corrida	-	RD083	-19,095560	-42,155000	799361,95	7886166,12	23	Ponto de controle a montante da UHE Baguari. Coincidente com o ponto RD083 do IGAM
Trecho 03 - UHE Baguari até UHE Aimorés													
Rio Doce	RDO 07	MG 17	Doce 07 – Periquito	Governador Valadares/MG	Ponto entre Baguari e Governador Valadares	-	-	-18,970810	-42,088320	806612,20	7899868,14	23	Ponto de controle 7,0 Km à jusante da UHE Baguari
	RDO 08	MG 18	Doce 08 – G. Valadares	Governador Valadares/MG	Ponte na rodovia Rio-Bahia	RDC-49	RD044	-18,883323	-41,952612	188912,37	7909486,66	24	Ponto de controle em Governador Valadares. Coincidente com o ponto RD044 do IGAM
Rio Suaçuí Grande	RSG 01	MG 19	Suaçuí 01 – G. Valadares	Governador Valadares/MG	No rio Suaçuí Grande	AFL-10	RD089	-18,854060	-41,786420	206382,68	7913011,84	24	Ponto de controle manancial alternativo de Governador Valadares. Coincidente com o ponto RD089 do IGAM
Rio Doce	RDO 09	MG 20	Doce 09 – Tumiritinga	Tumiritinga/MG	Em Tumiritinga no porto das balsas na margem esquerda do rio	-	RD053	-18,971460	-41,641605	221845,75	7900244,83	24	Ponto de controle Tumiritinga. Coincidente com o ponto RD053 do IGAM
Rio Caratinga	RCR 01	MG 20.1	Caratinga 01 – C. Pena	Conselheiro Pena/MG	Dentro da ETA de Barra do Cuieté	-	RD057	-19,063610	-41,531110	233633,72	7890211,67	24	Ponto sugerido pelo CT de Conservação e Biodiversidade no rio Caratinga. Coincidente com o ponto RD057 do IGAM
Rio Doce	RDO 10	MG 21	Doce 10 – Resplendor	Resplendor/MG	Na margem direita do rio em Resplendor	RDC-89	RD059	-19,328790	-41,252760	263318,88	7861251,39	24	Ponto de controle a montante do remanso de Aimorés em Resplendor. Coincidente com o ponto RD059 do IGAM
Rio Manhuaçu	RMH 01	MG 22	Manhuaçu 01 - Aimorés	Aimorés/MG	Localizada no rio Manhuaçu em Aimorés.	AFL-16	RD065	-19,483740	-41,094080	280204,71	7844306,26	24	Ponto de controle dos principais afluentes. Coincidente com o ponto RD065 do IGAM



**PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMA DE
ÁGUA E SEDIMENTOS**



Curso d'água	Código Novo	Código Antigo	Nome do Ponto	Município	Descrição do Ponto de Amostragem	Estação da Fundação coincidente	Estação do IGAM coincidente	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM ⁽¹⁾			Justificativa
								Latitude	Longitude	Leste	Norte	Zona	
Trecho 04 - UHE Aimorés até a Foz													
Rio Doce	RDO 11	ES 01	Doce 11 – Baixo Guandu	Baixo Guandu/ES	Ponte sobre o rio Doce em Baixo Guandú	RDC-20	RD067	-19,506050	-41,013920	288650,080	7841937,06	24	Ponto de controle em Baixo Guandú à montante da UHE Mascarenhas
Rio Guandú	RGU 01	ES 01.1	Guandu 01 - Baixo Guandu	Baixo Guandu/ES	Na ES 165, 15 Km a montante de sua foz no rio Doce	-	-	-19,624668	-41,017857	288391,72	7828800,21	24	Ponto sugerido pelo CT de Conservação e Biodiversidade no rio Guandú
Rio Doce	RDO 12	ES 02	Doce 12 - Colatina	Colatina/ES	No IFES, em Itapina	RDC-57	-	-19,499290	-40,758740	315429,22	7842979,94	24	Ponto de alerta à jusante de Baixo Guandú e à montante de Colatina
	RDO 13	ES 03	Doce 13 - Colatina	Colatina/ES	Ponte no centro de Colatina	RDC-27	-	-19,535300	-40,635580	328395,12	7839121,87	24	Ponto de controle à montante de Colatina
	RDO 14	ES 04	Doce 14 - Colatina	Colatina/ES	A jusante de Colatina, ao lado de um areal	RDC-31	-	-19,510630	-40,554900	336836,94	7841931,34	24	Ponto de controle à jusante de Colatina, avaliação das ações de saneamento
	RDO 15	ES 05	Doce 15 - Linhares	Linhares/ES	Ponte sobre o rio Doce na BR-101 em Linhares	RDC-73	-	-19,407800	-40,064570	388224,85	7853704,30	24	Ponto de controle em Linhares
	RDO 16	ES 06	Doce 16 - Linhares	Linhares/ES	Em Regência, no porto	RDC-75	-	-19,646350	-39,823150	413701,23	7827444,40	24	Coincidente com o ponto P5
Lagoa do Limão	LLM 01	LM 1	Lagoa do Limão 01	Colatina/ES	Na lagoa, próximo ao canal de ligação ao rio Doce	-	-	-19,552000	-40,375100	355743,98	7837513,73	24	Ponto sugerido pelo CT de Conservação e Biodiversidade
	LLM 02	LM 2	Lagoa do Limão 02	Colatina/ES	Na lagoa, localizada mais ao sul do ponto LM 1	-	-	-19,561800	-40,387300	354472,72	7836418,74	24	Ponto sugerido pelo IEMA
	LLM 03	LM 3	Lagoa do Limão 03	Colatina/ES	Na lagoa, em área mais central do corpo d'água	-	-	-19,569400	-40,388600	354343,16	7835576,46	24	
Lagoa Juparanã	LJP 01	JP 1	Lagoa Juparanã 01	Linhares/ES	Na lagoa, localizados mais ao norte do ponto JP 2	-	-	-19,353326	-40,087235	385806,94	7859717,98	24	Ponto sugerido pelo CT de Conservação e Biodiversidade
	LJP 02	JP 2	Lagoa Juparanã 02	Linhares/ES	Na lagoa, próximo ao canal de ligação ao rio Doce	-	-	-19,350627	-40,084406	386102,23	7860018,54	24	Ponto sugerido pelo IEMA
	LJP 03	JP 3	Lagoa Juparanã 03	Linhares/ES	Na lagoa, na área norte do corpo d'água	-	-	-19,219900	-40,190800	374826,88	7874412,56	24	
Lagoa Nova	LVN 01	PN 1	Lagoa Nova 01	Linhares/ES	Na praia, em área utilizada para recreação pela comunidade	RDC-84	-	-19,416900	-40,154800	378756,88	7852636,21	24	Área utilizada para recreação pela comunidade
	LVN 02	PN 2	Lagoa Nova 02	Linhares/ES	No braço esquerdo, como ponto de controle	RDC-85	-	-19,387500	-40,168200	377327,81	7855880,45	24	Ponto de Controle
	LVN 03	PN 3	Lagoa Nova 03	Linhares/ES	No braço direito, próximo ao ponto onde Linhares pretende aduzir água	RDC-86	-	-19,394000	-40,150500	379191,48	7855173,58	24	Próximo ao Ponto onde Linhares pretende aduzir água
Lagoa Monsarás	LMN 01	PM 1	Lagoa Monsarás 01	Linhares/ES	Próximo ao canal que liga à lagoa ao rio Doce	RDC-87	-	-19,558600	-39,801600	415915,06	7837165,89	24	Próximo ao canal que liga à lagoa ao rio Doce
	LMN 02	PM 2	Lagoa Monsarás 02	Linhares/ES	Próximo ao Projeto TAMAR e área de contato com o mar	RDC-88	-	-19,554300	-39,770300	419196,33	7837656,82	24	Próximo ao Projeto TAMAR e área de contato com o mar
Lagoa do Areal	LAL 01	PA	Lagoa do Areal 01	Linhares/ES	Área sem zona morta ou interferência de lançamento de efluentes	RDC-109	-	-19,585500	-39,828000	413160,06	7834175,85	24	Área sem Zona Morta ou interferência de lançamento de efluentes
Lagoa do Areão (Pandolfi)	LAO 01	PP 1	Lagoa do Areão 01	Linhares/ES	Próximo ao canal de ligação com o rio Doce	RDC-121	-	-19,575900	-39,841700	411717,90	7835231,21	24	Próximo ao canal de ligação com o rio Doce
	LAO 02	PP 2	Lagoa do Areão 02	Linhares/ES	Área utilizada para recreação	RDC-122	-	-19,570500	-39,844000	411473,70	7835827,60	24	Área utilizada para recreação

Nota:

(1) Datum: SIRGAS2000;

(2) A estação telemétrica do ponto RCA 02 será instalada em ponto a montante do ponto de amostragem manual.

(3) O ponto RDO 02 somente contará com estação telemétrica de qualidade de água, não contando com amostragem manual.

(4) O local de medição de vazão (RSA 01M) do ponto RSA 01 é coincidente com estação fluviométrica da ANA (Naque Velho - código 56825000).



4.3 Frequência de Amostragem

O PMQQS contempla amostragem manual bem como a instalação de estações automáticas para medição de parâmetros em tempo real. Os resultados da caracterização das amostras coletadas e das medições realizadas serão utilizados na avaliação da qualidade da água, de sedimentos e de indicadores biológicos. A frequência por tipologia de amostragem ou medição encontra-se detalhada a seguir.

4.3.1 Amostragem Manual

O PMQQS prevê monitoramento mensal da qualidade da água em todos os pontos de amostragem de rios e lagoas, incluindo medição de vazão e ensaios ecotoxicológicos.

O monitoramento da qualidade do sedimento será realizado a partir de coleta de amostras com frequência trimestral. Complementarmente, a amostragem de testemunhos de sedimento (i.e., perfil de 1,0 m) será realizada com frequência semestral e essas amostras serão analisadas para os mesmos parâmetros de qualidade de sedimentos, incluindo a datação de camadas por ^{210}Pb .

O monitoramento dos indicadores biológicos seguirá a seguinte frequência: os ensaios ecotoxicológicos serão conduzidos com frequência trimestral; a análise da comunidade fitoplanctônica será realizada mensalmente; a amostragem do perifíton ocorrerá durante o período chuvoso e seco, com coleta de duas amostras em cada período; e a comunidade bentônica será monitorada mensalmente.

A frequência do plano de amostragem é apresentada de maneira resumida na **Tabela 3**.

Tabela 3: Frequência de amostragem para qualidade de água e sedimento no rio Doce.

Locais de Amostragem	Matriz	Parâmetros ⁽¹⁾	Frequência de amostragem / medição
Amostragem Manual de Qualidade de Água e Sedimento			
Locais de amostragem em rios: RGN 01, RGN 06, RGN 08, RCA 01, RCA 02, RPG 01, RDO 01, RDO 03, RMA 01, RDO 04, RPC 01, RPC 02, RPC 03, RDO 05, RSA 01, RDO 06, RDO 07, RDO 08, RSG 01, RDO 09, RCR 01, RDO 10, RMH 01, RDO 11, RGU 01, RDO 12, RDO 13, RDO 14, RDO 15 e RDO 16.	Água superficial	Parâmetros físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton) e bacteriológicos	Mensal
		Ensaio Ecotoxicológicos	Trimestral
	Sedimento	Parâmetros físico-químicos	Trimestral
		Ensaio Ecotoxicológicos	Trimestral
Locais de amostragem em lagoas: LLM 01, LLM 02, LLM 03, LJP 01, LJP 02, LJP 03, LNV 01, LNV 02, LNV 03, LMN 01, LMN 02, LAL 01, LAO 01 e LAO 02	Testemunho de sedimento	Parâmetros físico-químicos, orgânicos e ^{210}Pb	Semestral (período seco e período chuvoso)
Locais de amostragem em rios:	Água superficial	Parâmetros físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton) e bacteriológicos	Mensal



Locais de Amostragem	Matriz	Parâmetros ⁽¹⁾	Frequência de amostragem / medição
RVD 03, RVD 04, RGN 02, RGN 03, RGN 04, RGN 05, RGN 07, RCA 03, RCA 04, RCA 05 e RCA 06		Ensaio Ecotoxicológicos	Trimestral
Locais de medição em rios: RGN 01, RGN 02, RGN 03, RGN 04, RGN 05, RGN 06, RGN 07, RGN 08, RCA 01, RCA 02, RCA 03, RCA 04, RCA 05, RCA 06, RPG 01, RDO 01, RDO 03, RMA 01, RDO 04, RPC 02, RPC 03, RDO 05, RSA 01M, RDO 07, RSG 01, RDO 09, RCR 01, RMH 01, RDO 11, RDO 12, RDO 14 e RDO 15	Água superficial	Descarga líquida	Mensal
Locais de amostragem em rios: RGN 08, RDO 01, RDO 03, RDO 06, RDO 07, RDO 09, RDO 12 e RDO 15	Água superficial	Material particulado em suspensão (descarga sólida, distribuição granulométrica, parâmetros físico-químicos)	Trimestral
Amostragem Biológica Manual			
Locais de amostragem em rios: RPG 01, RDO 03, RDO 04, RDO 05, RSA 01, RDO 06, RDO 07, RSG 01, RDO 09, RDO 10, RMH 01, RDO 11, RDO 12, RDO 13, RDO 14, RDO 15 e RDO 16	Sedimento	Biomonitoramento de macroinvertebrados bentônicos	Mensal
Locais de amostragem em rios: RGN 01, RDO 03 e RDO 04	Substrato	Perifíton	Duas coletas no período chuvoso e duas no período seco
Estações Automáticas			
Locais de amostragem em rios: RGN 01, RGN 06, RCA 01, RGN 08, RMA 01 RDO 07, RSG 01, RDO 09, RCR 01, RMH 01, RDO 11, RDO 14, RDO 15 e RDO 16 (Estações TIPO I)	Água superficial	Nível de água	Horária
Locais de amostragem em rios: RCA 02, RDO 01, RDO 02, RDO 03, RDO 04, RDO 05, RDO 08 e RDO 12 (Estações TIPO II)	Água superficial	Nível de água e parâmetros físico-químicos e hidrobiológicos	Horária

Nota:

(1) Listas completas dos parâmetros são apresentadas na **Tabela 6** à **Tabela 9**.



Níveis de alerta serão considerados para alteração da frequência de amostragem dos parâmetros de qualidade de água. Caso sejam observadas elevações dos parâmetros Turbidez e Condutividade Elétrica acima dos níveis de alerta: 1.050 NTU e 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, ou redução do Oxigênio Dissolvido a concentrações inferiores a 3,5 mg/L em duas ou mais estações automáticas com sensor de qualidade de água (i.e., RCA 02, RDO 01, RDO 03, RDO 04, RDO 05, RDO 08 e RDO 12) durante um período de 5 dias consecutivos, a frequência de amostragem dos demais parâmetros de qualidade de água (i.e., parâmetros, físico-químicos, hidrobiológicos e bacteriológicos) será alterada para semanal nas seguintes estações:

- Em **Minas Gerais**: RGN 08, RCA 02, RDO 01, RDO 03, RDO 05, RDO 06, RDO 07; RDO 08; RDO 09 e RDO 10;
- No **Espírito Santo**: RDO 11, RDO 12, RDO 14 e RDO 15;
- Nos pontos localizados nas lagoas marginais a alteração de frequência será determinada pelo GTA PMQQS, dependendo da ocorrência de vertimento das águas do rio Doce para as lagoas nos períodos de alerta.

Essa frequência semanal para coleta de amostras de água será mantida até que os níveis desses parâmetros retornem a valores inferiores aos níveis de alerta, no caso da turbidez (1.050 UNT) e da condutividade elétrica (150 $\mu\text{S}/\text{cm}$), e acima do nível de alerta o oxigênio dissolvido (3,5 mg/L). Para os demais parâmetros e matrizes, a frequência de amostragem não será alterada por esse critério.

Estes níveis de alerta foram determinados conforme Deliberação CIF n° 17, considerando 10% acima do máximo (mínimo para o oxigênio dissolvido) histórico registrado no Programa Águas de Minas do IGAM para as estações RD033, RD044, RD059 e RD071, excluindo-se os valores monitorados durante o período do rompimento da barragem.

4.3.2 Estações Automáticas

Com base na Deliberação CIF n° 17, o PMQQS contará também com monitoramento em tempo real, composto por estrutura fixa no local de medição, onde serão instalados equipamentos para medição de nível d'água bem como sondas de medição contínua de parâmetros de qualidade da água. As estações também contarão com equipamento de medição de parâmetros meteorológicos. Dessa forma, foram definidos dois tipos de estações automáticas, a saber:

- Estação TIPO I: estação telemétrica de monitoramento de nível do rio, sensor pluviométrico e temperatura do ar;
- Estação TIPO II: estação telemétrica de monitoramento de nível, medição de precipitação pluviométrica, temperatura do ar e sonda multiparamétrica para medição de qualidade de água.

Os dados medidos pelas Estações serão armazenados em *datalogger* e enviados via telemetria para um banco de dados.

Nas Estações TIPO II, a frequência de visitas para manutenção das sondas será semanal. Durante essas visitas, a calibração das sondas será verificada por meio de comparação entre os valores reportados pela sonda instalada e aqueles reportados por uma sonda calibrada. Caso os valores reportados por ambas as sondas sejam diferentes (maior que 5% do valor medido na sonda padrão), a sonda instalada será substituída por outra sonda calibrada ou por outros sensores calibrados, para garantir a confiabilidade dos dados monitorados. A calibração da sonda ou dos sensores será feita necessariamente em laboratório para evitar contaminação das soluções de calibração.

Nas Estações TIPO I sem turbidímetro, a frequência de visitas para manutenção das sondas será bimestral. Onde existir turbidímetro instalado, a frequência de visita será semanal.



As estações automáticas contarão com visitas específicas de manutenção corretiva sempre que houver interrupção na transmissão dos dados por período superior a 48 horas. O período sem transmissão de dados não ultrapassará 7 dias.

Considera-se que a instalação destas estações (RCA 02, RDO 01, RDO 03, RDO 04, RDO 05, RDO 08 e RDO 12) será acompanhada por técnicos da ANA, do IGAM ou do IEMA e AGERH.

A seguir, estão detalhadas as estações TIPOS I e II, bem como estão listados os pontos nos quais cada tipo de estação será instalada.

4.3.2.1 Estação TIPO I

As estações TIPO I, as quais consistem em estação telemétrica de monitoramento de nível do rio com sensor pluviométrico e temperatura do ar, serão instaladas nos seguintes pontos:

- Em Minas Gerais: RGN 01, RGN 06, RCA 01, RGN 08, RMA 01, RDO 07, RSG 01, RDO 09, RCR 01 e RMH 01;
- No Espírito Santo: RDO 11, RDO 14, RDO 15, RDO 16 A **Tabela 4**, apresentada a seguir, contém informações específicas de cada estação TIPO I, no que se refere ao tipo de medidor de nível de água, infraestrutura necessária, instalação e coleta de amostras. Tais informações foram validadas a partir das visitas técnicas realizadas por equipe técnica da Fundação e profissionais das instituições que fazem parte da CT-SHQA.

Complementarmente, também serão instalados turbidímetros nos pontos RGN 01, RGN 06, RCA 01, RGN 08 e RDO 16.

**Tabela 4: Descrição do local das estações TIPO I.**

Código Novo	Código Antigo	Medição de Nível	Infraestrutura da Estação	Instalação da Estação
RGN 01	MG 01	Sensor de pressão a montante da cachoeira. Instalação de réguas linimétricas. Estação será equipada com turbidímetro.	Instalação em poste com cerca.	O sensor de pressão será instalado a montante da cachoeira formada pelas pedras (montante da ponte). A PCD (plataforma de coleta de dados) será instalada na margem direita próximo ao acesso de veículos.
RGN 06	MG 02	Radar embaixo da ponte. Fita métrica (retrátil) presa na ponte. Estação será equipada com turbidímetro.	Instalação em poste com cerca.	PCD será instalada na margem direita a jusante da ponte.
RCA 01	MG 03	Radar sob a ponte. Fita métrica (retrátil) presa na ponte. Estação será equipada com turbidímetro.	Instalação em poste com cerca.	PCD a montante, na margem esquerda. Dentro do cercado da fazenda ao lado. Localização da PCD pode mudar durante projeto executivo.
RGN 08	MG 04	Radar em baixo da ponte. Fita métrica (retrátil) presa na ponte. Estação será equipada com turbidímetro.	Instalação em poste com cerca.	PCD ficará na margem direita do lado jusante da ponte dentro da área cercada.
RMA 01	MG 09.1	Radar na estrutura da ponte. Fita métrica (retrátil) presa na ponte.	Instalação em poste com cerca.	Sem informação. Terreno ainda não definido pela prefeitura.
RDO 07	MG 17	Sensor de pressão. Não é necessário instalar régua.	Instalação em poste com cerca.	PCD será instalada na margem esquerda do rio.
RSG 01	MG 19	Sensor de pressão. Réguas linimétricas.	Instalação em poste com cerca.	PCD será instalada na margem esquerda, dentro do terreno do DER-MG.
RDO 09	MG 20	Sensor de pressão. Réguas linimétricas.	Instalação em poste com cerca.	PCD será instalada na margem esquerda do rio, no lado oposto a Tumiritinga.
RCR 01	MG 20.1	Sensor de pressão instalado no canal de aproximação. Réguas linimétricas.	Instalação em poste com cerca.	PCD será instalada na margem direita do rio, junto ao ponto de captação da ETA.



PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMA DE ÁGUA E SEDIMENTOS

PREPARADO PARA:



Código Novo	Código Antigo	Medição de Nível	Infraestrutura da Estação	Instalação da Estação
RMH 01	MG 22	Radar na estrutura da ponte. Fita métrica (retrátil) presa na ponte.	Instalação em poste com cerca.	PCD será instalada na margem direita do rio.
RDO 11	ES 01	Sensor de pressão. Réguas linimétricas.	Instalação em poste sem cerca ⁽¹⁾ .	PCD será instalada na margem esquerda do rio, dentro de terreno particular.
RDO 14	ES 04	Sensor de pressão. Réguas linimétricas.	Instalação em poste sem cerca.	A PCD ficará instalada no top de um barranco próximo a área de manobra, na margem esquerda do rio.
RDO 15	ES 05	Radar na estrutura da ponte. Fita métrica (retrátil) presa na ponte.	Instalação em poste com cerca.	A PCD ficará instalada próxima aos mastros das bandeiras na praça pública, na margem esquerda do rio. Sensor radar localizado na ponte.
RDO 16	ES 06	Radar na estrutura do píer. Réguas linimétricas. Estação será equipada com turbidímetro.	Instalação em poste sem cerca.	A PCD ficará instalada no porto de Regência, na margem direita do rio.

Nota:

(1) Por motivos de segurança do trabalho e patrimonial, a estação será instalada na margem esquerda do rio em ponto próximo à ponte onde já existe uma PCD da UHE Mascarenhas. Neste local, a autorização para instalação da estação já foi emitida validando o local quanto aos requisitos técnicos e de segurança.



4.3.2.2 Estação TIPO II

As estações TIPO II, as quais consistem em estação telemétrica de monitoramento de nível do rio com sensor pluviométrico, temperatura do ar e sonda multiparamétrica de qualidade de água, serão instaladas nos seguintes pontos:

- Em Minas Gerais: RCA 02, RDO 01, RDO 02, RDO 03, RDO 04, RDO 05 e RDO 08;
- No Espírito Santo: RDO 12.

A **Tabela 5**, apresentada a seguir, contém informações específicas de cada estação TIPO II, no que se refere ao tipo de medidor de nível de água, infraestrutura necessária, instalação e coleta de amostras. Tais informações foram validadas a partir das visitas técnicas realizadas por equipe técnica da Fundação e profissionais das instituições que fazem parte da CT-SHQA.



Tabela 5: Descrição do local das estações TIPO II.

Código Novo	Código Antigo	Medição de Nível	Infraestrutura da estação	Descrição do local de instalação da estação
RCA 02	MG 05	Radar na estrutura da ponte. Fita métrica (retrátil) presa na ponte.	Em poste, dentro de terreno à margem do rio	PCD ficará na margem direita, atravessando a rua.
RDO 01	MG 07 e MG 07M	Sensor de pressão a montante da cachoeira. Instalação de réguas linimétricas.	n/a	PCD será instalada na margem direita a 30 metros da posição de instalação da sonda.
RDO 02	CAN-03	n/a	Instalação em poste com cerca.	PCD será instalada na margem esquerda a 40 metros da margem.
RDO 03	MG 09	Sensor de pressão a montante da cachoeira. Instalação de réguas linimétricas.	Poste sem cercado.	PCD será instalada a 20 metros da margem esquerda. A sonda será instalada em um flutuador tipo catamarã para poder ser posicionada afastada da margem. Local de encosta instável.
RDO 04	MG 10	Radar na estrutura da ponte. Fita métrica (retrátil) presa na ponte.	Poste preso à estrutura da ponte.	A PCD deverá ser instalada em poste e presa a estrutura da Ponte Perdida.
RDO 05	MG 13	Sensor de pressão. Réguas linimétricas.	Instalação em poste com cerca.	PCD será instalada na margem esquerda, próxima ao local de travessia de balsa.
RDO 08	MG 18	Sensor de pressão. Réguas linimétricas.	Instalação em poste sem cerca	A PCD será instalada ao lado de um flutuador de captação da ETA na margem direita do rio.
RDO 12	ES 02	Sensor de pressão. Réguas linimétricas.	Instalada em poste com cerca.	A PCD ficará instalada na margem esquerda do rio, próxima a torre de captação. A sonda multiparamétrica será instalada a montante do ponto de captação de água da escola (dentro do IFES de Itapina).



4.4 Parâmetros a serem monitorados

Os parâmetros que serão monitorados no PMQQS correspondem àqueles que foram selecionados pela CT-SHQA considerando os resultados do monitoramento especial realizado pelo IGAM, pelo IEMA e pela CPRM, de acordo com o documento anexo à Deliberação CIF nº 17. Foram incluídos os parâmetros cujos resultados apresentaram alterações significativas durante e após a passagem da lama proveniente do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. Foram incluídos também parâmetros não avaliados nas campanhas de monitoramento especiais, mas que podem ter relação com os efeitos observados durante a passagem da lama. Além disso, foram incluídos parâmetros para avaliar as alterações na qualidade das águas do rio Doce decorrentes da implementação das medidas de controle de impactos e compensatórias.

Além dos parâmetros de qualidade requisitados pela CT-SHQA, foi mantida a avaliação de metais nas amostras de água, nas formas total e dissolvida em todos os casos, já que, como as análises de metais são feitas por varreduras de amplo espectro, o esforço adicional para determinar vários metais é relativamente pequeno.

Nesta seção são apresentados os parâmetros de qualidade de água e sedimentos que serão avaliados no PMQQS e justificativas de monitoramento dos mesmos. Os procedimentos de amostragem de água e sedimentos e análise de todos os parâmetros são apresentados no **Anexo C**. A análise das amostras será realizada por laboratórios acreditados nos termos da ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) e seguirá as instruções descritas no **Anexo C**.

Ressalta-se que os limites de quantificação de cada parâmetro de qualidade de água avaliados serão compatíveis com os padrões de qualidade definidos para águas enquadradas como classe 2 segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 e da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008. Além disso, os limites de quantificação para as análises de metais em sedimentos serão também compatíveis com os níveis de classificação estabelecidos na Resolução CONAMA nº 454/2012.

Para a realização das análises laboratoriais, o laboratório terá pessoal qualificado com formação técnica em química ou área correlata, para a realização de todas as análises químicas, físico-químicas e biológicas para as duas matrizes em questão (água e sedimento). O laboratório responsável pelas análises emitirá laudos individualizados para cada ponto de monitoramento, podendo os laudos agrupar todos os parâmetros daquele ponto específico. Todos os laudos de análises laboratoriais serão atestados por profissional habilitado junto ao Conselho Regional de Química (CRQ) ou ao Conselho Regional de Biologia (CRBio). Os laudos originais de resultado de análises, bem como as memórias dos cálculos analíticos, serão arquivados pelo laboratório durante 05 (cinco) anos, de maneira acessível para posteriores avaliações técnicas da pela CT-SHQA.

4.4.1 Parâmetros de qualidade de água e sedimentos de amostragem manual

4.4.1.1 Parâmetros de Campo

A **Tabela 6** apresenta a lista de parâmetros que serão avaliados em campo nos 56 pontos de monitoramento de água, localizados nos rios e nas lagoas, descritos na **Seção 4.2**.



Tabela 6: Medições de campo para monitoramento da qualidade da água.

Parâmetro	Unid.	Justificativa ^(a)
pH	-	Parâmetro básico necessário para avaliação conjunta da toxicidade de outros elementos na água.
Condutividade elétrica	µS/cm	Permite avaliar indiretamente alterações na composição iônica da água.
Temperatura do ar	°C	Parâmetros básicos necessários para determinação de diversos outros parâmetros.
Temperatura da água	°C	
Oxigênio dissolvido	mg/L	Parâmetros básicos necessários para avaliar indiretamente a contaminação por substâncias biologicamente oxidáveis na água
Oxigênio dissolvido (saturação)	%	
Potencial redox	mV	Parâmetro básico necessário para avaliação conjunta da toxicidade de outros elementos na água.
Turbidez	UNT	Permite avaliar indiretamente a concentração de sedimento em suspensão na água
Salinidade ^(b)	PSU	Parâmetro básico para pontos de amostragem de água salobra e salina ^(d)
Transparência de Secchi ^(c)	m	Parâmetro necessário para determinação das zonas fótica e afótica na coluna d'água ^(d)

Nota: µS/cm = *microSiemens* por centímetro; mg/L = miligramas por litro; UNT = Unidades Nefelométricas de Turbidez.

(a) Justificativas conforme constam no documento anexo à Deliberação da CIF nº 17.

(b) Apenas nos pontos RDO 16 e LMN 02.

(c) Apenas nos pontos das 14 lagoas.

(d) Justificativa elaborada pela Golder.

Nos 14 pontos localizados nas lagoas serão realizados, também, perfis de temperatura da água, oxigênio dissolvido, percentual de saturação de OD, pH, condutividade elétrica, turbidez e potencial redox a cada 0,50 m, ao longo de toda a profundidade. A sonda utilizada irá dispor de sensores para os parâmetros turbidez e oxigênio dissolvido e irá permitir a determinação de turbidez na faixa de 0 a 4.000 NTU. Em caso de registros superiores ao limite máximo de leitura da sonda, será realizada diluição.

4.4.1.2 Análise Laboratorial

Os parâmetros de qualidade da água a serem analisados incluem parâmetros convencionais, principais íons, nutrientes, metais totais e dissolvidos, bem como indicadores biológicos (**Tabela 7**).

Os parâmetros de qualidade de sedimentos incluem parâmetros físico-químicos convencionais, metais totais e indicadores biológicos (**Tabela 8**).



Tabela 7: Parâmetros para monitoramento da qualidade de água superficial.

Parâmetro	Unid.	Justificativa ^(a)
pH	-	Parâmetro básico necessário para determinação de diversos outros parâmetros.
Condutividade elétrica	µS/cm	Permite avaliar indiretamente alterações na composição iônica da água.
Sólidos totais	mg/L	Parâmetro associado à presença de partículas na água
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	
Sólidos em Suspensão	mg/L	
Sólidos sedimentáveis	mL/L	
Cor verdadeira	mg Pt/L	Avalia a presença de partículas dissolvidas
DBO, 5 dias, 20°C	mg/L de O ₂	Parâmetro que avalia a presença de compostos oxidáveis biodegradáveis.
Carbono orgânico total	mg/L	Parâmetro complementar à DBO, avalia a presença de compostos orgânicos oxidáveis não biodegradáveis.
Carbono orgânico dissolvido	mg/L	Necessário para avaliação de QA/QC ^(b)
Alcalinidade total	mg/L de CaCO ₃	Parâmetro que avalia a capacidade de tamponamento da água.
Dureza Total	mg/L de CaCO ₃	Necessário para avaliação de QA/QC
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	UFC/100 mL	Parâmetro que avalia a contaminação por fezes humanas e a presença potencial de outros organismos patogênicos da mesma origem.
Clorofila-a	µg/L	Parâmetro utilizado para avaliar a ocorrência de florações de fitoplâncton.
Feoftina	µg/L	Parâmetro indica o estado fisiológico do fitoplâncton, sendo importante junto com a clorofila-a na avaliação da produtividade primária. A concentração de clorofila é fortemente influenciada por variações físico-químicas e por outros fatores, tendo a feoftina como um produto da sua alteração. ^(b)
Cálcio	mg/L de Ca	Macro constituinte iônico
Cianeto	mg/L de CN	Parâmetro complementar solicitado pelo IBAMA
Cloreto Total	mg/L	Parâmetro que avalia indiretamente o lançamento de efluentes sanitários na água.
Magnésio	mg/L de Mg	Macro constituinte iônico
Sódio	mg/L de Na	Macro constituinte iônico
Sulfeto Total	mg/L	Parâmetro associado a ocorrência de processos anaeróbios de decomposição de matéria orgânica
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	mg/L de S	Parâmetro associado à ocorrência de processos anaeróbios de decomposição de matéria orgânica
Nitrato	mg/L	Parâmetros associados ao lançamento de esgotos sanitários e decorrente da decomposição de substâncias nitrogenadas utilizadas no processo de mineração. É um dos parâmetros determinantes para a ocorrência de florações de fitoplâncton.
Nitrito	mg/L	
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	
Nitrogênio orgânico	mg/L	
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	



Parâmetro	Unid.	Justificativa ^(a)
Fósforo total	mg/L	Parâmetros associados ao lançamento de esgotos sanitários e um dos parâmetros determinantes para a ocorrência de florações de fitoplâncton. Possibilitam o monitoramento dos efeitos potenciais relativos ao replantio.
Fósforo dissolvido	mg/L	
Polifosfatos	mg/L	

Metais e Metalóides (formas total e dissolvida)

Alumínio	mg/L	Inclui parâmetros associados a atividades de mineração que foram detectados em níveis elevados após a ruptura da barragem As análises de metais são feitas como varreduras de amplo espectro, de modo que o esforço adicional para coletar dados sobre vários metais é menor ^(b) Os resultados para metais dissolvidos fornecem estimativas melhores das formas biodisponíveis de cada metal ^(b)
Antimônio	mg/L	
Arsênio	mg/L	
Bário	mg/L	
Berílio	mg/L	
Boro	mg/L	
Cádmio	mg/L	
Cromo	mg/L	
Cobalto	mg/L	
Cobre	mg/L	
Ferro - Especificação Fe ²⁺ e Fe ³⁺	mg/L	
Chumbo	mg/L	
Manganês	mg/L	
Mercúrio Total- Especificação metilHg dimetilHg	mg/L	
Molibdênio	mg/L	
Níquel	mg/L	
Selênio	mg/L	
Prata	mg/L	
Vanádio	mg/L	
Zinco	mg/L	

Nota:

mg/L = miligramas por litro; $\mu\text{S}/\text{cm}$ = microSiemens por centímetro; Pt = unidade de cor verdadeira; UV = ultravioleta;; - = não aplicável.

(a) Justificativas conforme constam no documento anexo à Deliberação da CIF nº 17.

(b) Justificativa elaborada pela Golder.



Tabela 8: Parâmetros para monitoramento da qualidade de sedimentos no rio Doce.

Parâmetro	Unid.	Justificativa ^(a)
pH	-	Fornecem uma descrição geral da qualidade do sedimento
Potencial de oxidação-redução (ORP)	mV	
Distribuição granulométrica	%	
Carbono orgânico total	%	
Fósforo Total	mg/kg	Nutrientes associados a processos de floração de fitoplâncton
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/kg	
HCH (Alfa-HCH)	µg/kg	Inclui parâmetros detectados na água após a ruptura da barragem
HCH (Beta-HCH)	µg/kg	
HCH (Delta-HCH)	µg/kg	
HCH (Gama-HCH/Lindano)	µg/kg	
Clordano (Alfa)	µg/kg	
Clordano (Gama)	µg/kg	
DDD	µg/kg	
DDE	µg/kg	
DDT	µg/kg	
Dieldrin	µg/kg	
Endrin	µg/kg	
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)	µg/kg	
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HPT)	mg/kg	
Bifenilas Policloradas	µg/kg	
Fenóis	mg/kg	
Alumínio	mg/kg	
Antimônio	mg/kg	
Arsênio	mg/kg	
Bário	mg/kg	
Berílio	mg/kg	
Boro	mg/kg	
Cádmio	mg/kg	
Cromo	mg/kg	Inclui parâmetros associados a atividades de mineração detectados na água após a ruptura da barragem
Cobalto	mg/kg	
Cobre	mg/kg	
Estrôncio	mg/kg	Inclui parâmetros potencialmente passíveis de disponibilização
Ferro	mg/kg	
Chumbo	mg/kg	
Manganês	mg/kg	
Mercúrio	mg/kg	
Molibdênio	mg/kg	
Níquel	mg/kg	
Selênio	mg/kg	
Prata	mg/kg	
Vanádio	mg/kg	
Zinco	mg/kg	

Nota:

mg/kg = miligramas por quilograma; µg/kg = miligramas por quilograma; mV = milivolts; - = não aplicável.

(a) Justificativas conforme constam no documento anexo à Deliberação da CIF nº 17



4.4.2 Estações Automáticas

As estações do TIPO I irão monitorar os seguintes parâmetros:

- Temperatura do ar;
- Nível d'água;
- Turbidez (somente em 5 pontos das Estações Tipo I – RGN 01, RGN 06, RGN 08, RCA 01 e RDO 16).

As estações do TIPO II, providas de sondas multiparamétricas, monitorarão os seguintes parâmetros da **Tabela 9**.

Tabela 9: Parâmetros de qualidade de água monitoradas pelas Estações Automáticas TIPO II.

Parâmetro	Faixa de Medição ⁽¹⁾
Clorofila-A	0 até 400 µg/L
Cianobactérias	0 até 100 µg/L (Ficocianina)
Condutividade	0 até 200 mS/cm
Temperatura	-5 até 50°C
Turbidez	0 até 4000 NTU
Oxigênio Dissolvido	0 até 50 mg/L
Oxigênio dissolvido saturado	0 a 100%
pH	0 a 14

Nota:

(1) Faixas de medição baseadas no equipamento EXO2 (Marca YSI), que será adquirido pela Fundação Renova.

A sonda a ser utilizada irá dispor de sensores óticos para os parâmetros turbidez e permite a determinação de turbidez na faixa de 0 a 4000 NTU. Em caso de registros superiores ao limite máximo de leitura da sonda, será encaminhada uma amostra para o laboratório de acordo com a frequência definida nos níveis de alerta, ou seja, semanal.

4.4.3 Descarga Líquida

As medições de descarga líquida serão mensais e ocorrerão no mesmo dia em que forem realizadas a determinação dos parâmetros de qualidade em campo e a coleta das amostras de água.

Visitas de campo foram realizadas com a participação da Fundação Renova, IBAMA, ANA, IGAM, IEMA e AGERH para avaliação dos locais de amostragem e de medição da descarga líquida nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. A partir dessas visitas, verificou-se a impossibilidade de medição de descarga líquida nos pontos RCP 01, RSA 01, RDO 06, RDO 08, RDO 10, RGU 01, RDO 13 e RDO 16. Para o ponto RSA 01, foi definido outro local exclusivamente para medição de descarga líquida (RSA 01M), coincidente com estação fluviométrica da ANA (Naque Velho - código 56825000). Tais pontos foram excluídos por apresentarem características que não atendem aos requisitos hidráulicos de uma estação fluviométrica (e.g., locais de remanso, presença de bancos de areia e leito muito rochoso).

Os procedimentos de amostragem a serem empregados para a medição de descarga líquida são descritos no **Anexo C**.



4.4.4 Descarga Sólida

Os procedimentos de medição de descarga sólida são apresentados no **Anexo C**.

Nos pontos em que a descarga sólida for avaliada, será realizada também coleta e análise do Material Particulado em Suspensão (MPS) para os parâmetros listados na **Tabela 10**, considerando-se os métodos de amostragem e análise descritos no **Anexo C**.

Tabela 10: Parâmetros a serem analisados no Material Particulado em Suspensão (MPS).

Parâmetro	Unidade	Justificativa ^(a)
Carbono Orgânico Total	(%)	As concentrações de metais tendem a ter uma correlação com o teor de carbono orgânico e tamanhos de partícula mais finos ^(b)
Fósforo Total	(mg/Kg P)	Nutrientes associados aos processos de floração de fitoplâncton
Nitrogênio Total	(mg/Kg N)	
Nitrogênio Total Kjeldahl	(mg/Kg N)	Parâmetros associados às atividades de mineração. Quantificados em níveis elevados na água após o rompimento da barragem
Alumínio Total	(mg/Kg Al)	
Antimônio Total	%	
Arsênio Total	(mg/Kg As)	
Bário Total	(mg/Kg Ba)	
Boro Total	(mg/Kg B)	
Cádmio Total	(mg/Kg Cd)	
Chumbo Total	(mg/Kg Pb)	
Cobre Total	(mg/Kg Cu)	
Cromo Total	(mg/Kg Cr)	
Ferro Total	(%)	
Manganês Total	(%)	
Mercúrio Total	(mg/Kg Hg)	
Níquel Total	(mg/Kg Ni)	
Selênio Total	(mg/Kg Se)	
Vanádio Total	(mg/Kg V)	
Zinco Total	(mg/Kg Zn)	

(a) Justificativas conforme constam no documento anexo à Deliberação da CIF nº 17.

(b) Justificativa elaborada pela Golder.

4.4.5 Bioindicadores

Nos pontos localizados em rios e lagoas marginais (ver **Tabela 3**) serão avaliados bioindicadores que incluem fitoplâncton, perifíton e macroinvertebrados bentônicos (**Tabela 11**). O detalhamento da metodologia de amostragem e análise desses bioindicadores é apresentado no **Anexo C**.



Tabela 11: Bioindicadores a serem avaliados no PMQQS.

Bioindicador	Justificativa
Fitoplâncton – qualitativo e quantitativo (n° cel/mL)	Avalia a diversidade de organismos fitoplanctônicos e quantifica as espécies presentes, especialmente as cianobactérias que são potencialmente tóxicas. ^(a)
Perifíton	A comunidade perifítica é sensível à qualidade de água, sendo considerado importante bioindicador. Este bioindicador foi requisitado, de forma adicional, pelo IBAMA ^(b)
Macroinvertebrados bentônicos	Bioindicadores da recuperação da bacia, através da determinação dos índices saprobiótico e BMWP (<i>Biological Monitoring Working Party</i>). ^(b)

Nota:

(a) Justificativas conforme constam no documento anexo à Deliberação da CIF nº 17.

(b) Justificativa elaborada pela Golder.

4.4.6 Ensaios Ecotoxicológicos

Em todos os pontos localizados em rios e lagoas marginais (ver **Tabela 3**) serão realizados testes de ecotoxicidade crônica na água utilizando os organismos: *Ceriodaphnia dubia* e *Pseudokirchneriella subcapitata*.

Nos pontos RGN 06, RGN 08, RCA 02, RDO 01 e nos 14 pontos localizados nas lagoas marginais, serão feitos também testes de ecotoxicidade aguda na água utilizando os organismos *Danio rerio* e *Daphnia similis*.

Além disso, em todos os pontos localizados em rios e lagoas marginais (ver **Tabela 3**) serão realizados também testes de ecotoxicidade crônica em amostras de sedimentos com a preparação dos elutriados, utilizando a *Ceriodaphnia dubia*.

Os procedimentos de amostragem e análise para os ensaios ecotoxicológicos em água e sedimentos dos rios e lagoas são apresentados no **Anexo C**.

4.5 Tipologia das Estações

Após as visitas de campo realizadas pelos representantes da Fundação Renova e da Câmara Técnica de Segurança Hídrica e Qualidade de Água verificou-se a impossibilidade de medição de descarga líquida nos pontos RCP 01, RSA 01, RDO 06, RDO 08, RDO 10, RGU 01, RDO 10, RDO 13 e RDO 16. Para o ponto RSA 01, foi definido outro local exclusivamente para medição de descarga líquida, o ponto RSA 01M coincidente com estação fluviométrica da ANA (Naque Velho - código 56825000).

De acordo com a classificação da ANA, dependendo dos parâmetros medidos e equipamentos de cada estação de monitoramento, são adotadas as seguintes designações para tipologia destas conforme apresentada na **Tabela 12**.



Tabela 12: Tipologia das estações de monitoramento nos rios e lagoas do PMQQS.

Tipologia Estações	Fluviométrica Tipo FP (nível e precipitação)	Tipo D (descarga líquida)	Tipo S (descarga sólida)	Tipo Q (qualidade de água e sedimento)	Tipo T (telemetria)	Código Estações ⁽¹⁾
FPDSQT	X	X	X	X	X	RGN 08, RDO 01, RDO 07, RDO 09, RDO 12 e RDO 15
FPDQT	X	X		X	X	RGN 01, RGN 06, RCA 01, RCA 02, RDO 03, RMA 01, RDO 04, RDO 05, RSG 01, RCR 01, RMH 01, RDO 11 e RDO 14
FPQT	X			X	X	RDO 16, RDO 08 ⁽²⁾
DQ		X		X		RGN 02, RGN 03, RGN 04, RGN 05, RGN 07, RCA 03, RCA 04, RCA 05, RCA 06, RPG 01, RCP 02 e RSA 01 ⁽¹⁾
SQ			X	X		RDO 06
Q				X		RVD 03, RVD 04, RDO 16, RCP 01, RCP 03, RDO 10, RGU 01, RDO 13, LLM 01, LLM 02, LLM 03, LJP 01, LJP 02, LJP 03, LNV 01, LNV 02, LNV 03, LMN 01, LMN 02, LAL 01, LAO 01 e LAO 02
T					X	RDO 02 ⁽³⁾

(1) A estação RSA 01 contará com a medição de descarga líquida em um ponto específico, o RSA 01M.

(2) A estação RDO 08, além de medição de qualidade de água e sedimento, contará com estação telemétrica com sonda multiparamétrica.

(3) A estação RDO 02 contará com estação telemétrica com sonda multiparamétrica apenas.



5.0 PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO DE ÁGUA E SEDIMENTOS DA ZONA COSTEIRA E ESTUÁRIOS

5.1 Contextualização do Programa

A rede de monitoramento proposta para a zona estuarina e costeira se caracteriza como uma rede de tendência, ou seja, ela é definida em pontos representativos para o acompanhamento da evolução da qualidade das águas e sedimentos, a identificação de tendências e o apoio à elaboração de diagnósticos.

A seção do PMQQS para a Zona Costeira e Estuários, cujo escopo foi previamente definido no âmbito da Nota Técnica DT/Monitoramento Marinho nº16/2016, parte integrante do documento anexo à Deliberação CIF nº 17, apresenta forte interação com o Termo de Referência 04 da Câmara Técnica de Biodiversidade (CTBio), que apresenta as medidas de monitoramento necessárias ao atendimento à Cláusula 165 do TTAC. Após constatadas várias sobreposições de pontos amostrais e monitoramentos previstos entre o Termo de Referência 4 da CTBio e o PMQQS, a CT-SHQA solicitou, através da Nota Técnica nº 07, a exclusão de todos os pontos amostrais localizados além da isóbata de 10 metros de profundidade do PMQQS, pois os mesmos já estavam previstos no referido Termo da CTBio. Sendo assim, o PMQQS somente contemplará o monitoramento da qualidade da água e sedimentos em pontos de amostragem da zona estuarina e zona costeira.

5.2 Pontos de Amostragem

Com base na Nota Técnica DT / Monitoramento Marinho nº 016/2016 e, adicionalmente, considerando-se a Nota Técnica 08 da CT-SHQA, foram definidos 36 pontos representativos dos grupos Estuários e Zona Costeira:

- **Estuários:** Corresponde aos 18 pontos amostrais localizados em 11 estuários ao longo da costa central e norte do Espírito Santo e sul da Bahia. Em cada estuário foram definidos dois pontos a serem monitorados, um mais próximo e outro mais afastado da foz, com exceção do rio Doce e dos estuários do sul da Bahia, para os quais definiu-se apenas um ponto representativo da foz;
- **Zona Costeira:** Corresponde aos 18 pontos amostrais localizados ao longo da isóbata de 10 m na plataforma continental a norte e a sul da foz do rio Doce, entre os Municípios de Serra, no Espírito Santo, e Caravelas, na Bahia. Esses pontos são coincidentes com o final dos transecto de monitoramento de praias propostos pelo ICMBio no âmbito do Termo de Referência 4 - Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - Anexo 4 (Monitoramento de Potenciais Impactos do Rejeito de Minério de Ferro na Praia e Antepraia Adjacentes da Desembocadura do Rio Doce).

Os pontos dos grupos Zona Costeira e Estuarina são apresentados na **Tabela 13**. Em todos os pontos de monitoramento serão coletadas amostras em duas profundidades: superfície (15 cm abaixo da superfície do mar) e fundo (50 cm acima do leito submarino). Estas profundidades permitem avaliar a influência da pluma de sedimentos do rio sobre as camadas superficial e de fundo, que podem ser influenciadas de forma diferente por este fator e pela ressuspensão de sedimentos do fundo provocada por processos meteoceanográficos. Os pontos do grupo Zona Costeira indicam apenas a posição em relação à costa e serão deslocados em direção ao mar para coincidirem com a isóbata de 10 m durante a primeira campanha de campo.

Um mapa geral de todos os pontos de amostragem é apresentado na **Figura 6**. Para melhorar a visualização da exata localização de cada ponto são apresentados mapas setorizados na seguinte ordem: do setor sul, foz do rio Doce e setor norte da **Figura 7** à **Figura 9**.



Tabela 13: Localização dos Pontos de Amostragem do PMQS da Zona Costeira e Estuários. Datum horizontal: SIRGAS 2000.

Grupo	Município	Nome do Ponto de Amostragem	Código do Ponto de Amostragem		Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM		
			Novo	Antigo	Latitude	Longitude	Zona	Leste (m)	Sul (m)
Estuários	Caravelas/BA	Estuário Rio Caravelas/Caravelas	ERC 02	ERC 02	-17,751	-39,226	24 K	476094	8037314
	Nova Viçosa/BA	Estuário Rio Caravelas/Nova Viçosa	ERC 01	ERC 01	-17,902	-39,360	24 K	461911	8020599
	Mucuri/BA	Estuário Rio Mucuri	ERU 01	ERM 01	-18,093	-39,548	24 K	442063	7999449
	Conceição da Barra/ES	Estuário Itaúnas 01	EIT 01	EIT 01	-18,535	-39,731	24 K	422889	7950499
	Conceição da Barra/ES	Estuário Itaúnas 02	EIT 02	EIT 02	-18,525	-39,732	24 K	422753	7951524
	Conceição da Barra/ES	Estuário Cricaré 01	ECR 01	ECR 01	-18,600	-39,731	24 K	422829	7943282
	Conceição da Barra/ES	Estuário Cricaré 02	ECR 02	ECR 02	-18,597	-39,753	24 K	420526	7943628
	São Mateus/ES	Estuário Barra Nova 01	EBN 01	EBN 01	-18,953	-39,741	24 K	421995	7904161
	São Mateus/ES	Estuário Barra Nova 02	EBN 02	EBN 02	-18,954	-39,751	24 K	420969	7904142
	Linhares/ES	Estuário Rio Ipiranga 01	ERI 01	EUR 01	-19,108	-39,721	24 K	424140	7887067
	Linhares/ES	Estuário Rio Ipiranga 02	ERI 02	EUR 02	-19,115	-39,725	24 K	423749	7886264
	Linhares/ES	Estuário Rio Doce 01	ERD 01	ES 07	-19,601	-39,802	24 K	415914	7832493
	Aracruz/ES	Estuário Rio Riacho 01	ERR 01	ERR 01	-19,831	-40,059	24 K	389085	7806857
	Aracruz/ES	Estuário Rio Riacho 02	ERR 02	ERR 02	-19,825	-40,059	24 K	389124	7807504
	Aracruz/ES	Estuário Piraquê-Açú 01	EPA 01	EPA 01	-19,951	-40,153	24 K	379342	7793472
	Aracruz/ES	Estuário Piraquê-Açú 02	EPA 02	EPA 02	-19,949	-40,174	24 K	377101	7793777
	Fundão/ES	Estuário Rio Reis Magos 01	ERM 01	ERM 01	-20,055	-40,192	24 K	375333	7781963
	Fundão/ES	Estuário Reis Magos 02	ERM 02	ERM 02	-20,049	-40,194	24 K	375111	7782684



PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMA DE ÁGUA E SEDIMENTOS

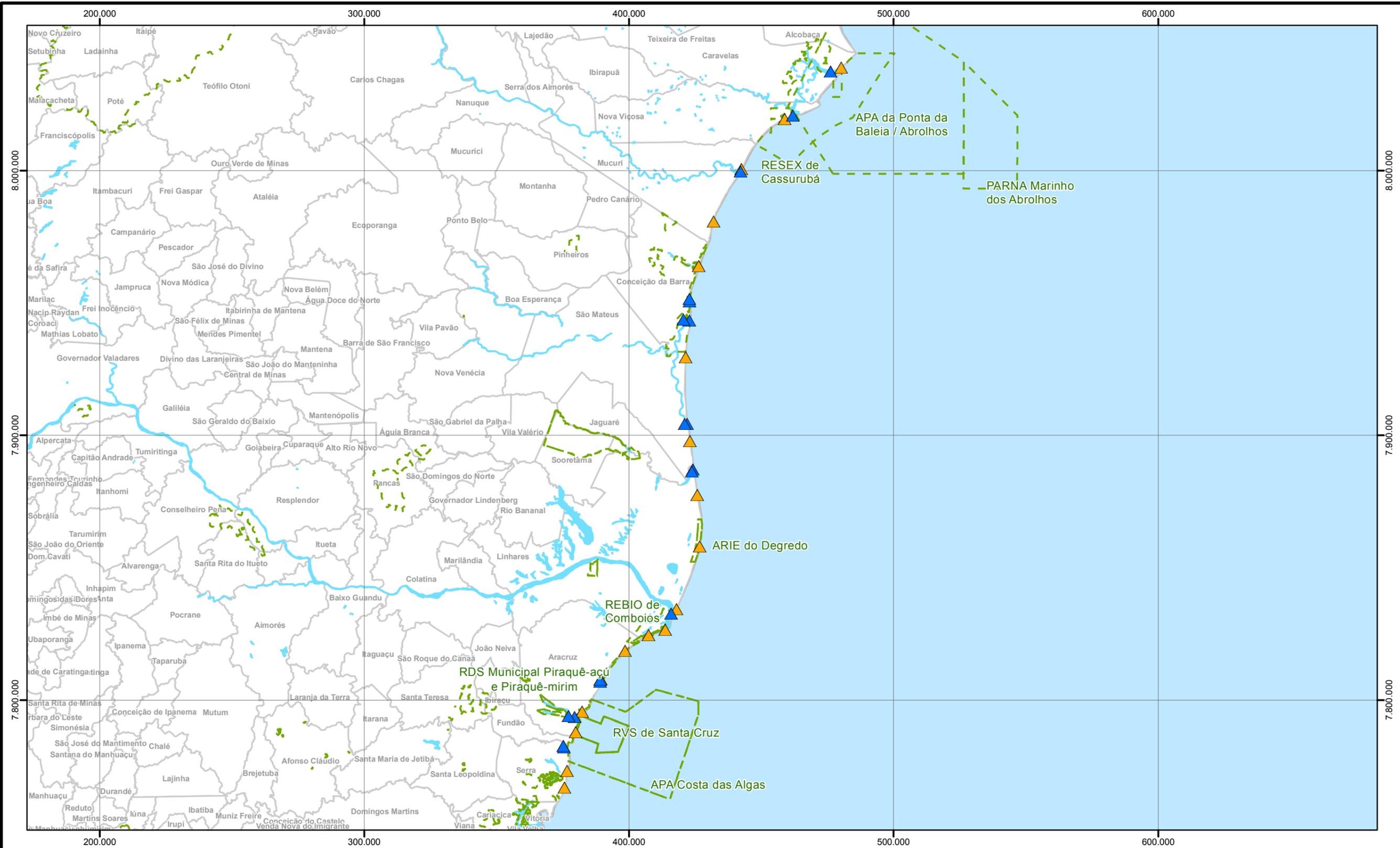
PREPARADO PARA:



Grupo	Município	Nome do Ponto de Amostragem	Código do Ponto de Amostragem		Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM		
			Novo	Antigo	Latitude	Longitude	Zona	Leste (m)	Sul (m)
Zona Costeira	Aracruz/ES	Refúgio	ZCS 01	S1	-20,002	-40,148	24 K	379909	7787892
	Aracruz/ES	Padres	ZCS 02	S2	-19,933	-40,125	24 K	382271	7795558
	Aracruz/ES	Barra do Riacho	ZCS 03	S3	-19,823	-40,057	24 K	389347	7807767
	Aracruz/ES	Comboios	ZCS 04	S4	-19,726	-39,969	24 K	398484	7818546
	Linhares/ES	Regência	ZCS 05	S5	-19,669	-39,869	24 K	408882	7824964
	Linhares/ES	Regência	ZCS 06	S5-R	-19,666	-39,861	24 K	409695	7825282
	Serra/ES	Jacaraípe	ZCS 07	S6	-20,135	-40,182	24 K	376487	7773128
	Serra/ES	Manguinhos	ZCS 08	S7	-20,191	-40,191	24 K	375537	7766940
	Linhares/ES	Povoação	ZCN 01	N1	-19,584	-39,783	24 K	417864	7834350
	Linhares/ES	Vila de Cacimbas	ZCN 02	N2	-19,371	-39,698	24 K	426647	7857980
	Linhares/ES	Pontal do Ipiranga	ZCN 03	N3	-19,195	-39,706	24 K	425785	7877396
	São Mateus/ES	Urussuquara	ZCN 04	N4	-19,011	-39,731	24 K	423027	7897769
	São Mateus/ES	Guriri	ZCN 05	N5	-18,724	-39,746	24 K	421309	7929528
	São Mateus/ES	Itaúnas	ZCN 06	N6	-18,414	-39,698	24 K	426318	7963864
	Mucuri/BA	Costa Dourada	ZCN 07	N7	-18,263	-39,645	24 K	431856	7980580
	Mucuri/BA	Mucuri	ZCN 08	N8	-18,083	-39,544	24 K	442408	8000527
	Nova Viçosa/BA	Nova Viçosa	ZCN 09	N9	-17,914	-39,389	24 K	458781	8019324
Caravelas/BA	Ponta de Areia	ZCN 10	N10	-17,738	-39,187	24 K	480173	8038778	

Nota:

UTM = Universal Transversa de Mercator.



LEGENDA

- ▲ Pontos de Monitoramento Estuários
- ▲ Pontos de Monitoramento Zona Costeira
- Unidades de conservação
- Limite municipal
- Limite estadual



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 24K. Meridiano Central: 51° WGR
Datum Horizontal: SIRGAS 2000



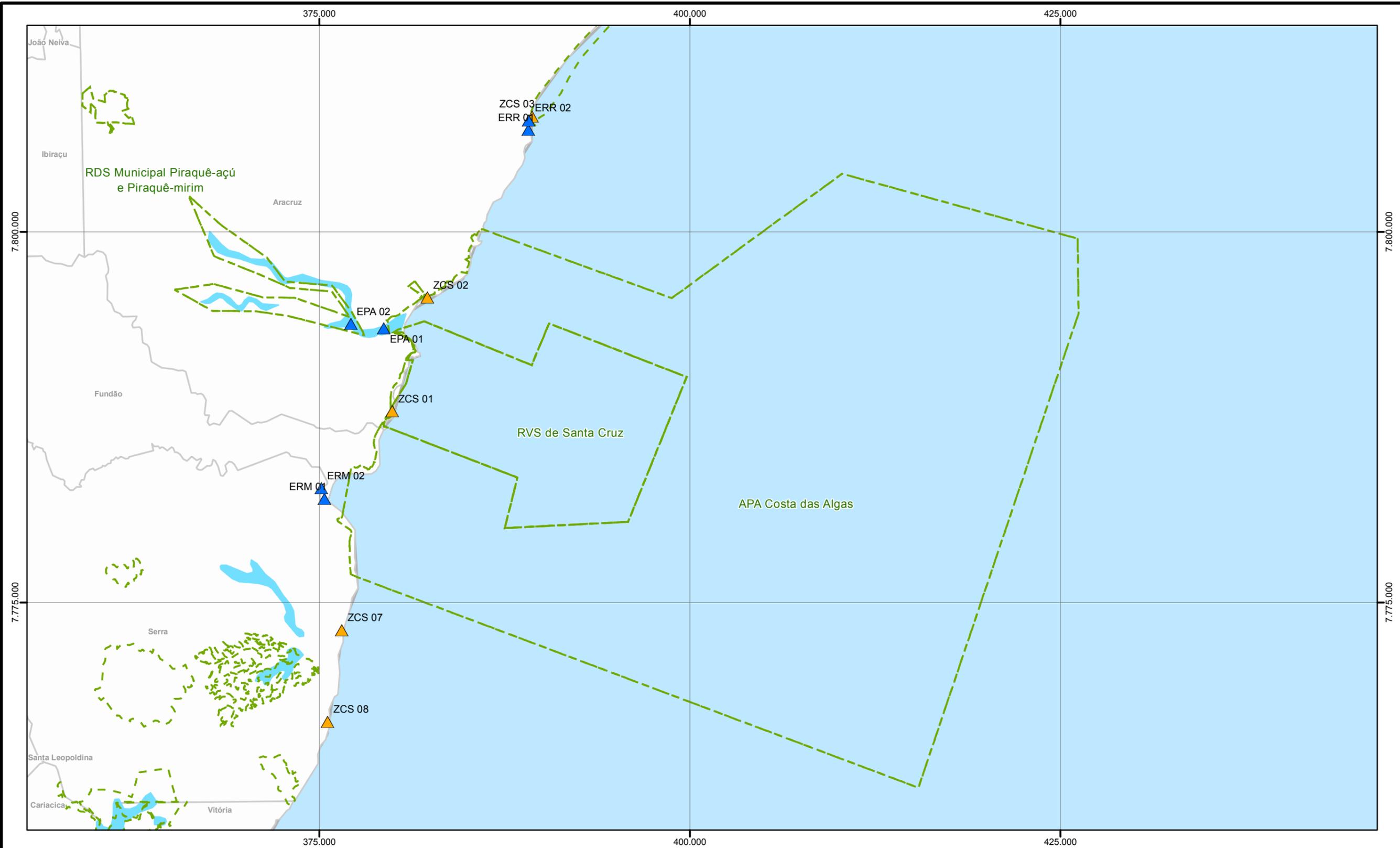
ESCALA 1:1.400.000

PROJETO
PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO
SISTEMÁTICO DE ÁGUA E SEDIMENTOS

TÍTULO
**PONTOS DE MONITORAMENTO DA ZONA COSTEIRA NO
PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO
SISTEMÁTICO**



NÚMERO PROJETO	169-515-2282	ESCALA INDICADA	REV. 4
DESIGN	RAL 02 Mai. 2016	FIGURA 6	
GIS	ECR 21 Feb. 2017		
VER	GE 21 Feb. 2017		
APROV	AAF 21 Feb. 2017		



LEGENDA

- | | |
|--------------------------------|-------------------------|
| Pontos de Monitoramento | Unidades de conservação |
| Estuários | Limite municipal |
| Zona Costeira | Limite estadual |

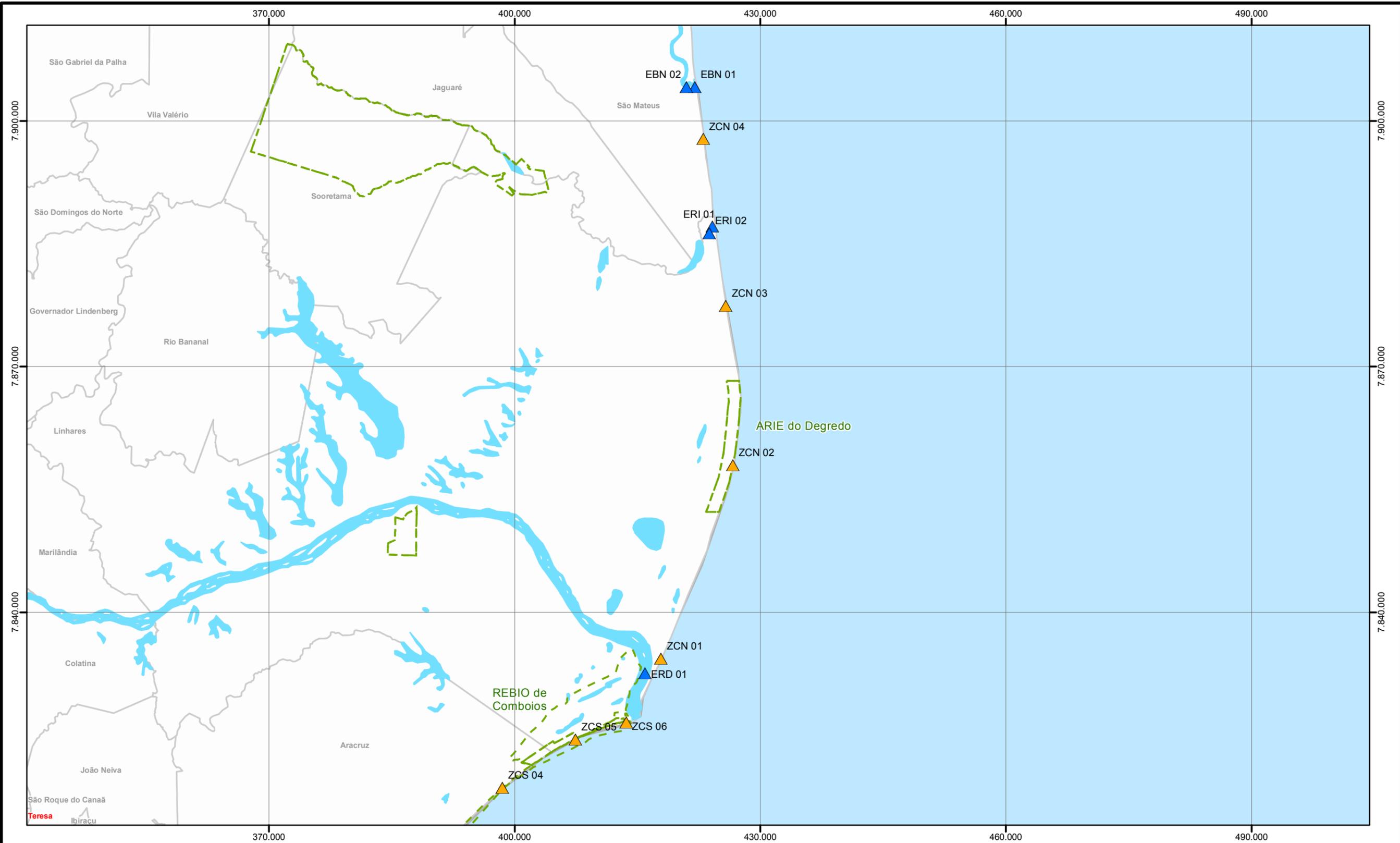


Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 24K. Meridiano Central: 51° WGR
Datum Horizontal: SIRGAS 2000



ESCALA 1:250.000

PROJETO PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO DE ÁGUA E SEDIMENTOS			
TÍTULO PONTOS DE MONITORAMENTO DA ZONA COSTEIRA NO PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO - SETOR SUL			
	NÚMERO PROJETO	169-515-2282	ESCALA INDICADA
	DESIGN	RAL 02 Mai. 2016	REV. 4
	GIS	ECR 21 Fev. 2017	FIGURA 7
	VER	GE 21 Fev. 2017	
APROV	AAF 21 Fev. 2017		



LEGENDA

- | | |
|--------------------------------|-------------------------|
| Pontos de Monitoramento | Unidades de conservação |
| Estuários | Limite municipal |
| Zona Costeira | Limite estadual |

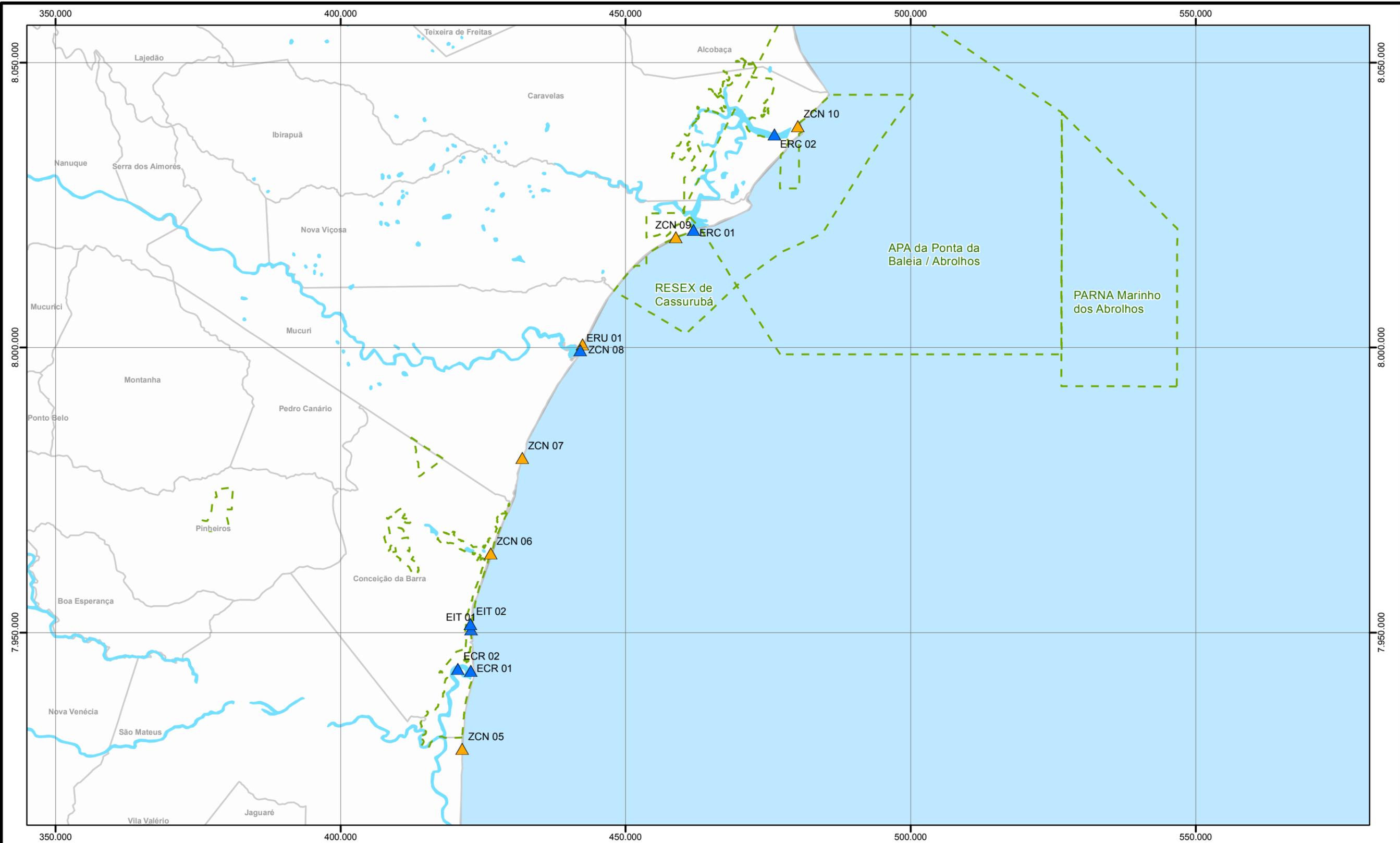


Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 24K. Meridiano Central: 51° WGR
Datum Horizontal: SIRGAS 2000



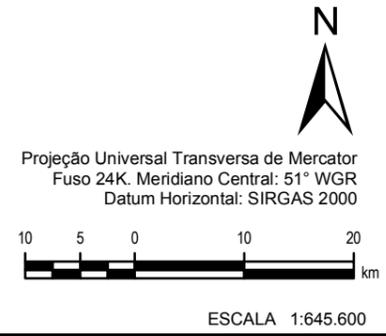
ESCALA 1:450.000

PROJETO			
PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO DE ÁGUA E SEDIMENTOS			
TÍTULO			
PONTOS DE MONITORAMENTO DA ZONA COSTEIRA NO PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO - FOZ DO RIO DOCE			
	NÚMERO PROJETO	169-515-2282	ESCALA INDICADA
	DESIGN	RAL 02 Mai. 2016	REV. 4
	GIS	ECR 21 Fev. 2017	FIGURA 8
	VER	GE 21 Fev. 2017	
APROV	AAF 21 Fev. 2017		



LEGENDA

- | | |
|--------------------------------|-------------------------|
| Pontos de Monitoramento | Unidades de conservação |
| Estuários | Limite municipal |
| Zona Costeira | Limite estadual |



PROJETO PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO DE ÁGUA E SEDIMENTOS			
TÍTULO PONTOS DE MONITORAMENTO DA ZONA COSTEIRA NO PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO - SETOR NORTE			
	NÚMERO PROJETO 169-515-2282	ESCALA INDICADA	REV. 4
	DESIGN RAL 02 Mai. 2016	FIGURA 9	
	GIS ECR 21 Feb. 2017		
	VER GE 21 Feb. 2017		
APROV AAF 21 Feb. 2017			



5.3 Frequência de Amostragem

As amostragens de água e sedimento dos pontos da zona costeira e estuarina serão realizadas com frequência mensal. Preferencialmente, serão selecionados os dias do mês no período de transição entre marés de quadratura e sizígia, de forma a se considerar uma condição intermediária em termos de intensidade de correntes de maré, fator oceanográfico identificado como relevante para a variabilidade espaço-temporal da qualidade de água em curto prazo de acordo com os resultados do monitoramento de qualidade de água e sedimentos que vem sendo desenvolvido pela Fundação. As amostragens serão realizadas no menor intervalo de tempo possível em cada mês, evitando-se assim maior variância temporal entre pontos.

5.4 Parâmetros a Serem Monitorados

Os parâmetros de qualidade da água e sedimentos a serem monitorados incluem parâmetros físico-químicos, pigmentos fitoplanctônicos, nutrientes, e metais dissolvidos e totais. Os parâmetros são divididos entre parâmetros de campo e de análise laboratorial.

Além dos parâmetros de qualidade requisitados pela CT-SHQA, foi mantida a avaliação de metais nas amostras de água, nas formas total e dissolvida em todos os casos, já que, como as análises de metais são feitas por varreduras de amplo espectro, o esforço adicional para determinar vários metais é relativamente pequeno.

Os procedimentos de amostragem de água e sedimentos e de análise dos parâmetros encontram-se descritos no **Anexo C**. A análise das amostras será realizada por laboratórios acreditados nos termos da ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

5.4.1 Parâmetros de qualidade de água e sedimentos de amostragem manual

5.4.1.1 Parâmetros de Campo

Os parâmetros de campo que serão analisados durante o monitoramento da qualidade de água dos pontos da zona costeira e estuarina são apresentados na **Tabela 14**.

Tabela 14: Parâmetros de campo para monitoramento da qualidade de água na zona costeira e estuarina.

Parâmetro	Unidade	Justificativa ^(a)
Condutividade elétrica	µS/cm	Permite avaliar indiretamente alterações na composição iônica da água.
Salinidade	-	Permite classificar o ambiente entre salino ou estuarino ^(b)
Temperatura da água	°C	Parâmetro básico necessário para determinação de diversos outros parâmetros.
pH	-	Parâmetro básico necessário para determinação de diversos outros parâmetros.
Turbidez	UNT	Parâmetro relacionado à penetração de luz solar na água e de descarga de corpos hídricos
Potencial de oxi-redução (ORP)	mV	Contribui para a descrição geral da qualidade da água ^(b)
Oxigênio Dissolvido	mg/L	Parâmetro básico necessário para avaliar indiretamente a contaminação por substâncias biologicamente oxidáveis na água
Oxigênio Dissolvido (% saturação)	%	

Nota:

mg/L = miligramas por litro; µS/cm = microSiemens por centímetro; UNT = Unidade Nefelométrica de Turbidez

(a) Justificativas conforme constam no documento anexo à Deliberação da CIF nº 17.

(b) Justificativas elaboradas pela Golder.



Adicionalmente, serão realizadas perfilagens verticais utilizando aparelhos do tipo *Conductivity, Temperature, Depth* (CTD), que medirão os parâmetros listados na **Tabela 15**.

Tabela 15: Parâmetros de perfilagem por CTD para monitoramento da qualidade de água na zona costeira e estuarina.

Parâmetro	Unidade	Justificativa
Salinidade	-	Permite avaliar o grau de estratificação da coluna d'água e, por consequência, explicar possíveis diferenças de qualidade de água entre as amostras de superfície e fundo
Condutividade elétrica	μS/cm	
Temperatura da água	°C	
Pressão	dbar	
Turbidez	UNT	
Oxigênio Dissolvido	mg/L	

Além dos parâmetros quantitativos descritos acima, os sedimentos serão também submetidos, em campo, a uma análise qualitativa, que visa identificar visualmente a presença e a espessura de camadas de rejeitos, como descrito no **Anexo C**.

5.4.1.2 Parâmetros com Análise Laboratorial

Os parâmetros que serão analisados em laboratório e seu detalhamento e lógica para inclusão estão listados na **Tabela 16**, para qualidade de água, e na

Tabela 17, para qualidade de sedimentos.

Tabela 16: Parâmetros de qualidade de água do PMQSS nos pontos da zona costeira e estuarina.

Parâmetro	Unid.	Justificativa ^(a)
pH	-	Parâmetro básico necessário para determinação de diversos outros parâmetros.
Condutividade elétrica	μS/cm	Permite avaliar indiretamente alterações na composição iônica da água.
Alcalinidade Total	mg/L de CaCO ₃	Necessário para avaliação de QA/QC ^(b)
Dureza Total	mg/L de CaCO ₃	Necessário para avaliação de QA/QC ^(b)
Material Particulado em Suspensão	mg/L	Parâmetro relacionado à penetração de luz solar na água e de descarga de corpos hídricos.
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	Necessário para avaliação de QA/QC ^(b)
Carbono orgânico total	mg/L	Parâmetro complementar à DBO, que avalia a presença de compostos orgânicos oxidáveis não biodegradáveis.
Carbono orgânico dissolvido	mg/L	Necessário para avaliação de QA/QC ^(b)



Parâmetro	Unid.	Justificativa ^(a)
Clorofila-a	µg/L	Parâmetro utilizado para avaliar a ocorrência de florações de fitoplâncton
Fcoftina		
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	mg/L	Parâmetro associado à ocorrência de processos anaeróbios de decomposição de matéria orgânica
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	UFC/100 mL	Parâmetro que avalia a contaminação por fezes humanas e a presença potencial de outros organismos patogênicos da mesma origem
Nitrato	mg/L	Parâmetros associados ao lançamento de esgotos sanitários e decorrentes da decomposição de substâncias nitrogenadas utilizadas no processo de tratamento de minério.
Nitrito	mg/L	
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	Parâmetros determinantes para a ocorrência de florações de fitoplâncton.
Fósforo total	mg/L	Parâmetros associados ao lançamento de esgotos sanitários
Fósforo Dissolvido	mg/L	
Polifosfatos	mg/L	Fósforo dissolvido fornece uma estimativa melhor das formas biodisponíveis ^(b) Parâmetros determinantes para a ocorrência de florações de fitoplâncton.

Metais e Metalóides (formas total e dissolvida)

Alumínio	mg/L	Inclui parâmetros associados a atividades de mineração. Inclui parâmetros que foram detectados em níveis elevados após a ruptura da barragem
Antimônio	mg/L	
Arsênio	mg/L	
Bário	mg/L	
Berílio	mg/L	
Boro	mg/L	
Cádmio	mg/L	
Cromo	mg/L	
Cobalto	mg/L	
Cobre	mg/L	
Ferro	mg/L	
Chumbo	mg/L	
Manganês	mg/L	
Mercúrio	mg/L	
Molibdênio	mg/L	
Níquel	mg/L	
Prata	mg/L	
Selênio	mg/L	
Vanádio	mg/L	
Zinco	mg/L	

(a) Justificativas conforme constam no documento anexo à Deliberação da CIF nº 17.

(b) Justificativas elaboradas pela Golder.



Tabela 17: Parâmetros para Monitoramento da Qualidade de Sedimentos.

Parâmetro	Unid.	Justificativa
pH	-	Fornecem uma descrição geral da qualidade do sedimento.
Potencial Redox (ORP)	mV	
Distribuição granulométrica	%	
Carbono orgânico total	%	As concentrações de metais geralmente apresentam correlação com o teor de carbono orgânico e a granulometria
Fósforo Total	mg/kg	Nutrientes são importantes componentes da matéria orgânica sedimentar
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	
Teor de Carbonatos	%	Fornecem uma descrição geral das características dos sedimentos e, no caso da mineralogia, possíveis indicadores da presença de rejeitos
Mineralogia (Minerais pesados)	%	
Argilominerais	%	
Alumínio	mg/kg	Inclui parâmetros associados a atividades de mineração detectados na água após a ruptura da barragem ^(a)
Antimônio	mg/kg	
Arsênio	mg/kg	
Bário	mg/kg	
Berílio	mg/kg	
Boro	mg/kg	
Cádmio	mg/kg	
Cromo	mg/kg	
Cobalto	mg/kg	
Cobre	mg/kg	
Estrôncio	mg/kg	
Ferro	mg/kg	
Chumbo	mg/kg	
Manganês	mg/kg	
Mercúrio	mg/kg	
Molibdênio	mg/kg	
Níquel	mg/kg	
Selênio	mg/kg	
Prata	mg/kg	
Vanádio	mg/kg	
Zinco	mg/kg	

Nota:

mg/kg = miligramas por quilograma; - = não aplicável.

(a) Justificativas conforme constam no documento anexo à Deliberação da CIF nº 17.

5.4.2 Caracterização da hidrodinâmica marinha

Para a caracterização hidrodinâmica, serão estabelecidas linhas de fundeio em 5 (cinco) pontos na Plataforma Continental, compostos por ADPs (medição de ondas e correntes) e sensores de temperatura, salinidade, fluorescência e turbidez, conforme diretrizes apresentadas no Termo de Referência 4 - Anexo 3 do ICMBio.



Este escopo fará parte do monitoramento marinho executado sob acompanhamento da Câmara Técnica de Biodiversidade – CTBio.

5.4.3 Fauna Bentônica

A Fauna Bentônica será avaliada em todos os pontos da zona costeira e estuarina como um dos parâmetros de qualidade de sedimentos a serem monitorados. A análise dos dados de organismos da meiofauna e macrofauna bentônica irá considerar os seguintes parâmetros:

- Densidade e biomassa total de organismos;
- Índices de diversidade (Simpson e Shannon H') e equitatividade de Pielou J' (e seus erros entre réplicas) (Magurran, 2004);
- Composição faunística predominante em cada área (e.g., ranque de dominância de grupos) com sua respectiva densidade.

Os procedimentos de amostragem e análise da fauna bentônica da zona costeira e estuarina são descritos no **Anexo C**.

6.0 COMUNICAÇÃO E GESTÃO DE INFORMAÇÕES

6.1 Documentação de Campo

Os formulários de cadeia de custódia serão utilizados para relatar as condições de campo identificadas no momento da coleta, registro dos resultados das análises de campo além de rastrear o transporte das amostras até o laboratório.

As amostras serão entregues ao laboratório respeitando as devidas condições de preservação da amostra recomendadas para cada parâmetro (vide **Anexo C**), devidamente identificadas e acompanhadas das cadeias de custódias devidamente preenchidas conforme apresentado no **Anexo A**.

6.2 Gestão de Informações no Laboratório

A partir do recebimento das amostras no laboratório, estas amostras serão submetidas às respectivas análises conforme descritas no Anexo C.

Todos os resultados das análises de campo e de laboratório serão fornecidos em arquivos de texto com campos separados por vírgula (CSV), assim como detalhado no **Anexo A**.

Todos os laudos originais de análises laboratoriais, atestados por profissional habilitado junto ao Conselho Regional de Química (CRQ) ou ao Conselho Regional de Biologia (CRBio), bem como as memórias dos cálculos analíticos, serão arquivados pelo laboratório durante 05 (cinco) anos, de maneira acessível para posteriores avaliações técnicas dos órgãos competentes.

6.3 Comunicação dos Dados

Os dados medidos pelas estações automáticas TIPO I e TIPO II serão transmitidos via rede de telefonia celular 3G ou via satélite, a depender da disponibilidade de sinal na localidade, em intervalos de 1 hora. Os dados medidos pelas estações serão armazenados localmente em *dataloggers* e enviados pela internet para um banco de dados acessível via portal web com acesso mediante apresentação de usuário e senha, os quais serão distribuídos aos órgãos integrantes da CT-SHQA (ANA, IGAM, IEMA, IBAMA, ICMBio e AGERH).



Os dados brutos de todas as amostragens manuais serão enviados aos órgãos ambientais participantes da CT-SHQA e ao CIF 10 dias após a emissão dos laudos pelo laboratório. Os dados serão disponibilizados via Sistema MP5 (Sistema atualmente utilizado pela Fundação Renova como banco de dados ambientais). Os dados serão continuamente alimentados no MP5, portanto, será enviado uma listagem quinzenalmente informando quais laudos de quais campanhas de amostragem foram carregados aos e-mails cadastrados a serem indicados posteriormente pela CT-SHQA.

Todos os dados medidos pelo PMQQS serão inseridos no MP5 e será disponibilizado um login e senha para acesso pelos órgãos integrantes da CT-SHQA (ANA, IGAM, IEMA, IBAMA, ICMBio e AGERH). Os laudos originais serão acessíveis pela plataforma. Todo resultado no banco de dados terá um link para o laudo original em formato PDF.

Sempre que os **níveis de alerta**, emitidos a partir de dados de campo obtidos em tempo real, forem ultrapassados (vide seção 4.3.1), será realizada comunicação imediata aos os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos (ANA, IGAM, IEMA, IBAMA, ICMBio e AGERH), aos responsáveis pelos sistemas de abastecimento de água para consumo humano, à Defesa Civil e à CT-SHQA.

6.4 Relatórios

Os resultados do monitoramento serão apresentados em relatórios técnicos trimestrais e anuais, com a consolidação e análise interpretativa dos dados gerados pelo monitoramento, que serão enviados ao CIF, IGAM, IEMA, AGERH, ANA, IBAMA e ao ICMBio.

Os relatórios trimestrais conterão o seguinte conteúdo mínimo:

- **Introdução:** irá conter breve e objetiva contextualização da área em estudo;
- **Metodologia:** serão apresentadas, no mínimo, as metodologias utilizadas para coleta e análise (de cada parâmetro); mapas georreferenciados com a localização dos pontos de coleta por trechos, conforme definido no PMQQS. As unidades de medida dos parâmetros apresentados ser expressas conforme definido no PMQQS;
- **Resultados:** serão apresentados em conjunto com séries históricas anteriores ao rompimento da barragem de Fundão, disponíveis nos órgãos ambientais e de recursos hídricos para a região amostrada, com indicação dos níveis de conformidade e referência preconizados na legislação brasileira e, em sua ausência, com base em normas internacionalmente reconhecidas ou literatura técnica publicada. A análise crítica será apresentada por parâmetro. Para os pontos que tiverem estação automática, serão apresentados gráficos contendo informações acerca do nível do rio. Tais gráficos serão apresentados em escala adequada para a clara visualização de todos os dados (utilização de escala logarítmica).
 - Para as séries históricas, serão utilizados os dados disponíveis que se encontram atualizados nos respectivos sites da: ANA, AGERH, IEMA e IGAM, como referência para fins de comparação;
 - Os dados a serem apresentados nos relatórios trimestrais apresentados serão cumulativos.
- **Conclusão:** breve conclusão dos resultados apresentados.

Além dos Relatórios Trimestrais, serão elaborados relatórios ao final de cada ciclo de doze meses de monitoramento contendo, além do roteiro acima citado, análise do impacto ao meio ambiente e sobre os principais usos dos recursos hídricos, tais como abastecimento humano, dessedentação animal, pesca, irrigação e geração de energia, além das análises de tendência, espacial e temporal, por parâmetro.



6.5 Análise e Divulgação dos Resultados

A análise técnica dos dados e relatórios gerados pelo PMQQS será realizada pelo Grupo Técnico de Acompanhamento, cuja composição será indicada pela CT-SHQA. Cada órgão envolvido na análise poderá verificar tais dados e informará ao Grupo Técnico de Acompanhamento qualquer alteração ou problema importante para tomada de decisão ou intervenção que o caso requeira.

Para a consolidação e análise dos dados obtidos, o Grupo Técnico de Acompanhamento realizará reuniões presenciais trimestrais custeadas pela Fundação Renova, com duração mínima de 2 dias e participação de técnicos da ANA, do IGAM, do IEMA, da AGERH, do IBAMA e do ICMBio.

Para divulgação dos resultados pelos órgãos públicos, o Grupo Técnico de Acompanhamento informará os resultados às Câmaras Técnicas, dentro de suas esferas de competência - tendo em vista que o PMQQS engloba o monitoramento de temas acompanhados por diversas Câmaras Técnicas - e estas ao CIF. Caberá ao CIF definir a pertinência e oportunidade da divulgação de informações sobre a qualidade de água e sedimentos para a sociedade.

7.0 CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DO PMQQS

O cronograma detalhado de implantação do PMQQS, elaborado pela Fundação Renova, é apresentado no **Anexo E**.

8.0 DURAÇÃO DO PMQQS E REVISÕES PERIÓDICAS

O PMQQS terá duração de 10 anos, tempo previsto no TTAC para a execução das ações compensatórias e de recuperação ambiental da bacia do rio Doce, de forma a assegurar o acompanhamento das intervenções e suas consequências na qualidade de água, bem como acompanhar as alterações promovidas na bacia, decorrentes das medidas reparatórias e compensatórias, na qualidade das águas do rio Doce.

O IGAM, o IEMA, a AGERH, a ANA, o IBAMA e o ICMBio indicarão técnicos para compor Grupo Técnico de Acompanhamento que ficará responsável por estabelecer cronograma de reuniões periódicas de avaliação contínua do programa de monitoramento. O Programa de monitoramento implantado deverá ser revisto pelo Grupo Técnico de Acompanhamento a cada 02 anos. Com base nos resultados reportados nos relatórios trimestrais, o Grupo Técnico de Acompanhamento realizará avaliações críticas do PMQQS, também com uma frequência trimestral, e, caso necessário, poderá requisitar adequações a este programa adicionais às revisões bianuais.

9.0 EQUIPE TÉCNICA

Equipe técnica responsável pela elaboração do presente relatório.

Nome	Instituição	Função
J.P. Bechtold, M.A.Sc.	Golder Associates	Coordenação Geral / Revisão Sênior
Luis Melges, Dr.	Golder Associates	Revisão Sênior de Qualidade de Água e Sedimento Marinhos
Antônio Freitas, Dr.	Golder Associates	Revisão Sênior
Gabriela Mello, M.Sc.	Golder Associates	Coordenação do PMQQS do Rio Doce
Gustavo Estrada, Dr.	Golder Associates	Coordenação do PMQQS da Zona Costeira e Estuários



Nome	Instituição	Função
Gabriela Rodrigues, M.Sc.	Golder Associates	Elaboração dos Procedimentos de Amostragem e Análise Química
Angelo Fraga Bernardino, Dr.	UFES	Elaboração do Componente de Fauna Bentônica Marinha
Maurea Flynn, Dra.	UNICAMP	Elaboração do Componente de Fauna Bentônica Aquática Continental
Helvécio Duarte	Golder Associates	Elaboração do PMQQS do Rio Doce
Eduardo Richard, M.Sc.	Golder Associates	Elaboração do PMQQS da Zona Costeira e Estuários
Augusto Cesar Oliveira	Golder Associates	Elaboração do Programa de QA/QC
Fernando Tomé	Golder Associates	Elaboração do PMQQS do Rio Doce
Camila Cotrim	Golder Associates	Estagiária

Equipe técnica da Fundação Renova responsável pela coordenação do PMQQS.

Nome	Instituição	Função
Thiago Marchezi Doelinger	Fundação Renova	Gerente Executivo de Programas Socioambiental
Yone Melo de F. Fonseca	Fundação Renova	Líder Programa de Programa Socioambiental
Allan Suhett Reis	Fundação Renova	Analista de Programa Socioambiental
Brígida Gusso Maioli	Fundação Renova	Especialista de Programa Socioambiental
Luciano França Rocha	Fundação Renova	Engenheiro de Automação
Mariana Barcelos C. Werneck	Fundação Renova	Analista de Meio Ambiente

10.0 REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (ANA). Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras. Água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília, 326p. 2012.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington, DC, USA. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). NBR 9.898:1987. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). NBR ISO/IEC 17025:2005 Versão Corrigida 2:2006. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). Norma ABNT NBR 15.469:2015. Ecotoxicologia - Coleta, preservação e preparo de amostras. 2015.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Fitoplâncton de água doce: métodos qualitativos e quantitativo – Método de ensaio. São Paulo. Norma Técnica L5. 303. 23p. 2005.

CONAMA, Resolução. 357/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, 2005.

CONAMA, Resolução. 454/2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional, 2012.



CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM), CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CERH-MG). Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH no. 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário do Executivo "Minas Gerais", 20/05/2008.

MAGURRAN, A. Measuring species diversity. Blackwell Science, Oxford. 2004.

SIEGEL, S. Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences. McGraw-Hill, Tokyo. 1956.

SOKAL, R.R.; ROLF, F. Biometry. Freeman, New York. 2012.

ZAR, J. H. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, New Jersey. 2010.

GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.

Antônio Freitas
Engº. Químico Sênior, PhD

AF/JP/aes

Golder, Golder Associates e os símbolos GA e globo são marcas registradas da Golder Associates Corporation.

q:\3-projetos\2015\2-meio ambiente\159 515 2282_samarco\3-relatorio\rt - relatório técnico\rt-029_159-515-2282_09-j\1-texto\rt-029_159-515-2282_09-j.docx



ANEXO A

Procedimentos do Protocolo de Controle de Segurança da Qualidade dos Dados (QA/QC).



GARANTIA DE QUALIDADE E CONTROLE DE QUALIDADE (QA/QC)

Esse Anexo apresenta o programa de Garantia e Controle da Qualidade (QA/QC) que será adotado no Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos (PMQQS).

1.0 OBJETIVO

Este programa de QA/QC tem como objetivo fornecer informações que permitam assegurar e garantir a precisão e acurácia dos resultados obtidos no âmbito do PMQQS. Para isso este programa fornece diretrizes gerais de controle e garantia de qualidade a serem observadas nos procedimentos de amostragem, preparação de amostras, medições de campo e análises químicas, cuja descrição é apresentada no Anexo C, bem como informações sobre a gestão das informações a serem geradas nesse processo.

2.0 METODOLOGIA

As seguintes referências padrões serão usadas para validar os resultados das análises de laboratório:

- ANA e CETESB (2012). Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos;
- ABNT NBR ISO/IEC 17025/2005 (ABNT 2005): estabelece requisitos gerais para a competência de laboratórios e calibração no Brasil;
- DOQ-CGCRE-008/2011 (INMETRO 2011): compreende orientações sobre validação de métodos analíticos;
- ABNT NBR 16435/2015 (ABNT 2015): estipula procedimentos para avaliar a qualidade de controle amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas;
- USEPA-540-R-10-011 (USEPA 2010): descreve o programa de controle de qualidade (QA/QC) para análise de componentes inorgânicos pela U.S. Environmental Protection Agency (USEPA);
- USEPA-540-R-2016-002 (USEPA 2016): descreve o programa de controle de qualidade (QA/QC) para análise de compostos orgânicos pela U.S. Environmental Protection Agency (USEPA).

2.1 Garantia da Qualidade (QA)

A garantia da qualidade (QA) no processo de amostragem e análises laboratoriais será assegurada considerando:

- Contratação de laboratório acreditado pela NBR ISO 17025 para os parâmetros que serão analisados no PMQQS;
- Capacitação técnica da equipe responsável;
- Definição dos procedimentos de amostragem e análise, bem como especificação de equipamentos e materiais baseada no Anexo C;
- Avaliação prévia dos acessos e infraestrutura disponível, incluindo a logística de transporte de amostras;



ANEXO A

Procedimentos do Protocolo de Controle de Segurança da Qualidade dos Dados (QA/QC)

- Requisitos para os equipamentos de medição em campo das campanhas de amostragem manual;
 - Verificação ou ajuste: operação destinada a fazer com que um instrumento de medição tenha desempenho compatível com o seu uso. O ajuste será realizado antes de cada campanha de amostragem, com materiais de referência rastreáveis, produzidos por laboratório acreditado pelo INMETRO e que possuam certificado de calibração válidos;
 - Descontaminação dos equipamentos: Dentre os diversos equipamentos utilizados nas atividades de amostragem, parte são descartáveis e parte utilizados com frequência (não descartáveis). A aquisição de equipamentos descartáveis conforme demanda de projeto, a fim de evitar o armazenamento destes materiais, e a limpeza de equipamentos não descartáveis para cada amostra analisada visam evitar possibilidades de contaminação cruzada entre áreas de interesse ou pontos de amostragem. O procedimento mínimo para a limpeza de equipamentos de campo não descartáveis (pe. baldes e badejas de inox) será: lavagem com sabão não fosfatado e posterior enxágue com água de boa qualidade (mineral ou deionizada). Caso o equipamento, mesmo após a lavagem, apresente evidências de contaminação (p.e. manchas, incrustações, sujeira parente não removida com o processo de limpeza) será substituído. O equipamento “contaminado” será descartado ou encaminhado para assistência técnica especializada para proceder com a descontaminação. Para as multiparametros e demais equipamentos de medição a limpeza deverá ocorrer conforme orientações do fabricante;
 - Não será permitido fumo ou consumo alimentos ou bebidas durante a amostragem. Serão evitadas quaisquer outras fontes de contaminação das amostras;
 - A amostragem deve seguir a seguinte ordem: microbiológicos → análises químicas (exceto metais) → metais dissolvidos → metais totais → ecotoxicológicos → comunidades biológicas.
- Requisitos para os equipamentos de medição automáticos das Estações Telemétricas:
 - Nas Estações TIPO II a frequência de visitas para manutenção das sondas será semanal. Durante essas visitas, a calibração das sondas será verificada por meio de comparação entre os valores reportados pela sonda instalada e aqueles reportados por uma sonda calibrada. Caso os valores reportados por ambas as sondas sejam diferentes (maior que 5% do valor medido na sonda padrão), a sonda instalada será substituída por outra sonda calibrada ou por outros sensores calibrados, para garantir a confiabilidade dos dados monitorados. A calibração da sonda ou dos sensores será feita necessariamente em laboratório para evitar contaminação das soluções de calibração;
 - Nas Estações TIPO I sem turbidímetro, a frequência de visitas para manutenção das sondas será bimestral. Onde existir turbidímetro instalado a frequência de visita será semanal;
 - As estações automáticas contarão com visitas específicas de manutenção corretiva sempre que houver interrupção na transmissão dos dados por período superior a 48 horas. O período sem transmissão de dados não ultrapassará 7 dias.

2.2 Controle de Qualidade (QC)

O controle de qualidade (QC) se refere a técnicas internas usadas para medir e avaliar a qualidade dos dados. Serão coletadas amostras específicas para fins de QC, as quais serão usadas para detectar e reduzir erros sistemáticos e aleatórios que possam ocorrer durante os procedimentos de laboratório e de amostragem no campo.



2.2.1 Controle de Qualidade de Campo

Abaixo são descritos os requisitos para o controle de qualidade para a amostragem de água superficial e sedimento:

- Branco de campo: tem como objetivo identificar anomalias no local de amostragem que possam interferir nos resultados analíticos. As amostras de branco de campo serão constituídas por água deionizada (tipo 1) e submetidas ao ambiente da amostragem pelo mesmo tempo necessário para encher uma garrafa de amostra normal com a amostra de água do campo. Será coletado no mínimo um branco de campo por dia somente quando as substâncias de interesse forem orgânicos voláteis, caso a análise não seja para substâncias voláteis o branco de campo não é aplicável (ABNT NBR 16435/2015);
- Branco de equipamento: quantidade de água deionizada que, depois de passar por um equipamento de amostragem, é transferida para frascos de coleta e enviada ao laboratório para análise dos parâmetros de interesse. O intuito desta amostra é verificar se o equipamento utilizado na amostragem foi efetivamente limpo antes do procedimento de amostragem. O procedimento de lavagem do equipamento será realizado com o uso de água isenta das substâncias de interesse e com sabão não fosfatado. Será preparado um branco de equipamento por matriz a cada dia, sendo este limitado a 20 amostras, ou seja, caso haja mais de 20 amostras em um dia de amostragem, deve-se proceder com a coleta de mais brancos de equipamento. A amostra de branco de equipamento deve ser encaminhada ao laboratório para a análise das mesmas substâncias de interesse (ABNT NBR 16435/2015);
- Branco de viagem: visa avaliar possíveis interferentes ou potenciais contaminações durante o procedimento de transporte de amostras do local da amostragem até a chegada ao laboratório. O branco de viagem será constituído por água deionizada (tipo 1). No mínimo um branco de viagem será coletado por dia somente quando as substâncias de interesse forem orgânicos voláteis; caso a análise não seja para substâncias voláteis o branco de campo não é aplicável;
- Branco de temperatura: tem por objetivo avaliar se as amostras foram devidamente resfriadas na temperatura indicada pelo método de análise (ver **Anexo C**). Cada caixa térmica conterá um branco de temperatura. Os brancos serão constituídos do frasco de maior tamanho existente na caixa térmica, e a temperatura será verificada três vezes ao longo do dia de amostragem, sendo registradas em formulário específico. O termômetro utilizado para a medição será calibrado;
- Duplicata de campo: uma amostra que é tratada nas mesmas condições da amostra original a fim de determinar a precisão do método. Amostras duplicatas também serão usadas para avaliar a variabilidade de um ponto de amostragem. Será coletada uma duplicata por matriz, com frequência mínima de 5% por dia, sendo este limitado a 20 amostras, ou seja, caso haja mais de 20 amostras em um dia de amostragem, deve-se proceder com a coleta de mais brancos de equipamento. As duplicatas e amostras originais devem ser encaminhadas ao laboratório para a análise das mesmas substâncias de interesse.

As amostras QC serão tratadas da mesma forma que as demais amostras e enviadas para o laboratório para serem submetidas às mesmas análises. Para isso, as amostras QC serão rotuladas com nomes que não permitam que o laboratório as identifique como amostras QC;

2.2.2 Controle de Qualidade Laboratorial

Antes da contratação do laboratório que realizará as análises solicitadas será verificado se o mesmo possui acreditação no site do INMETRO. No site do INMETRO é possível acessar o número do escopo de



acreditação do laboratório (CRL), as análises, limites de quantificação e métodos contratados. Todas as análises e ensaios serão realizados por laboratório acreditado. Na impossibilidade da realização da análise ou ensaio em laboratório acreditado, será apresentada uma justificativa técnica para tal.

Recomenda-se que o laboratório tenha os seguintes controles:

- Branco do método: amostra controle de laboratório que consiste de água de reagente sem contaminação, que passará pelos mesmos procedimentos de uma amostra real. Em certas situações, pode se tratar de um pano de limpeza ou filtro estéril processado através de procedimento de análise e preparação de amostra adequados. O laboratório a ser contratado reportará no boletim de análise o branco do método de todos os parâmetros analisados naquele lote específico de amostras analisadas;
- Duplicata de laboratório: amostra controle de laboratório submetida às mesmas condições de análise que determinada amostra. Avalia a eficiência na metodologia de preparação de amostras, onde são produzidas duplicatas das amostras para avaliação da precisão do sistema de medição da metodologia analítica. O laboratório a ser contratado reportará no boletim de análise ou em carta técnica o resultado da duplicata de todos os parâmetros analisados naquele lote específico de amostras analisadas;
- Amostra fortificada (*Matrix Spike*): amostra na qual uma concentração conhecida dos analitos de interesse é adicionada a fim de determinar a interferência da matriz sobre o sistema analítico. Quando dividida em duplicata (i.e., matrix spike duplicate - MSD) e analisada pelo mesmo processo analítico, a amostra spike pode ser usada para avaliar a precisão analítica associada. Será coletada uma amostra fortificada por matriz, em duplicata, a cada 20 amostras. Estas amostras serão encaminhadas ao laboratório para a análise das mesmas substâncias de interesse;
- Material de Referência Certificado (MRC): são usados para avaliar o desempenho do laboratório. Um MRC tem valor conhecido de concentração e incerteza relativa. O MRC será submetido ao laboratório como se fosse uma amostra; os resultados das análises serão comparados aos dados do material certificado. Será encaminhado ao laboratório contratado uma amostra MRC por campanha de monitoramento;
- Análise interlaboratorial: tem como objetivo verificar o desempenho do laboratório frente ao método analítico. O laboratório contratado participará de um programa interlaboratorial visando medir a qualidade dos resultados emitidos a partir de amostras devidamente preparadas. O interlaboratorial deverá ser realizado para os métodos contratados, desde que tecnicamente viável, e deverá seguir os procedimentos e cronogramas internos do laboratório, já acreditados pelo INMETRO, cabendo ao laboratório reportar estes resultados a cada campanha de monitoramento, junto com os boletins de análise ou laudos analíticos.

2.2.3 Requisitos de Amostragem e Identificação das Amostras

Os procedimentos de amostragem serão registrados de maneira sistemática em formulários específicos que serão preenchidos no momento da amostragem. Os formulários serão elaborados por matriz e conterão no mínimo: registros das observações sobre as condições de amostragem, equipamentos utilizados, as não conformidades ou anomalias verificadas durante o processo de amostragem, resultados dos parâmetros físico-químicos.



Os rótulos ou etiquetas das frascarias a serem utilizadas na amostragem serão resistentes a umidade e conterão as seguintes informações: identificação do projeto, da matriz e da amostra, analitos, preservantes, data e horário da amostragem.

Serão utilizadas luvas de procedimento descartáveis durante a manipulação de todos os materiais utilizados na amostragem. Os frascos e preservantes utilizados serão fornecidos pelos laboratórios responsáveis pelas análises químicas, adequados para cada tipo de amostra e parâmetros analisados.

O **Anexo C** apresenta condições para preservação e transporte de amostras conforme especificado nos métodos analíticos de cada parâmetro selecionado para o PMQQS.

2.2.4 Cadeias de Custódia

Cadeia de custódia é o documento que garante a rastreabilidade da amostra, desde o momento da coleta até o seu recebimento pelo laboratório. Este documento deve ser original e, caso haja informações alteradas, estas serão claramente marcadas, rubricadas e assinadas.

A Cadeia de Custódia conterá no mínimo as seguintes informações: identificação do projeto (nome e endereço da área de interesse), empresa responsável pela amostragem, identificação do técnico responsável pela entrega e pelo recebimento das amostras no laboratório, identificação da amostra, data e hora de coleta, analitos de interesse e temperatura de chegada ao laboratório.

A validação destes dados é parte do processo de QC e considerará as informações contidas nos laudos analíticos e na Cadeia de Custódia. Assim, todo o laudo analítico será apresentado junto com a respectiva Cadeia de Custódia.

2.2.5 Laudos Analíticos

Serão obedecidos todos os requisitos estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, por exemplo, identificação do projeto, nome e endereço da área de interesse, identificação da amostra e matriz e unidade de medida coerente com a matriz. Resultados de matriz sólida devem ser expressos em base seca, incluindo a porcentagem de sólidos, limite de quantificação compatível com o método (ver **Anexo C**).

As informações sobre os controles de qualidade laboratoriais citados na Seção 2.2.2 serão apresentadas. Além disso, as amostras serão analisadas dentro do prazo de validade específico para cada parâmetro de interesse (ver **Anexo C**). Caso contrário, os resultados não poderão ser considerados e uma nova campanha de amostragem será realizada.

3.0 SISTEMA DE GESTÃO DE DADOS DO MP5

Esta seção apresenta uma descrição resumida do processo de gestão de dados a ser implementado como parte dos procedimentos de QA/QC, com base no sistema Monitor Pro 5 contratado pela Fundação Renova (MP5).

Os resultados oficiais do laboratório são enviados como arquivos eletrônicos em formato de documento portátil (PDF). No entanto, o formato PDF incorpora informações de formatação e apresentação, não sendo a melhor escolha como um formato eletrônico de transferência de dados. Portanto, os laboratórios fornecem um arquivo de dados eletrônicos (CSV) em formato texto puro com campos separados por vírgula (CSV) que



ANEXO A

Procedimentos do Protocolo de Controle de Segurança da Qualidade dos Dados (QA/QC)

é um tipo de estrutura de dados organizada com um formato conhecido e é mais adequado para ser processado computacionalmente.

Os dados reportados no arquivo PDF devem ser equivalentes aos dados fornecidos no CSV correspondente. Assim, um processo de revisão manual faz parte do fluxo de trabalho de dados atual. Essa etapa verifica se todos os resultados foram entregues nos dois formatos disponibilizados pelo laboratório (PDF e CSV).

De posse do arquivo CSV emitido pelos laboratórios, arquivo este que é gerado sem interferência humana (re-digitação manual), este é submetido a revisões manuais e então é carregado no sistema para que seja validado, qualificado, armazenado e para que seja *linkado* ao laudo em PD. Estas quatro últimas etapas todas feitas de modo totalmente automático pelo sistema.

Podemos descrever resumidamente essas etapas da seguinte forma:

- **Validação:** nesta etapa verifica-se se os resultados estão dentro de faixas usualmente possíveis e esperadas. Resultados com $pH > 14$, por exemplo, são bloqueados, assim como outras variáveis em que é possível se estabelecer um limite físico. Verifica-se também se os nomes das variáveis e os nomes dos pontos de amostragem pré-existem no banco de dados;
- **Qualificação:** nesta etapa se adicionam marcadores indicando situações que podem ter ocorrido com a amostra e informações importantes sobre o resultado;
- **Armazenamento e link do laudo em PDF:** ao enviar ao MP5 o arquivo CSV, envia-se no mesmo momento o laudo em PDF. O nome do arquivo do laudo em PDF será o mesmo que a referência do laudo, desta forma o MP5 liga todos os resultados de um determinado laudo a um único arquivo em PDF.

Como forma de viabilizar o sistema MP5 para navegação por cada instituição envolvida (IBAMA, ANA, IEMA, AGERH, IGAM e ICMBio), durante o monitoramento previsto no PMQQS os seguintes ajustes serão providenciados no sistema:

- **Agrupamento em dois grupos de sites** todos os pontos de monitoramento das variáveis associadas a água e sedimentos, respectivamente nomeadas como: águas interiores (rios e lagoas), costeiras e estuarinas. Os sites atuais serão mantidos para se manter a compatibilidade com o histórico de dados;
- **Inserção dos parâmetros de referência** contidos na Deliberação Normativa Copam-CRH, n.º 01 de 2008 como mais uma Norma para associar ao limite máximo permitido;
- **Será vinculado ao banco de dados os laudos analíticos** de cada resultado apresentado. A ART será um anexo no mesmo arquivo PDF do laudo ou será apresentado a parte, pois a ART é emitida para um contrato e não individualmente para cada laudo);
- **Disponibilização aos órgãos participantes** o dicionário de dados do Sistema MP5 elaborado;
- **Os pontos atualmente cadastrados** serão renomeados a fim de manter a série histórica dos pontos coincidentes com a rede que já era monitorada pela Fundação para o PMQQS. Neste mesmo plano encontra-se uma tabela “de/para” com os novos códigos relacionando-os com os antigos;
- **Será fixada data da coleta** a ser realizada no calendário, para acompanhamento pelas equipes do governo, o período será informado por e-mail visto que no sistema não é possível a especificação da hora da coleta nas programações de calendário;



ANEXO A

Procedimentos do Protocolo de Controle de Segurança da Qualidade dos Dados (QA/QC)

- Liberação de acesso direto à base de dados do sistema MP5, por meio de uma View, para consultas/aquisições dos dados de interesse da ANA e demais entidades. Na planilha em anexo à Nota Técnica nº 08 da CT-SHQA, foi solicitada que os dados sejam estruturados de acordo com aquelas especificações para que possam ser posteriormente integrados à base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) através do sistema HIDRO, bem como, um inventário de informações necessárias para a caracterização das estações de monitoramento. Entretanto, na VIEW presente no sistema MP5 de contrato da Fundação Renova, não é possível a visualização dos metadados, propriedades e qualificadores dos resultados de cada variável. Caso seja necessário a visualização destas informações para a base de dados do SNIRH, a Fundação e a ANA deverão trabalhar em conjunto para estruturar uma nova forma de conexão desta base de dados;
- Será disponibilizado aos órgãos, individualmente, um login por instituição para acesso ao módulo DESKTOP do MP5 onde é possível a visualização de resultados no mapa, geração de gráficos e exportação de dados para EXCEL (XLS) ou TEXTO (CSV);
- Para as estações automáticas será disponibilizado aos órgãos e autoridades um supervísório WEB onde será possível visualizar em tempo real as medições das estações, alarmes de integridade dos equipamentos, visualizar gráficos e exportar dados. Entretanto como os dados são em tempo real eles não são dados validados, pois esta validação ocorre apenas no MP5, quando a partir da posse dos resultados de calibrações feitas pelas equipes de manutenção de campo os dados medidos das sondas e sensores serão marcados como APROVADOS ou NÃO APROVADOS. Em caso de não aprovação, os dados não serão carregados no MP5 por NÃO serem dados VÁLIDOS.

3.1 Qualificação manual dos dados

Os dados, antes de serem carregados no MP5, passarão por uma verificação manual de integridade e qualificação de resultados. Os laudos recebidos são conferidos por uma equipe de profissionais treinados, capacitados para a identificação de inconsistências evidentes, tais como:

- Falta de compatibilidade entre os dados correspondentes contidos nos arquivos de PDF e CSV;
- Identificação incorreta dos pontos, ou divergência entre local, georreferenciamento e matriz analítica;
- Falta de informações, campos incompletos ou em branco;
- Divergência de unidades de medida;
- Formatações de caracteres incompatíveis com o banco de dados MP5, por exemplo, substituição de ponto por vírgula;

Identificadas as inconsistências, as mesmas são notificadas aos laboratórios emissores dos respectivos laudos, que são responsáveis pela correção e emissão de novos laudos revisados.

Esta atividade é realizada por uma equipe de triagem de laudos e gestão do banco de dados, que atua de forma integrada realizando atividades estruturadas em um fluxo de processo que contempla:

- Recebimento dos laudos;
- Controle, envio e arquivamento de documentos;
- Triagem e importação de dados para o sistema;



- Controle de revisões;
- Gestão da informação.

Adicionalmente, o MP5 foi previamente configurado para executar um pequeno conjunto de verificações básicas de dados impedindo que dados inválidos sejam carregados, por exemplo, dados fora das faixas usualmente esperadas para cada parâmetro. Mas essa verificação básica não é suficiente. Para realizar verificações mais completas, é necessária uma análise crítica manual sobre os dados entregues pelos laboratórios. Nesta análise manual serão realizadas marcações nos dados com um qualificador que indique eventos pertinentes de serem reportados como, por exemplo, contaminação da amostra no laboratório. Essas verificações manuais de dados serão realizadas antes que este seja importado para o MP5, de modo que se tenha apenas resultados aprovados ou marcados com as suas devidas observações no software.

3.2 Qualificação automática dos dados

Qualificadores de dados serão aplicados através de *scripts* pré-programados, desenvolvidos pelo fornecedor de software do MP5 (EHSData) e armazenados em um dos campos personalizados do software. Este campo personalizado será denominado "*Custom Data Qualifier*". Se mais de um qualificador for aplicado a um registro de dados, os mesmos serão separados por um caractere (|). Estes qualificadores trazem informações relevantes do resultado ou da amostra.

Este cálculo personalizado será executado automaticamente pelo sistema após os dados terem sido importados com êxito para o MP5.

A **Tabela 1** fornece uma visão geral dos qualificadores de dados e indica se eles são aplicados manualmente ou automaticamente.

Tabela 1: Descrição dos qualificadores de dados

Qualificador	Descrição do qualificador	Aplicação manual ou automática
A	Limite de quantificação inadequado: igual ou maior que o padrão de qualidade ou valor de referência aplicável mais restritivo definido em legislação (Resolução CONAMA 357/2005; Resolução CONAMA 454/2012; Resolução COPAM 01/2008), considerando-se as diferenças entre águas salinas, salobras e doce e sedimentos de águas doces e salinas; se não houver limite, deve ser considerado o menor valor registrado na série histórica IGAM/ANA)	Manual
B	Resultado de contaminação laboratorial ou outro problema oriundo do laboratório	Manual
C	Resultado de problema de contaminação de campo	Manual



ANEXO A

Procedimentos do Protocolo de Controle de Segurança da Qualidade dos Dados (QA/QC)

Qualificador	Descrição do qualificador	Aplicação manual ou automática
E	Concentração muito abaixo do intervalo esperado - improvável	Automática
F	Concentração muito acima do intervalo esperado - improvável	Automática
P	pH de campo e de laboratório têm diferença superior a 1	Automática
H	Oxigênio dissolvido medido em campo é maior que 15 mg/L	Automática
S	pH de campo não está entre 5 e 10	Automática
I	Temperatura de água doce em campo é maior do que 35°C; temperatura de água salina em campo é maior que 31°C	Automática
L	pH de laboratório não está entre 5 e 10	Automática
G	Razão entre condutividade e sólidos totais dissolvidos não está entre 1,36 e 1,84	Automática
J	Razão entre dureza e alcalinidade não está entre 0,5 e 2	Automática
O	Diferença relativa entre condutividade de campo e de laboratório não é menor do que 15%	Automática
Q	Carbono Orgânico Total tem concentração menor do que Carbono Orgânico Dissolvido	Automática
R	Fósforo Total tem concentração menor do que Fósforo Dissolvido	Automática
T	Concentração de metais dissolvidos excede a de metais totais em mais de 20%	Automática
Z	Resultado significativo devido a uma elevada diferença relativa entre uma duplicata de campo ou amostra dividida e sua amostra correspondente. Os critérios para a aplicação deste qualificador dependem da matriz da amostra e do limite de quantificação do teste.	Manual



4.0 REFERÊNCIAS

ANA e CETESB (2011). Guia Nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. CETESB: São Paulo, 326p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1987). ABNT NBR 9898: 1987. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento. Rio de Janeiro, RJ. 22p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2015). ABNT NBR 16435: 2015. Controle de qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas – Procedimento. Rio de Janeiro, RJ. 10p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2015). ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro, RJ. 31p.

Bastos, H. H. C. Critérios para habilitação de provedores de EP, segundo os princípios da ABNT ISO/IEC Guia 43. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/reblas/Apr_sem.ppt>. Acesso em: 8 dez. 2007.

Chui, Q. S. H.; Bispo, J. M. A.; Iamashita, C. O. O papel dos programas interlaboratoriais para a qualidade dos resultados analíticos. Química Nova, v. 27, n. 6, p. 993-1003, 2004.

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (2016). Informações sobre ensaios de proficiência. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/ensaioProficiencia.asp> >. Acesso em: 27 out. 2016.

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (2011). Orientação sobre validação de métodos analíticos. Documento de caráter orientativo. DOQ-CGCRE-008. 19p.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT (2014). Guia de elaboração de planos de intervenção para o gerenciamento de áreas contaminadas. Org. Sandra Lúcia de Moraes, Cláudia Echevengúá Teixeira, Alexandre Magno de Sousa Maximiano. 1 ed. São Paulo, SP. 395p.

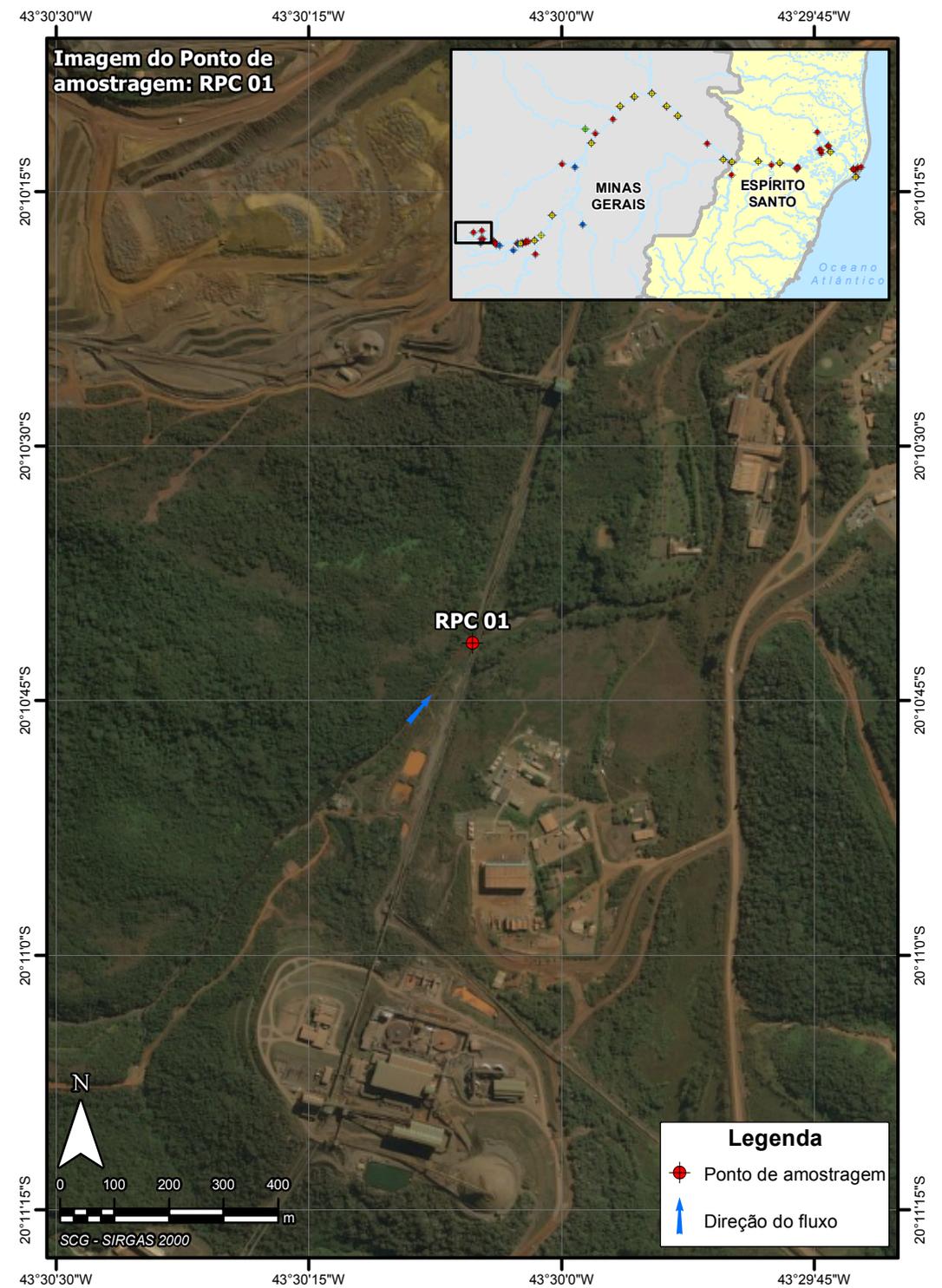
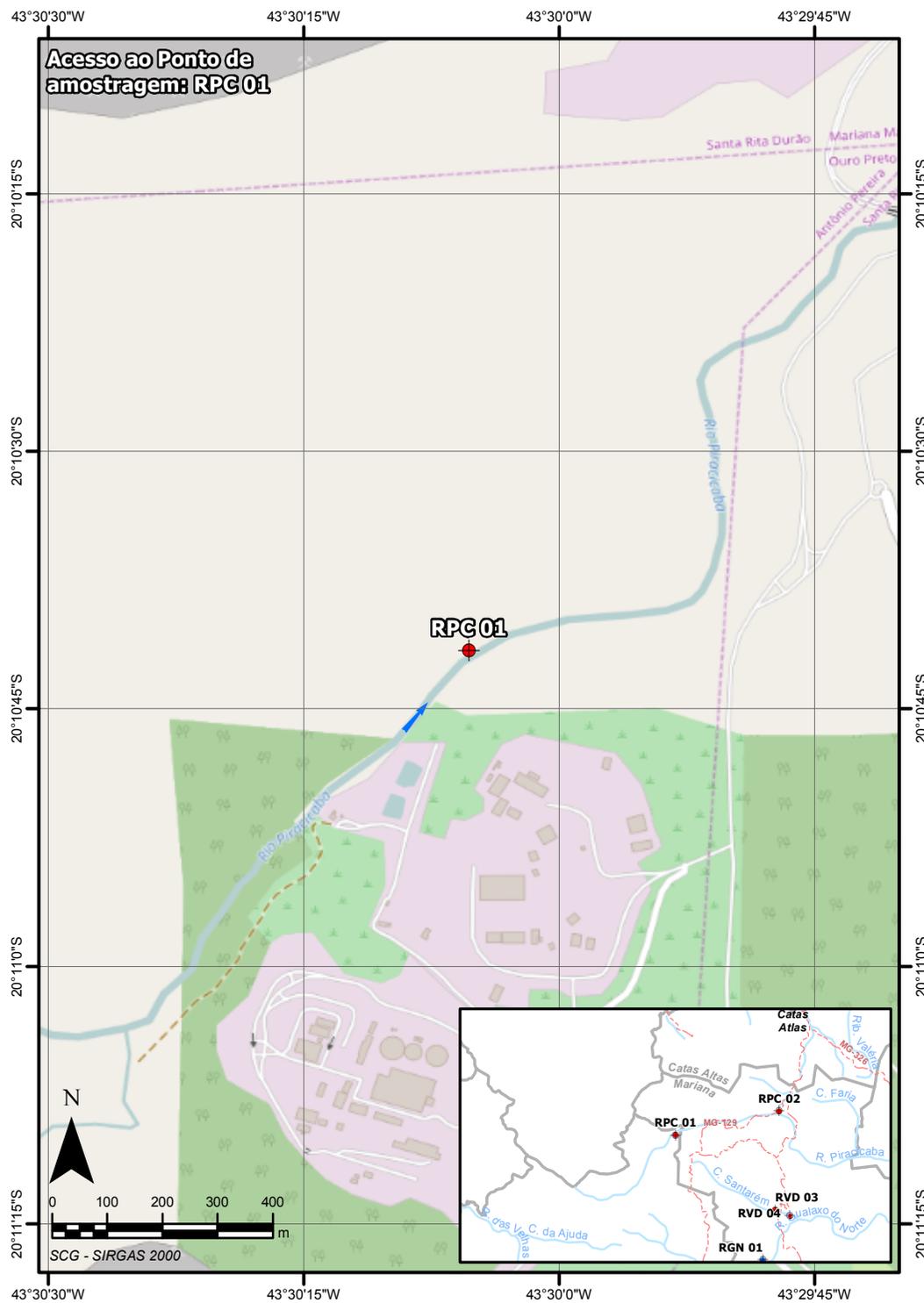
Parkhurst, D.L. and C.A.J. Appelo. 1999. User's Guide to PHREEQC (Version 2) – A Computer Program for Speciation Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations. U.S. Geologic Survey, Water Resources Investigations Report 99-4359.

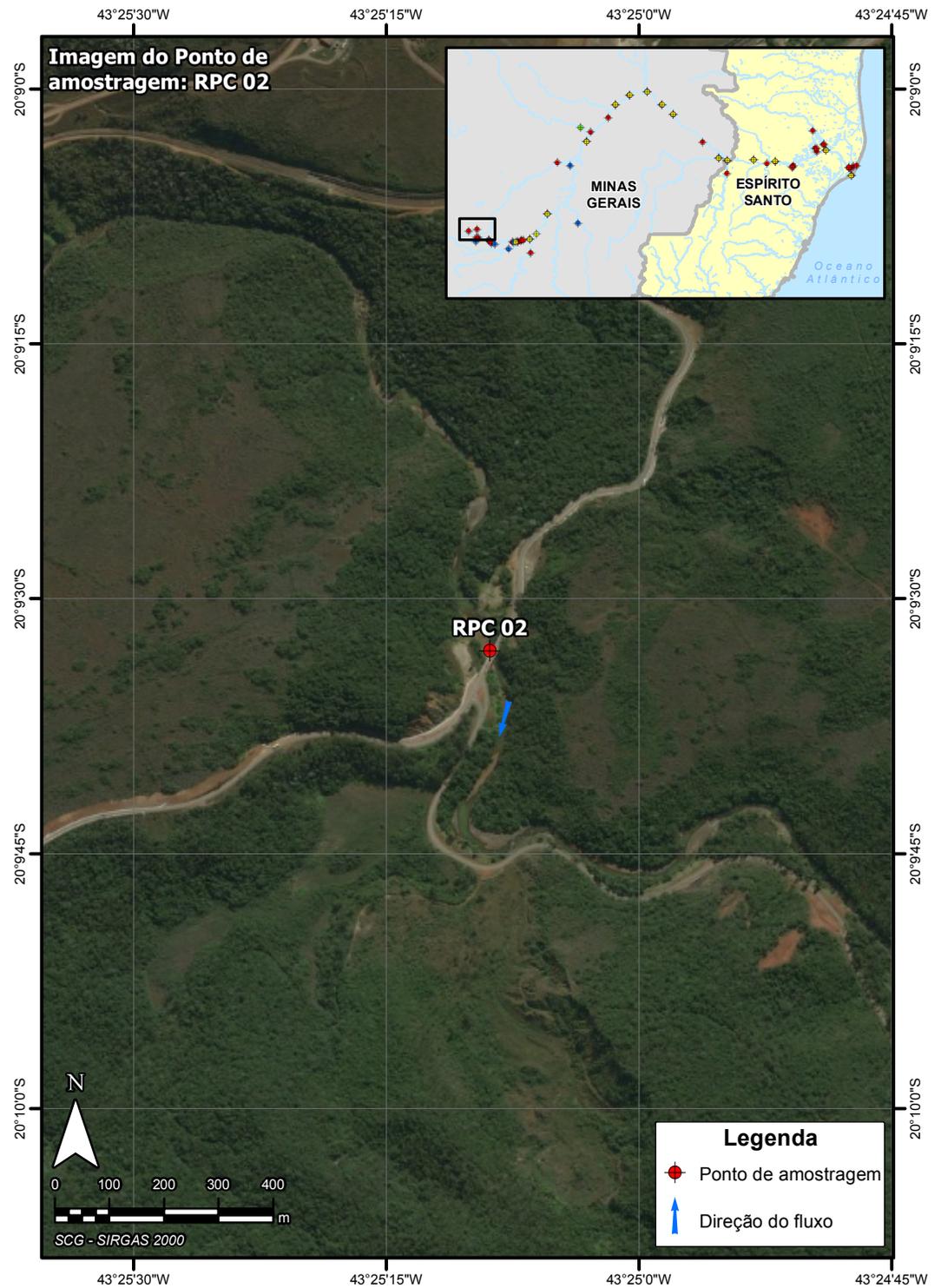
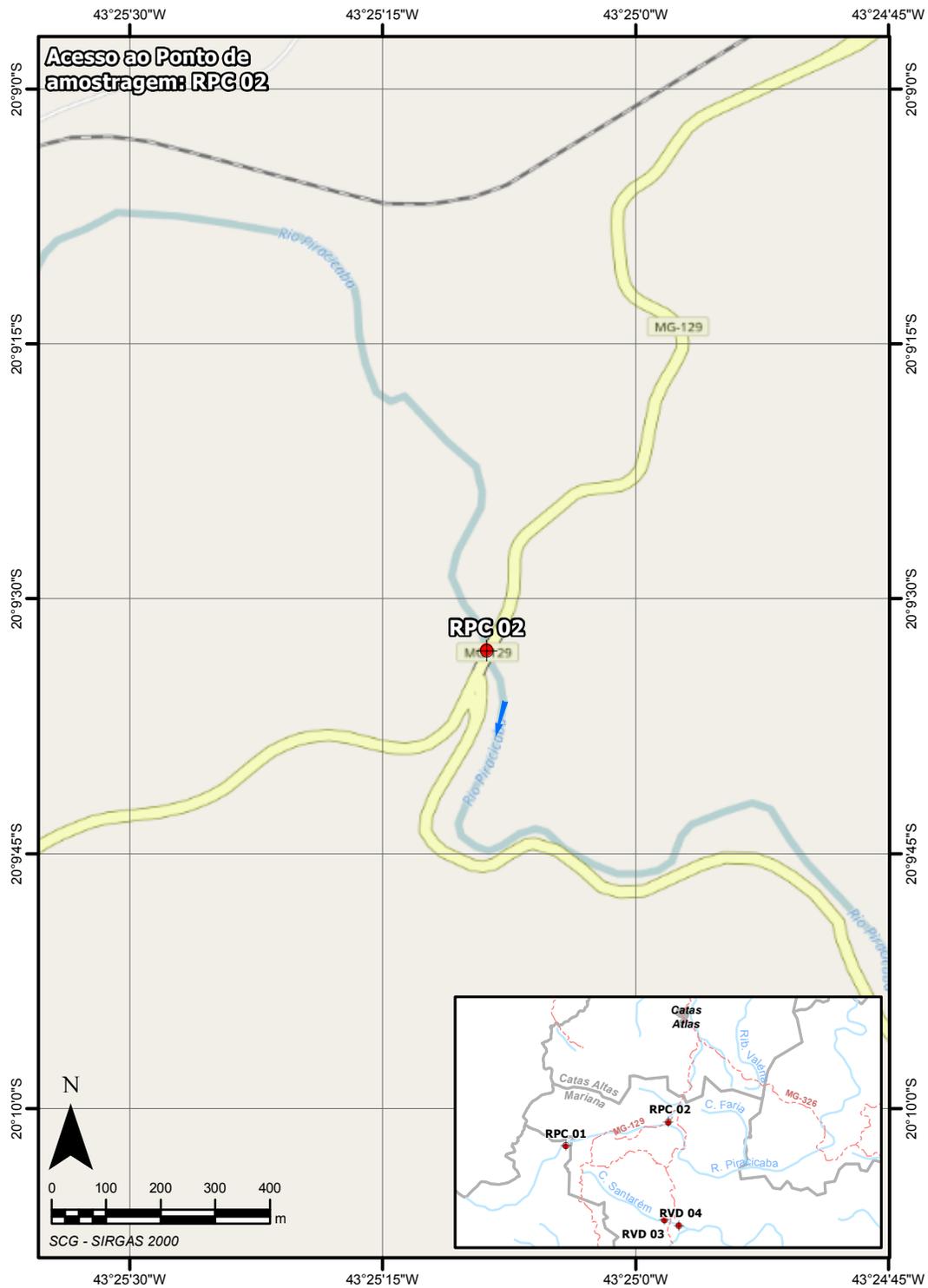
United States Environmental Protection Agency - USEPA (2010). National Functional Guidelines for Inorganic Superfund. Washington, DC.: USEPA. (EPA 540-R-10-011). Washington, DC., 102p

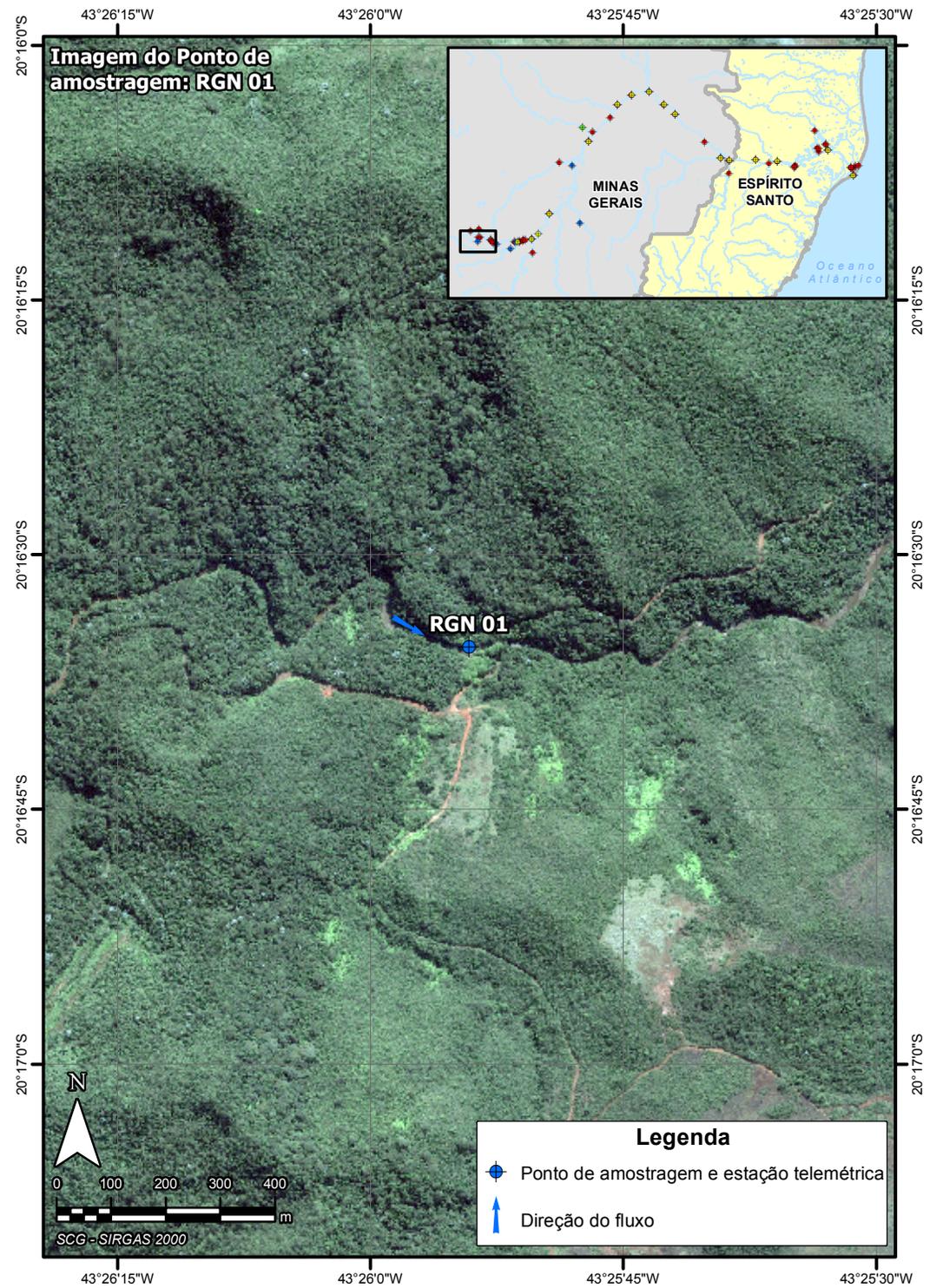
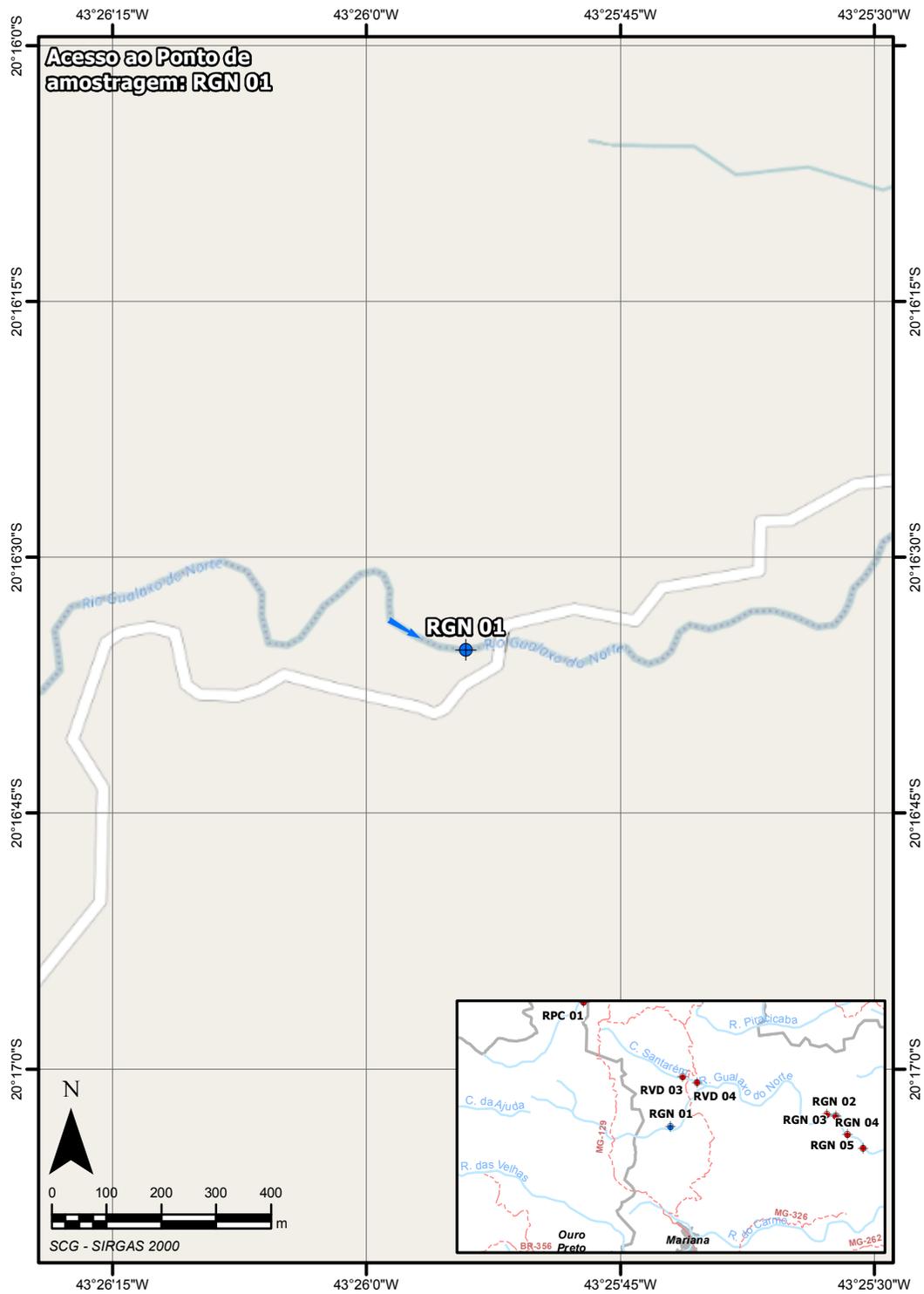


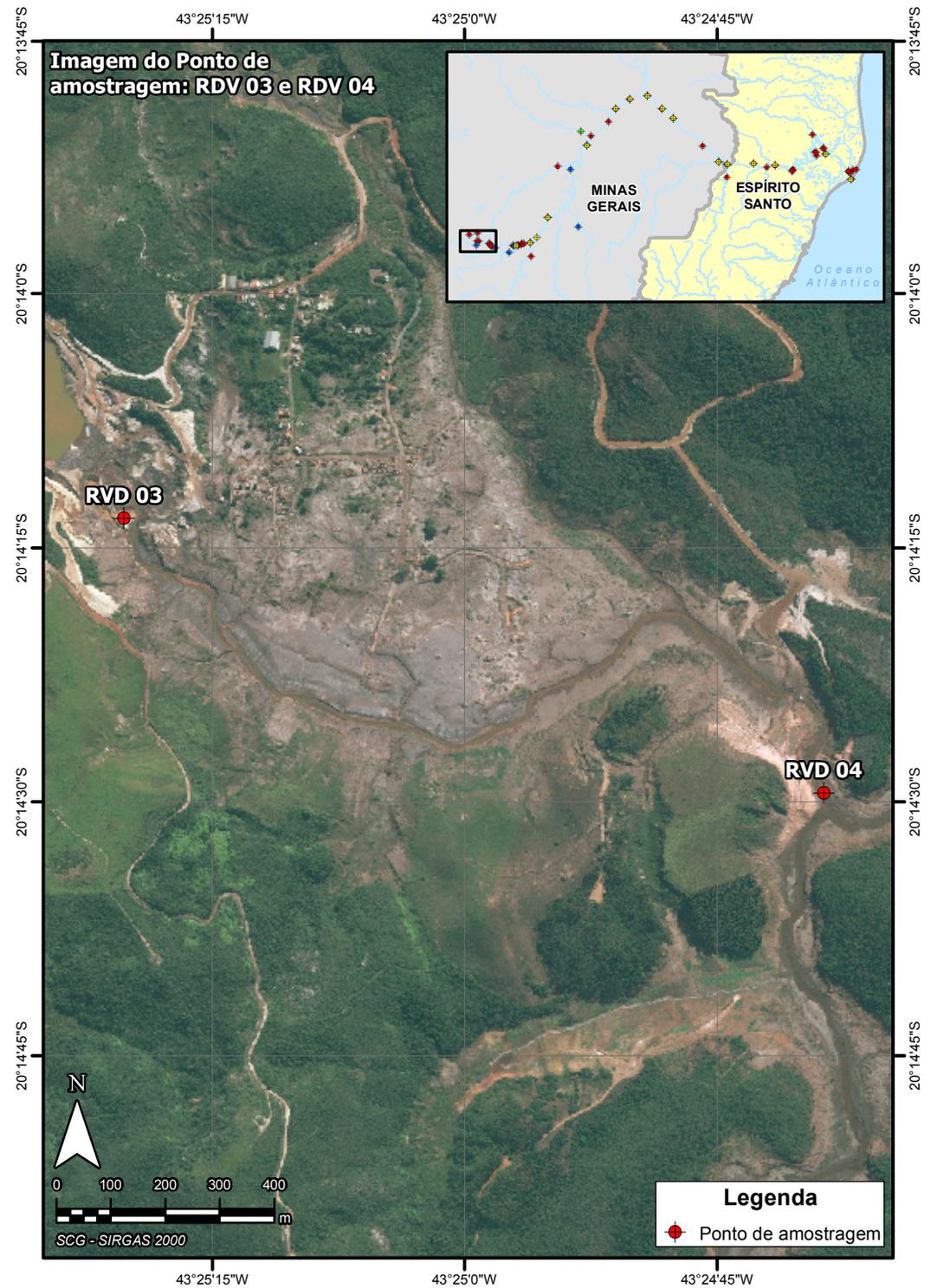
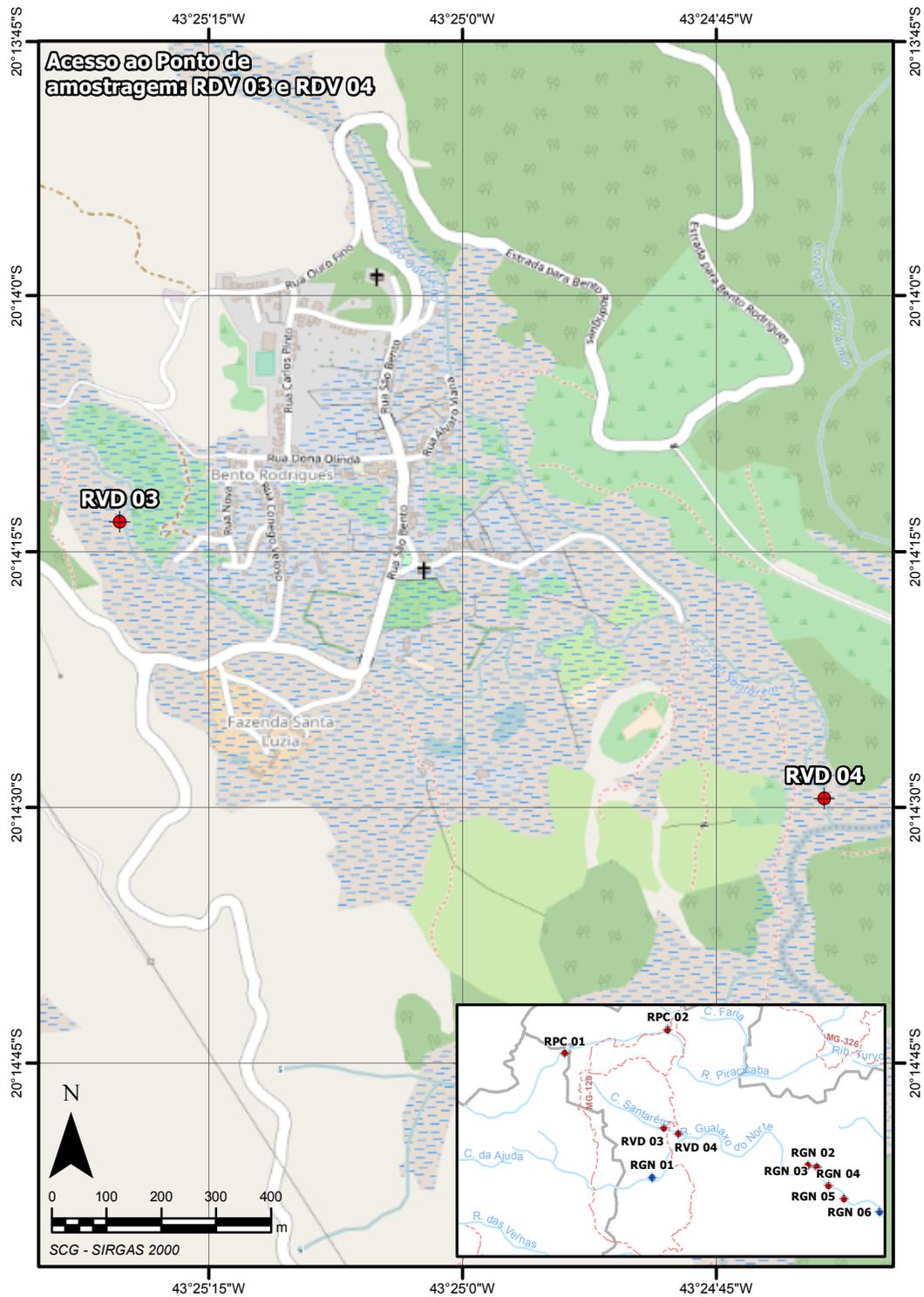
ANEXO B

Localização e acesso aos pontos de amostragem situados no rio Doce, em seus afluentes e nas lagoas marginais.



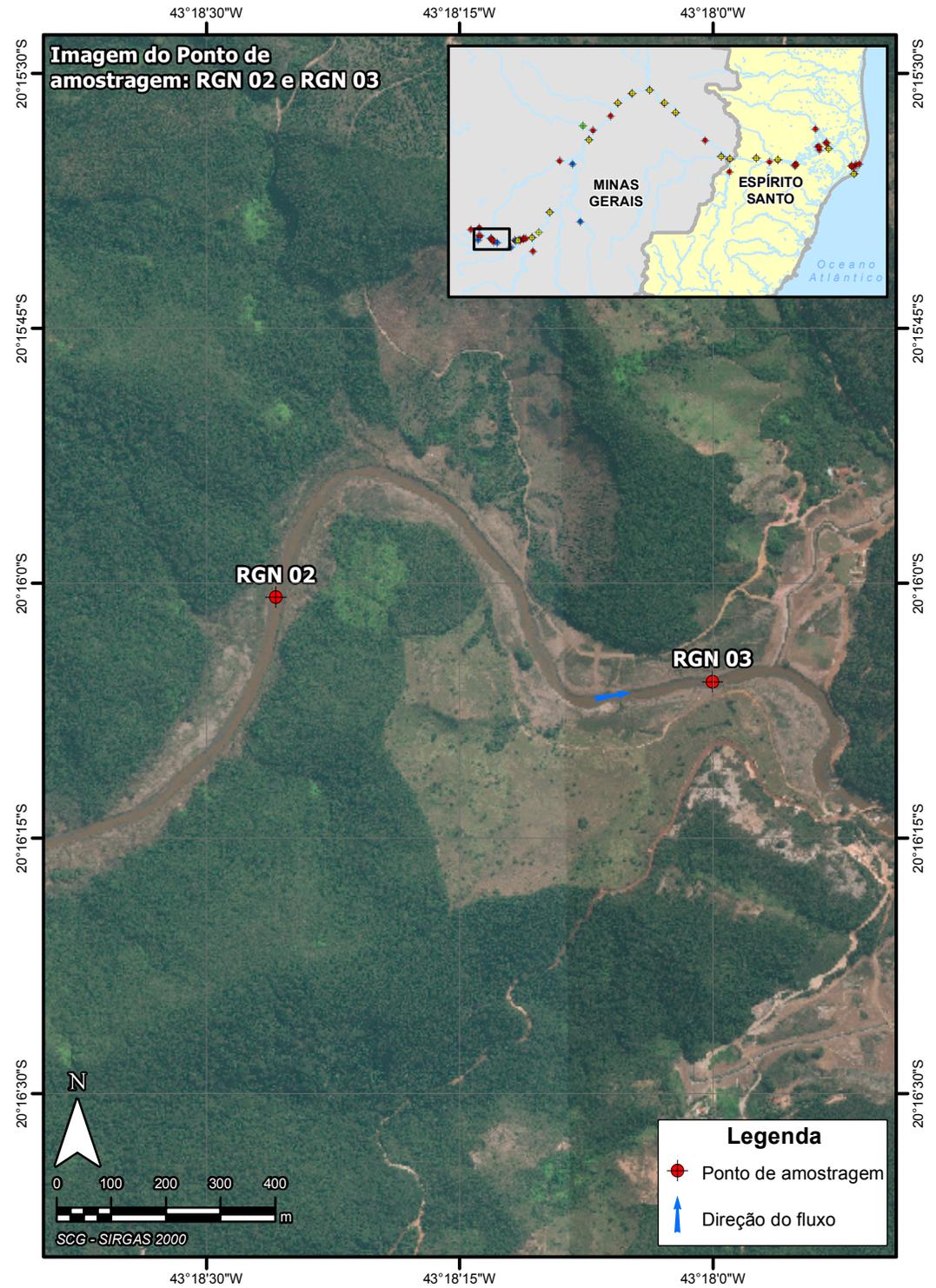
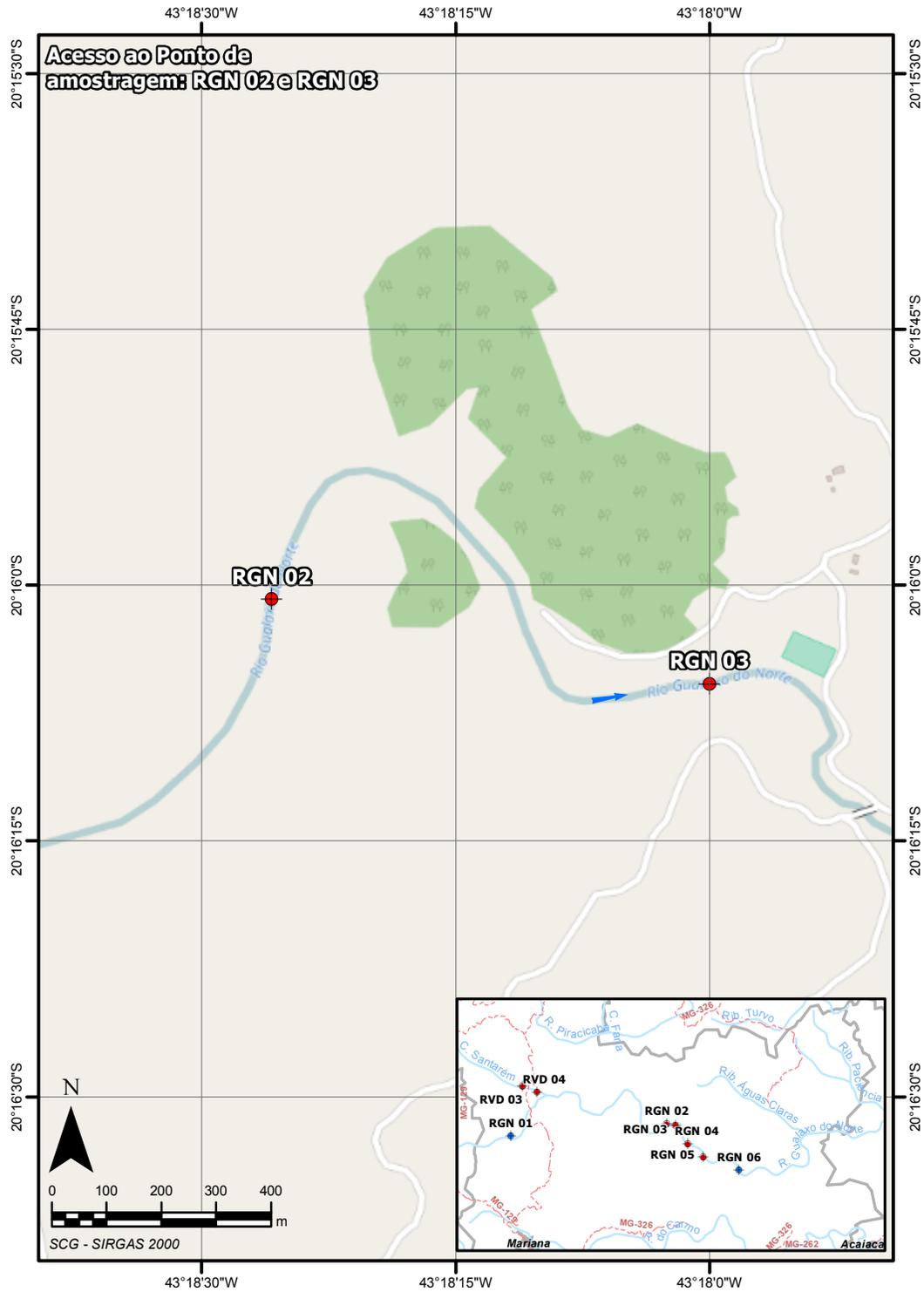


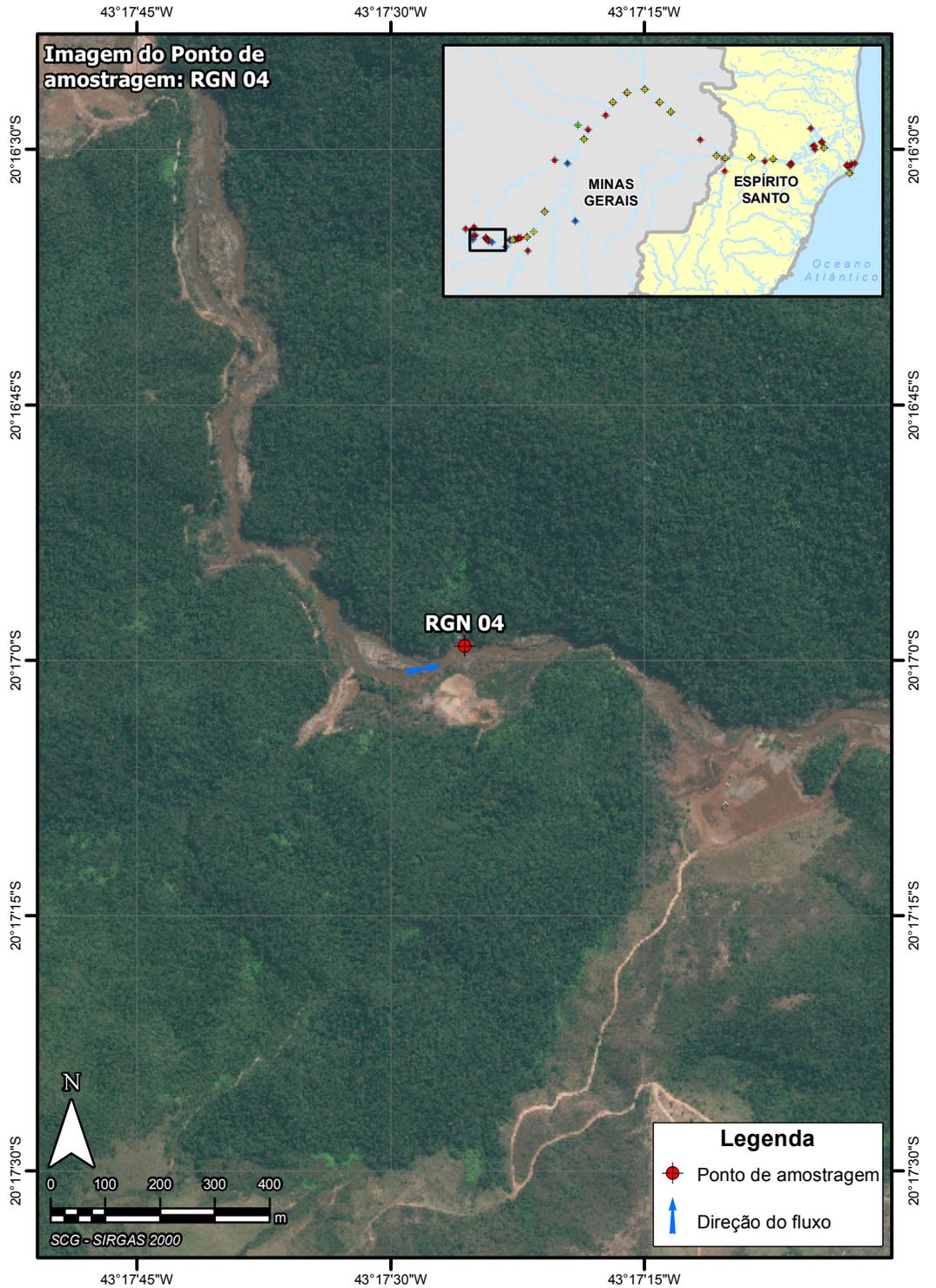
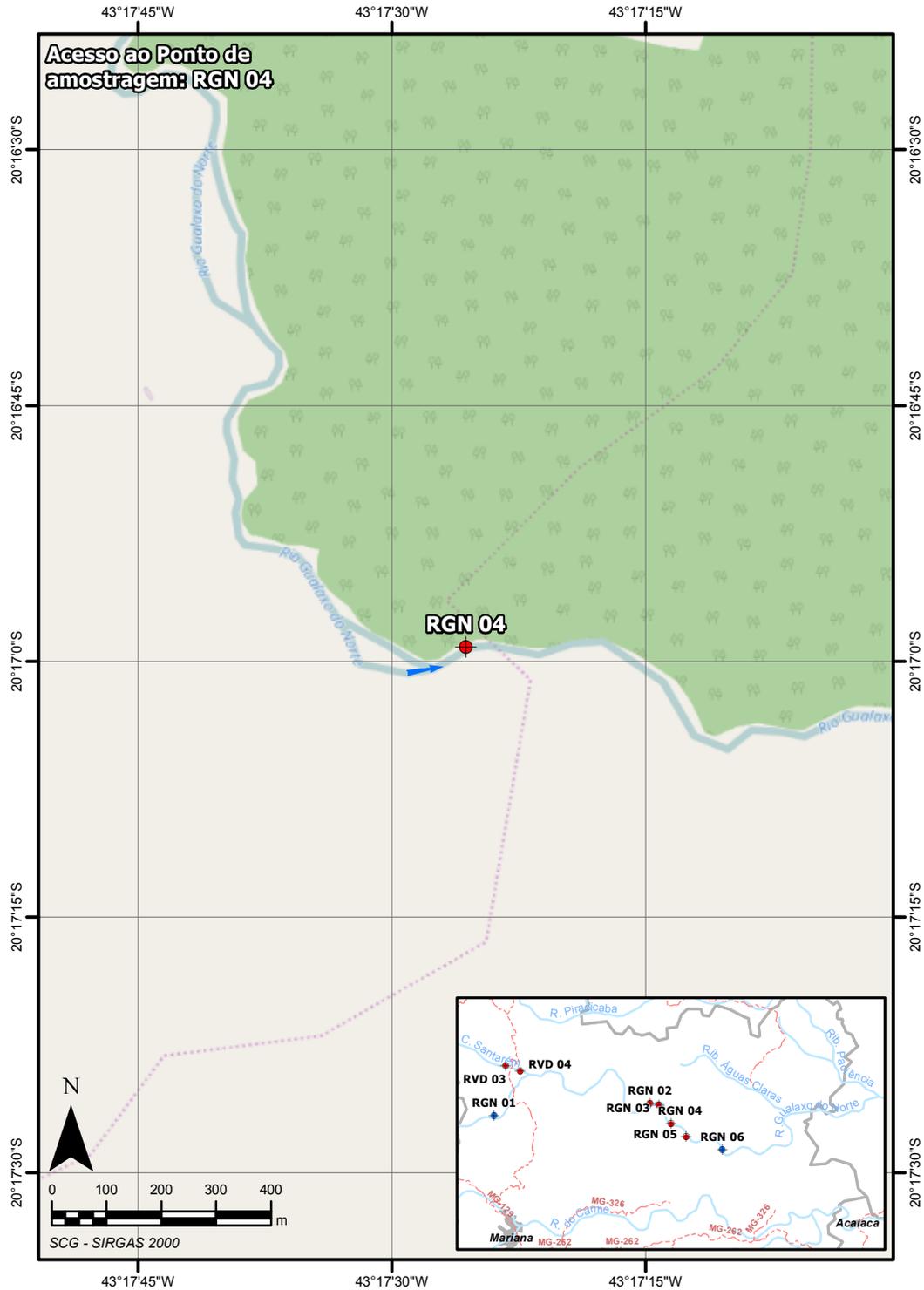


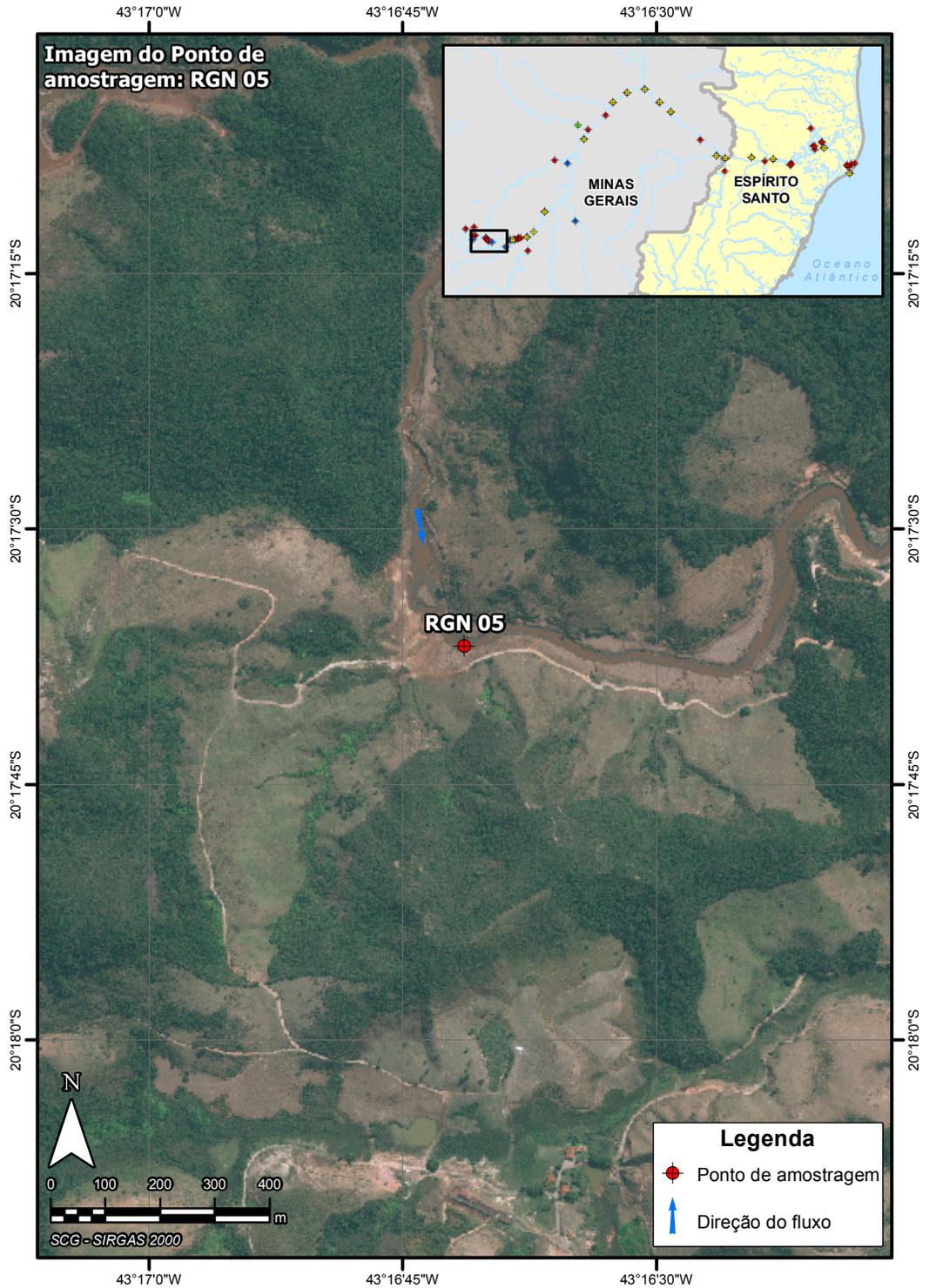
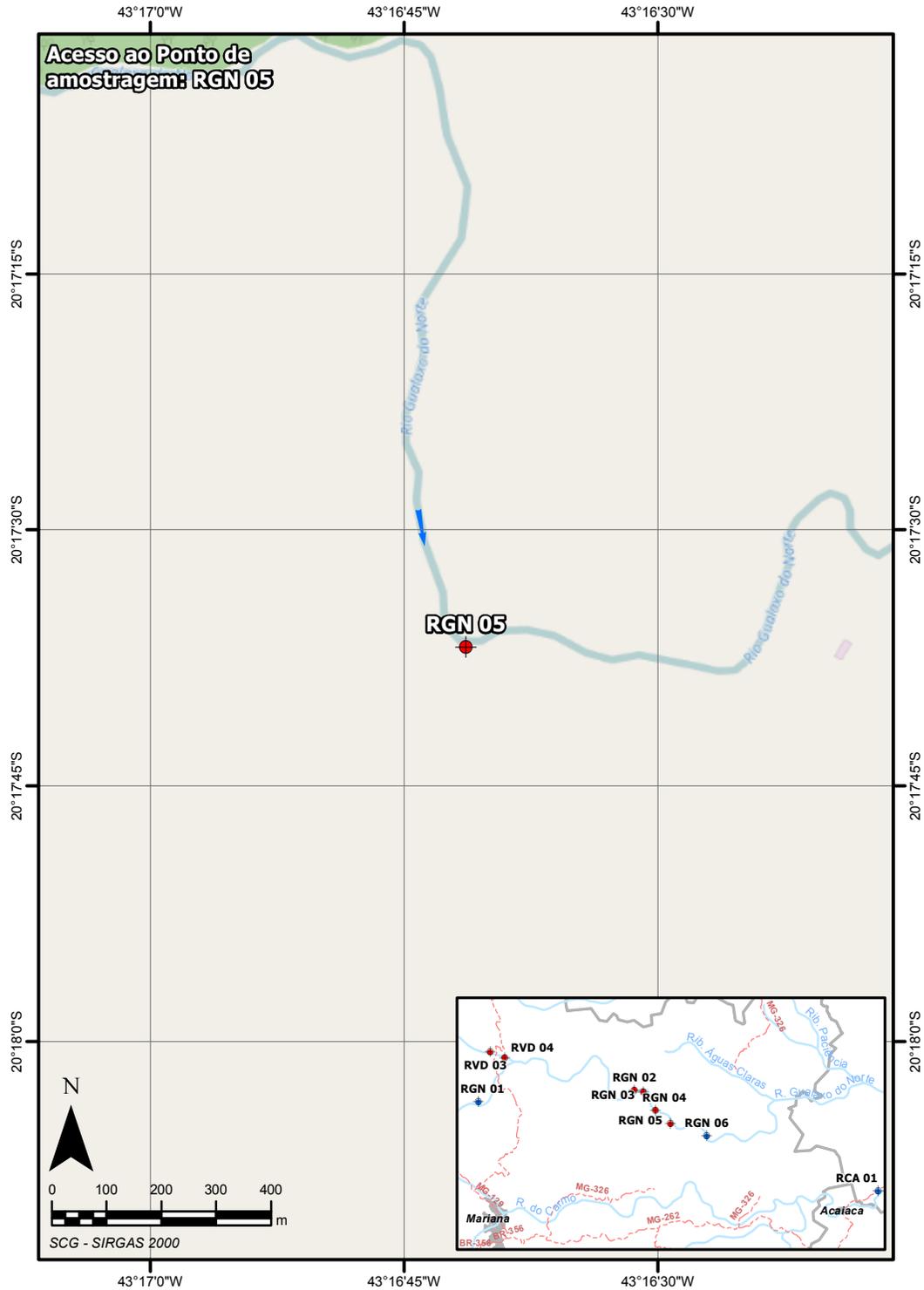


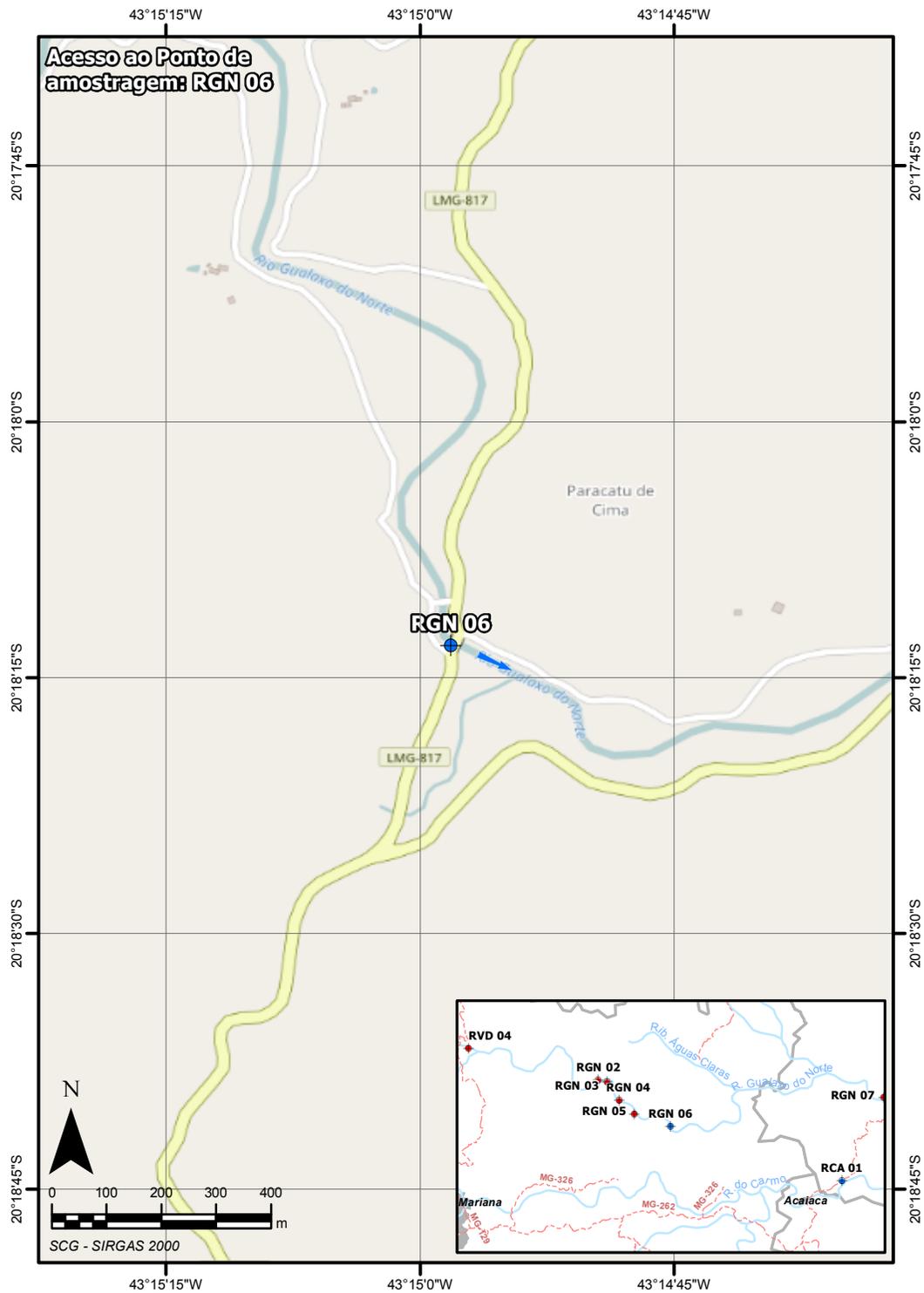
Legenda

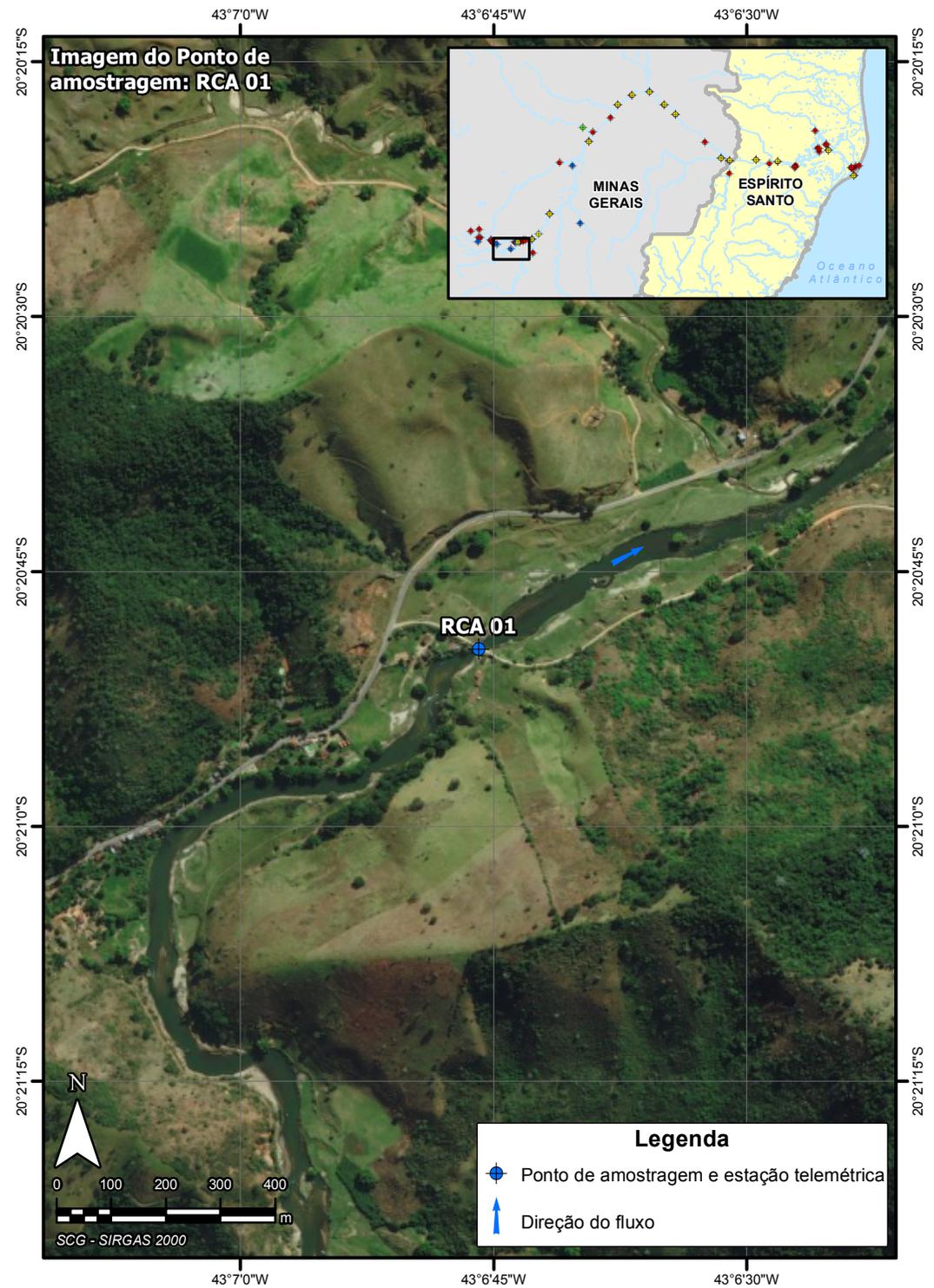
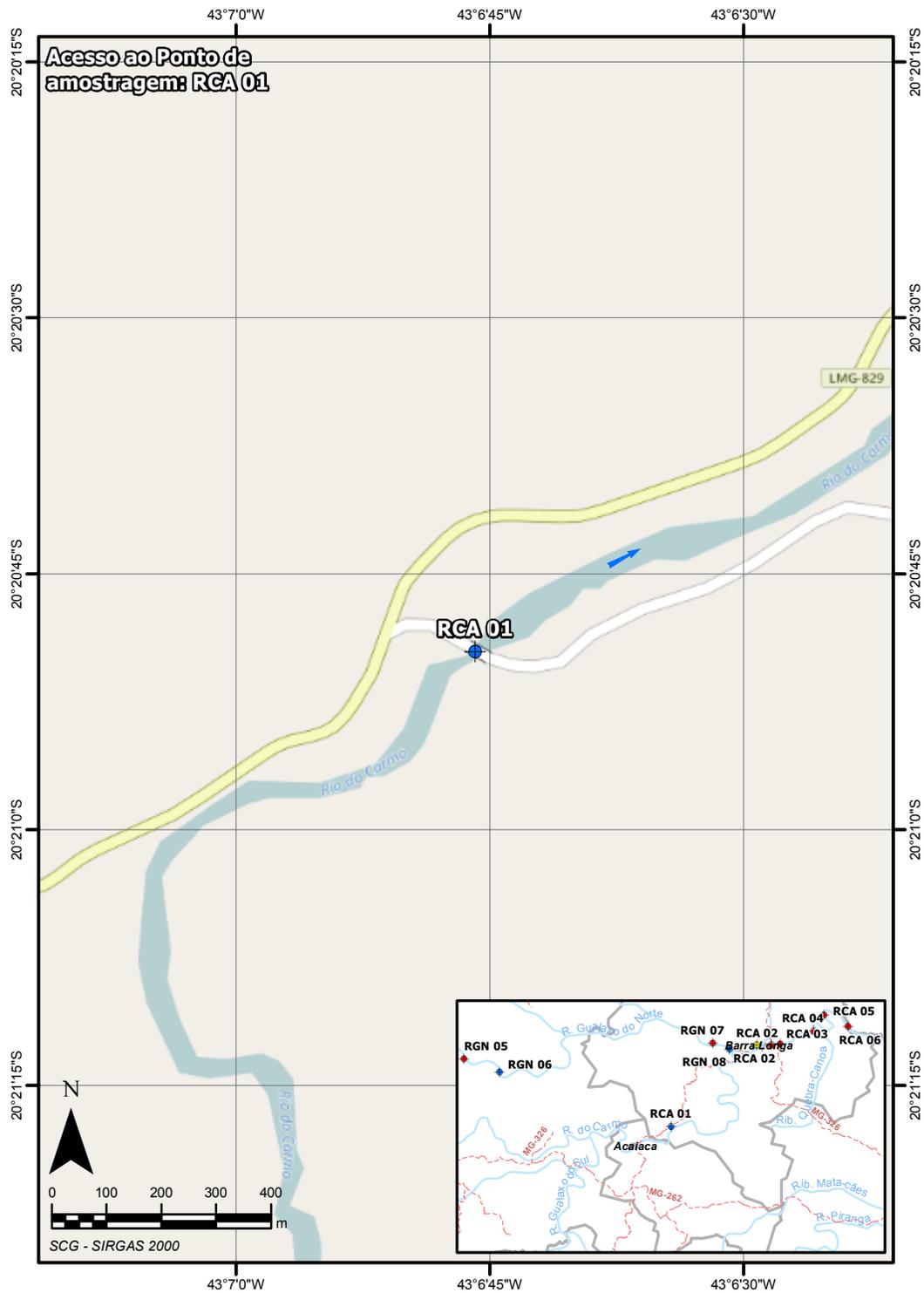
- Ponto de amostragem





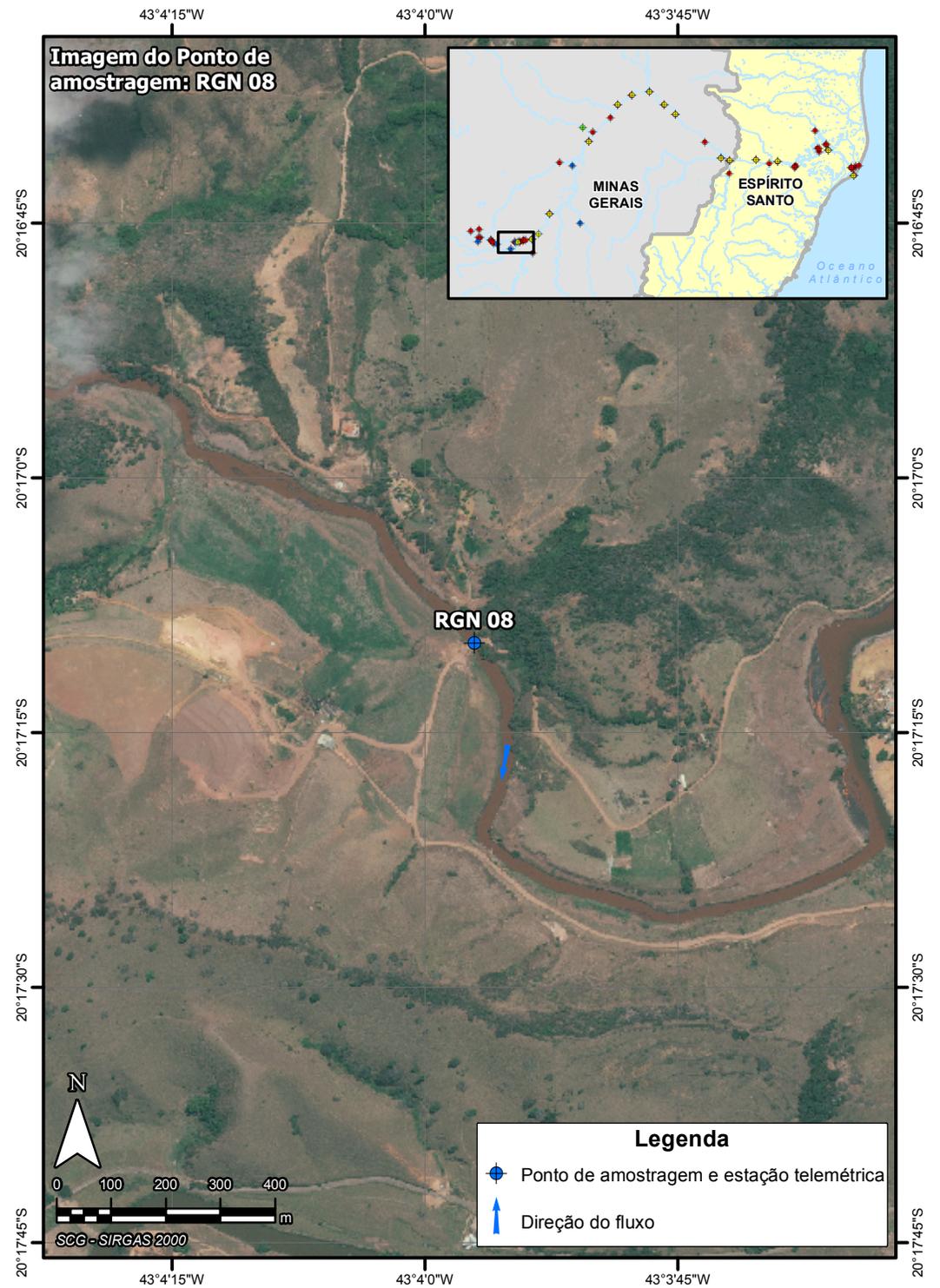
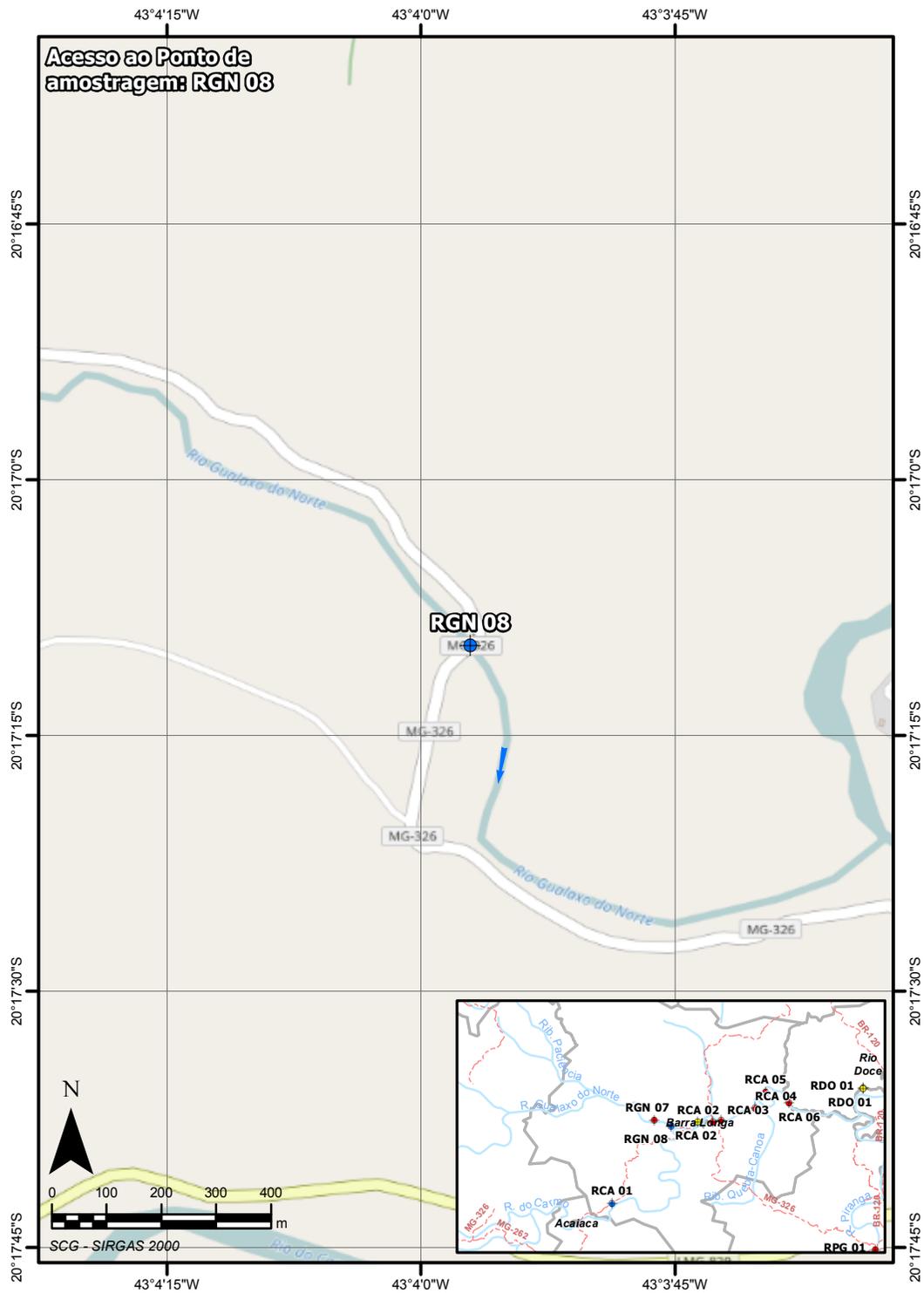


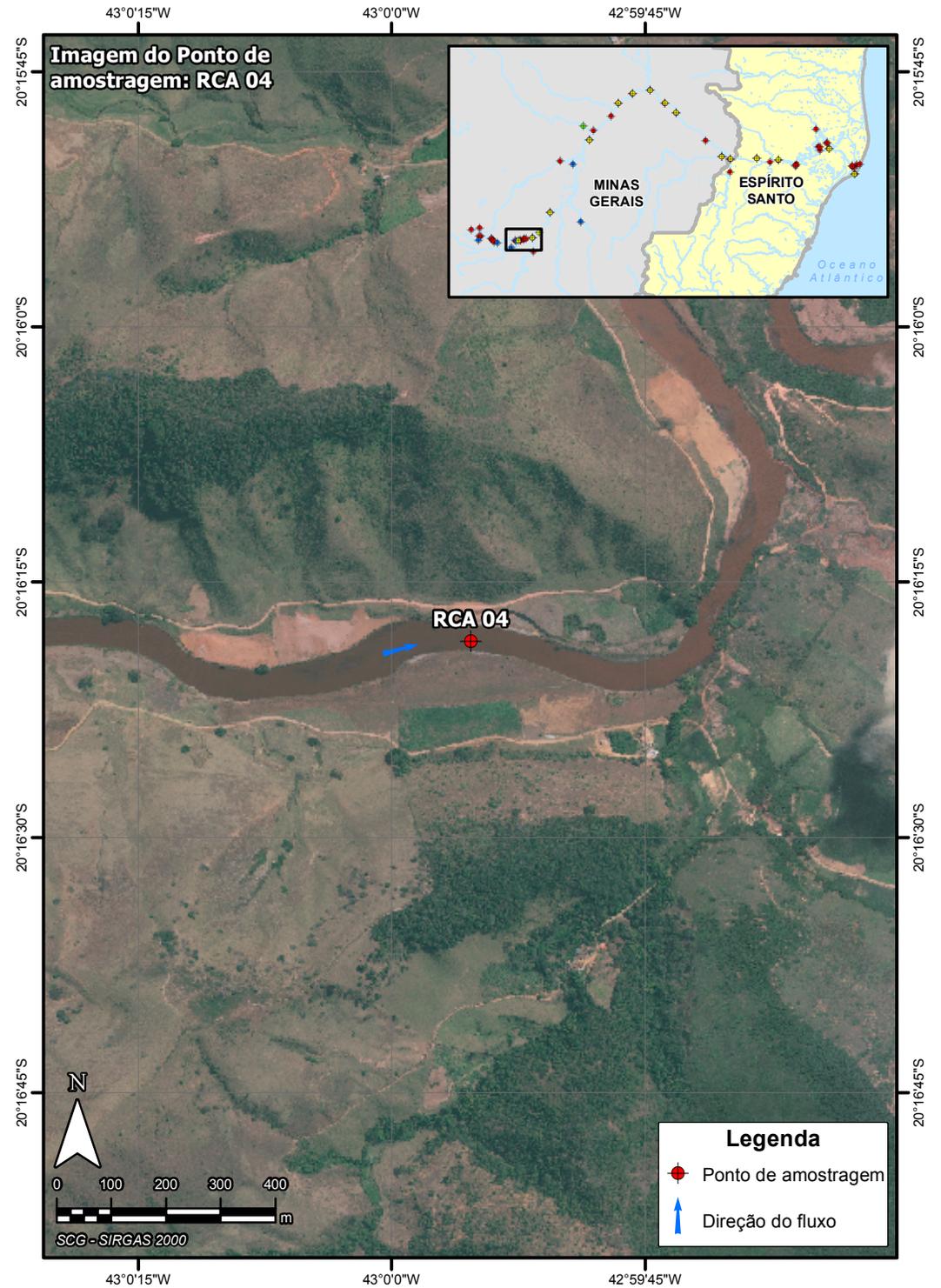


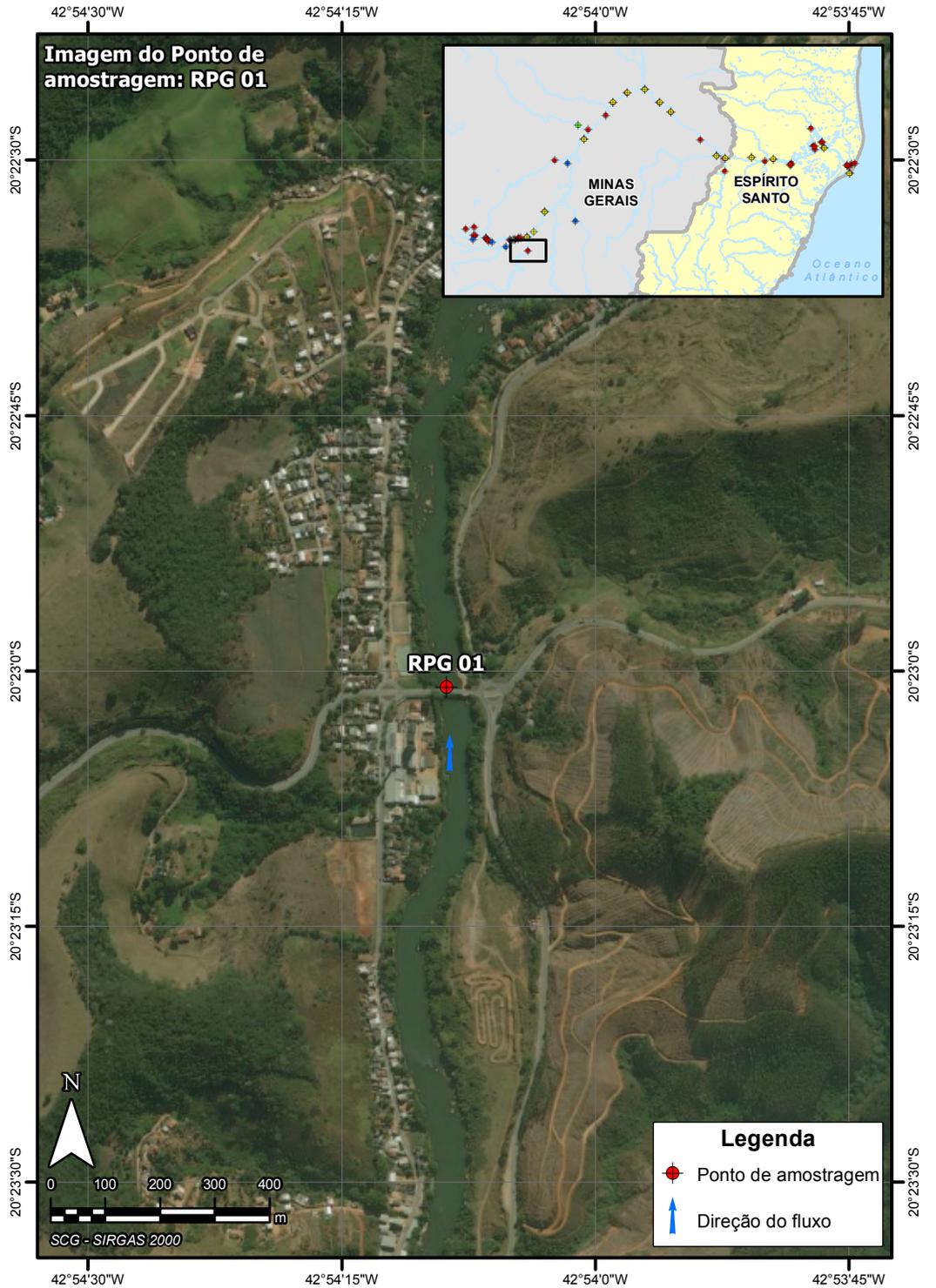
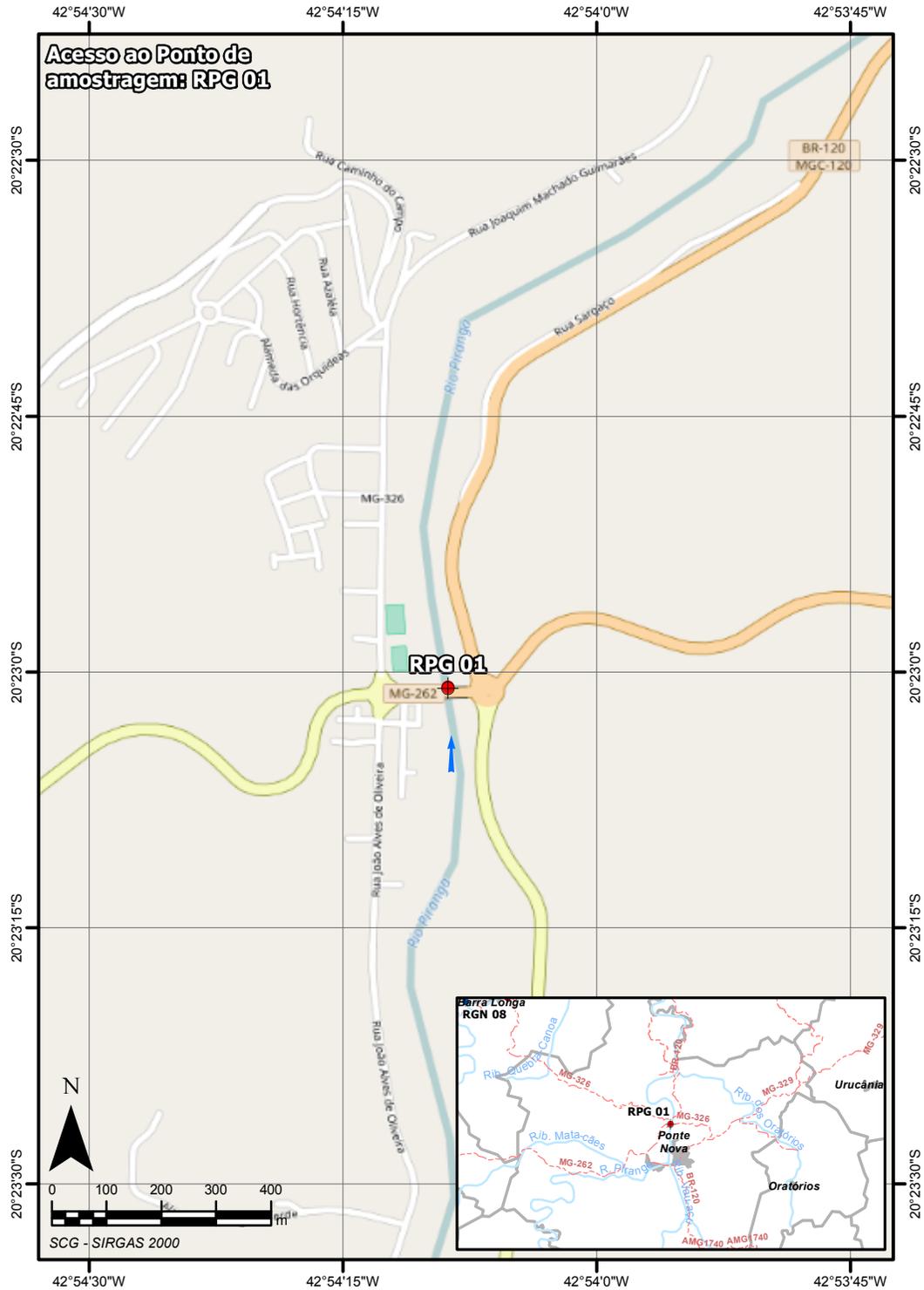


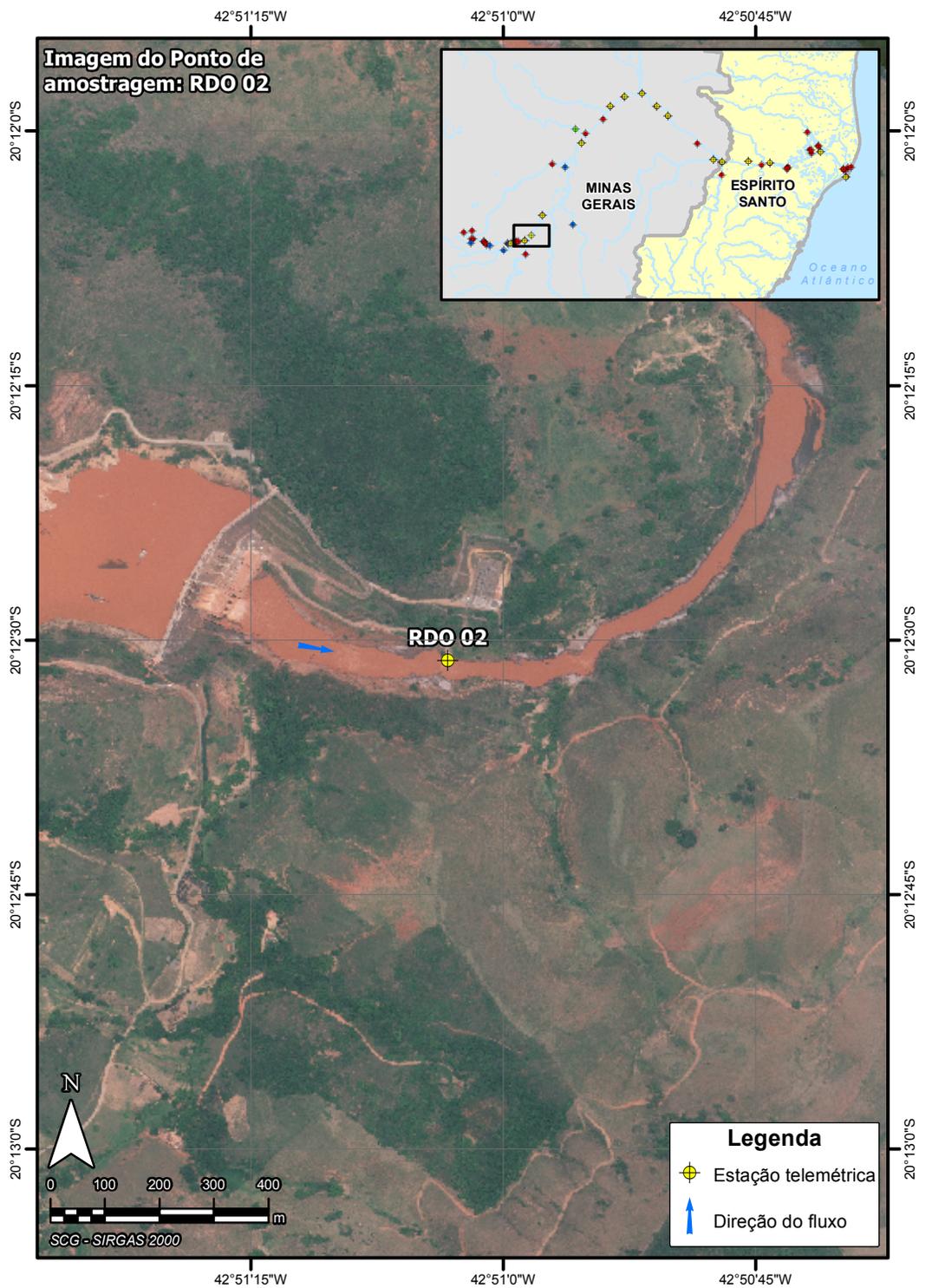
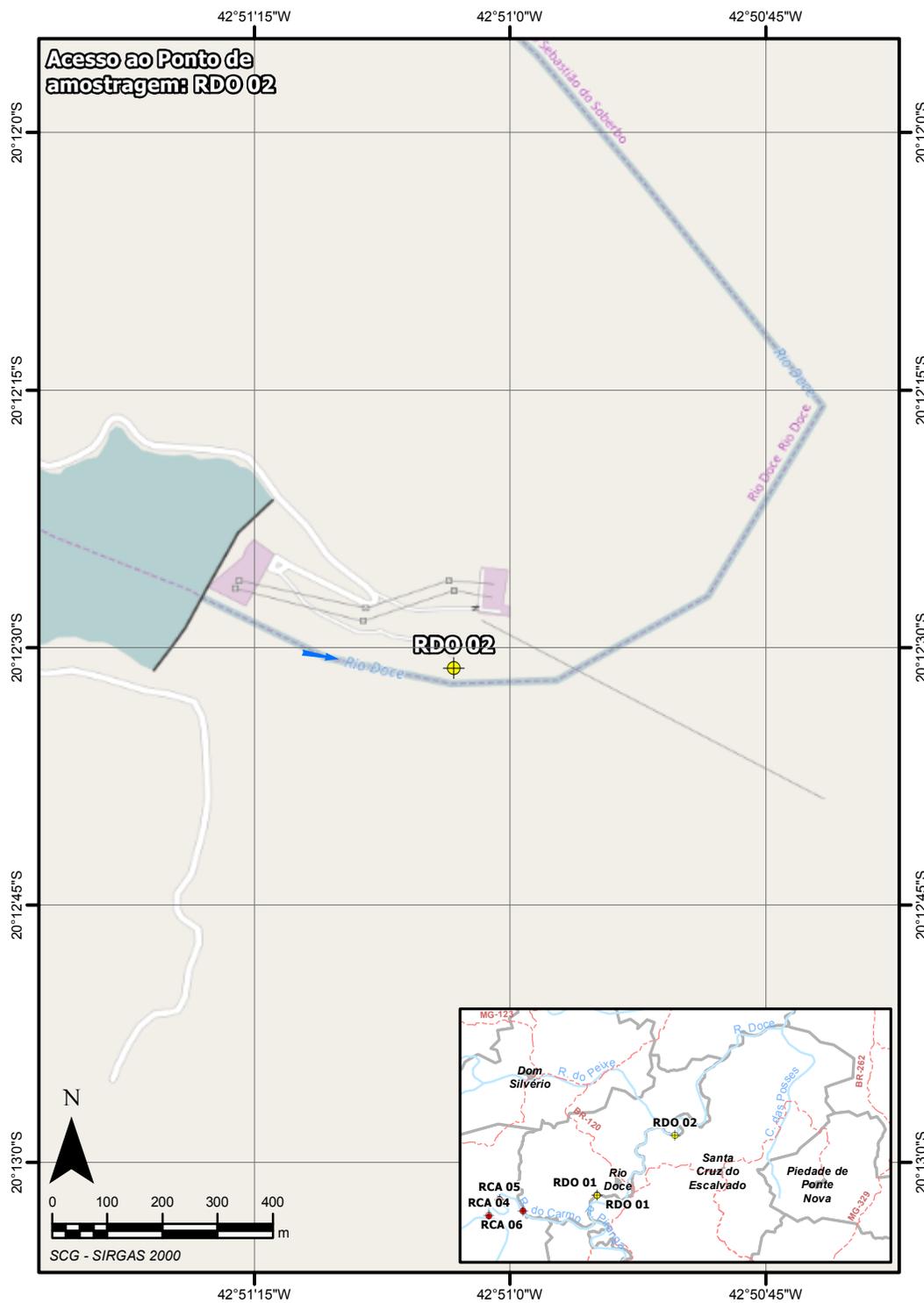
Legenda

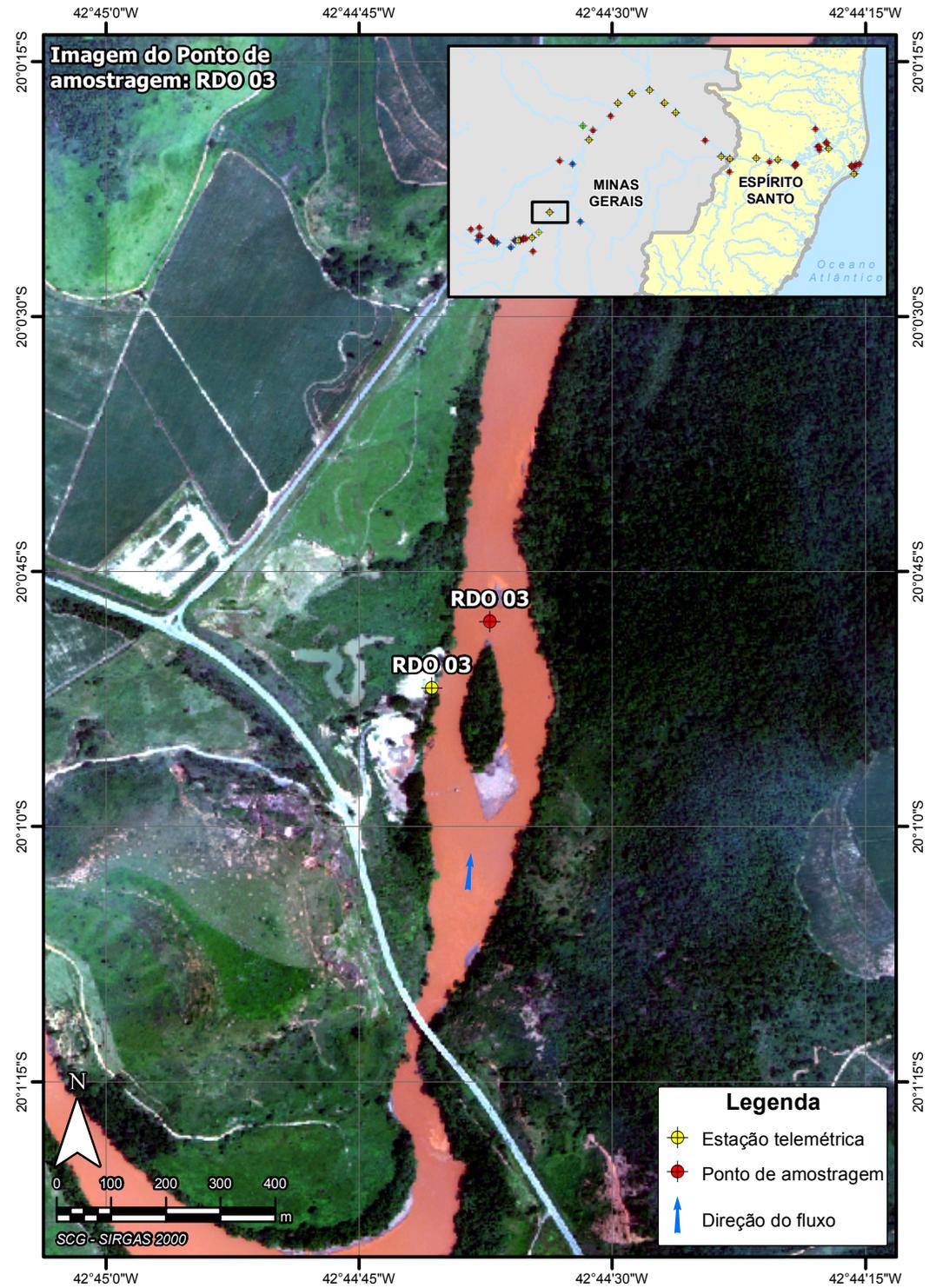
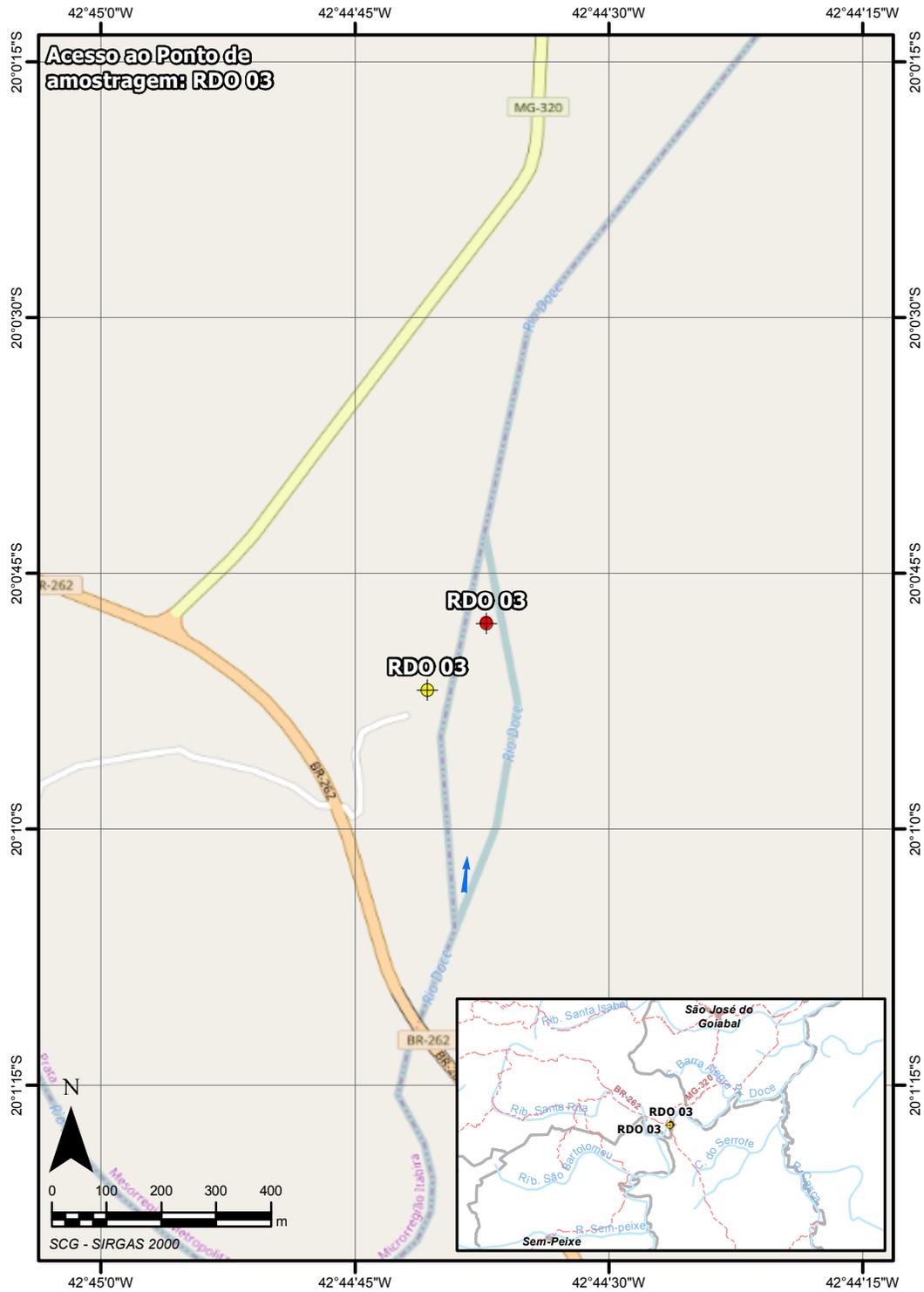
- Ponto de amostragem e estação telemétrica
- Direção do fluxo

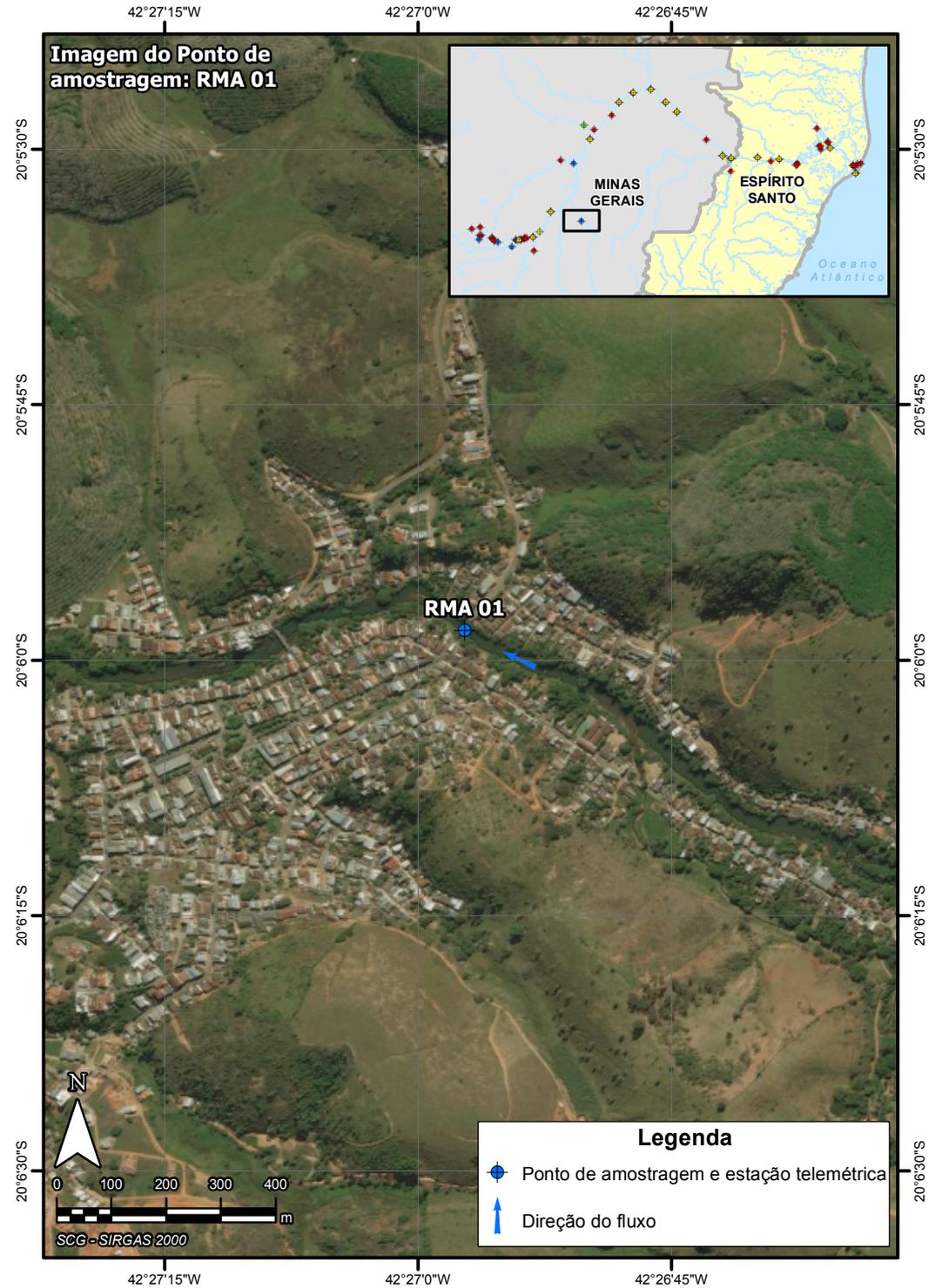
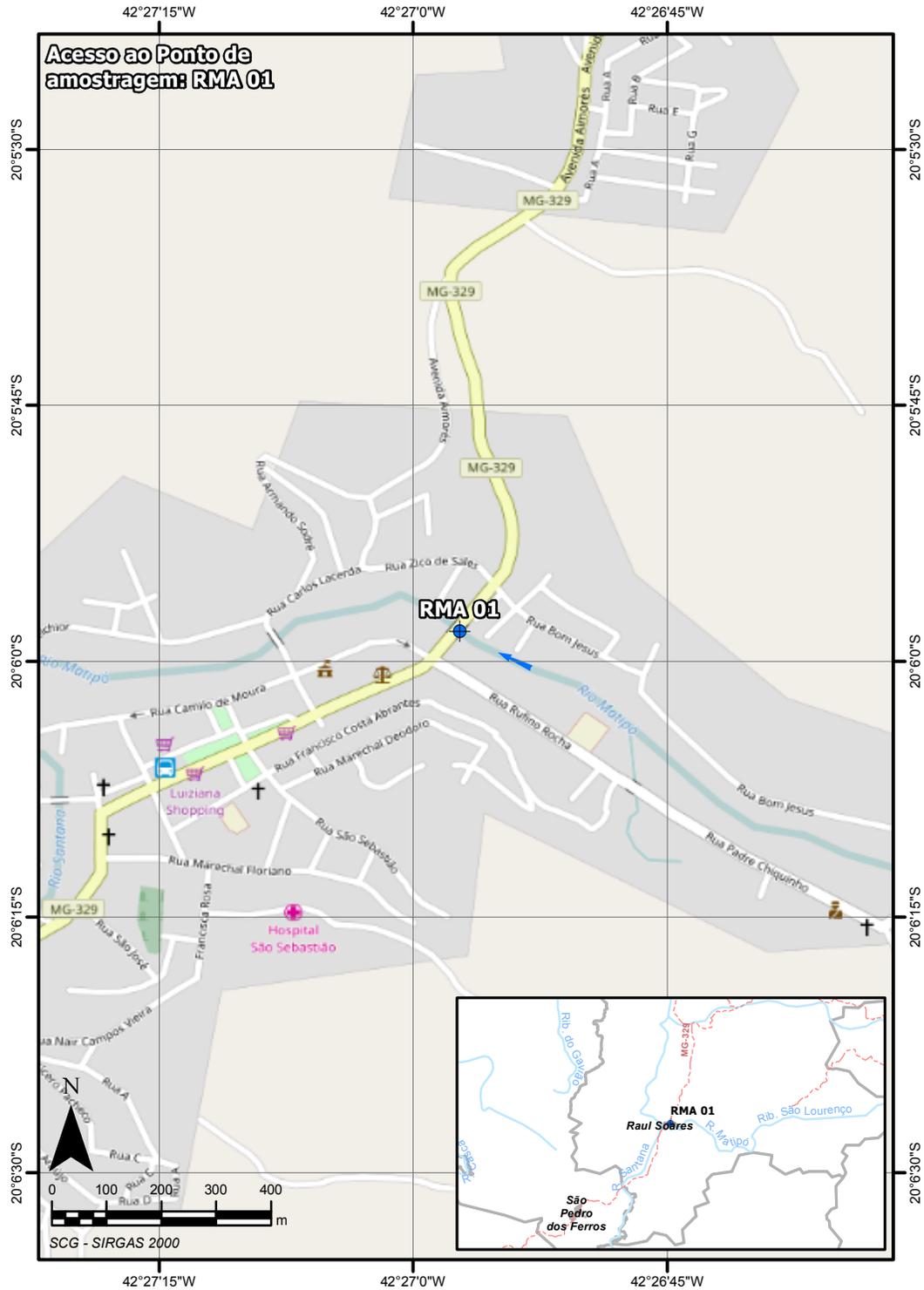


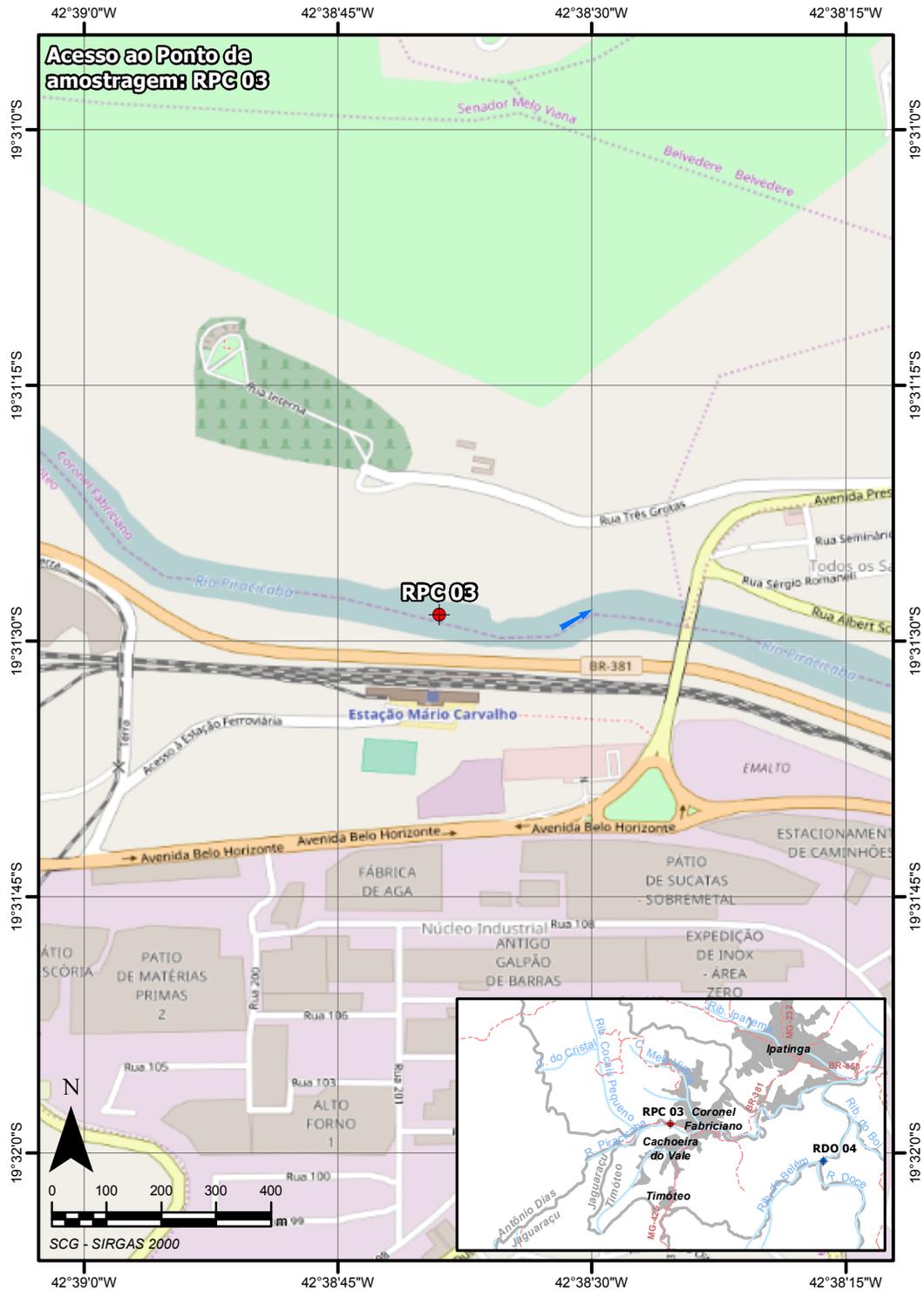


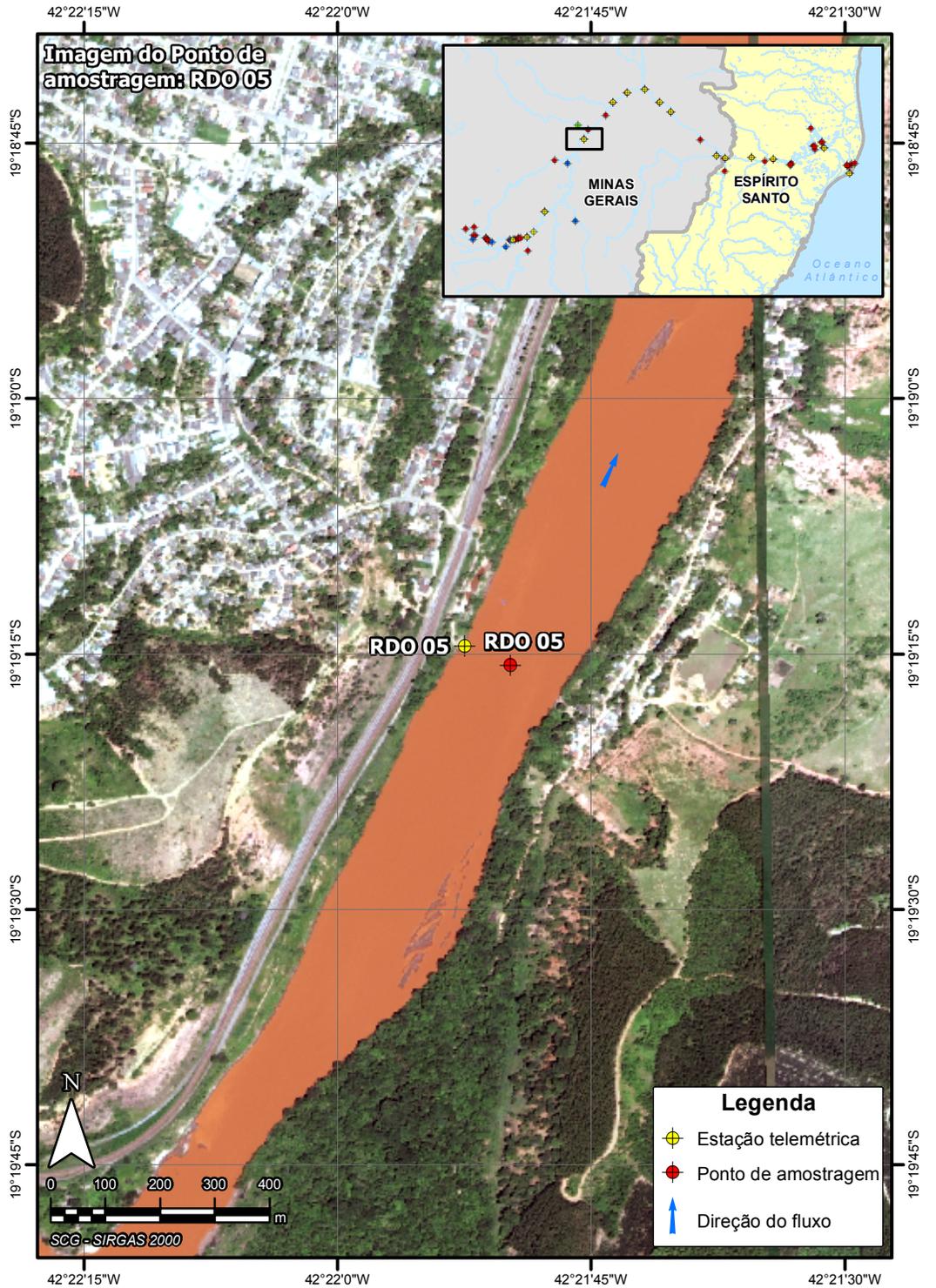
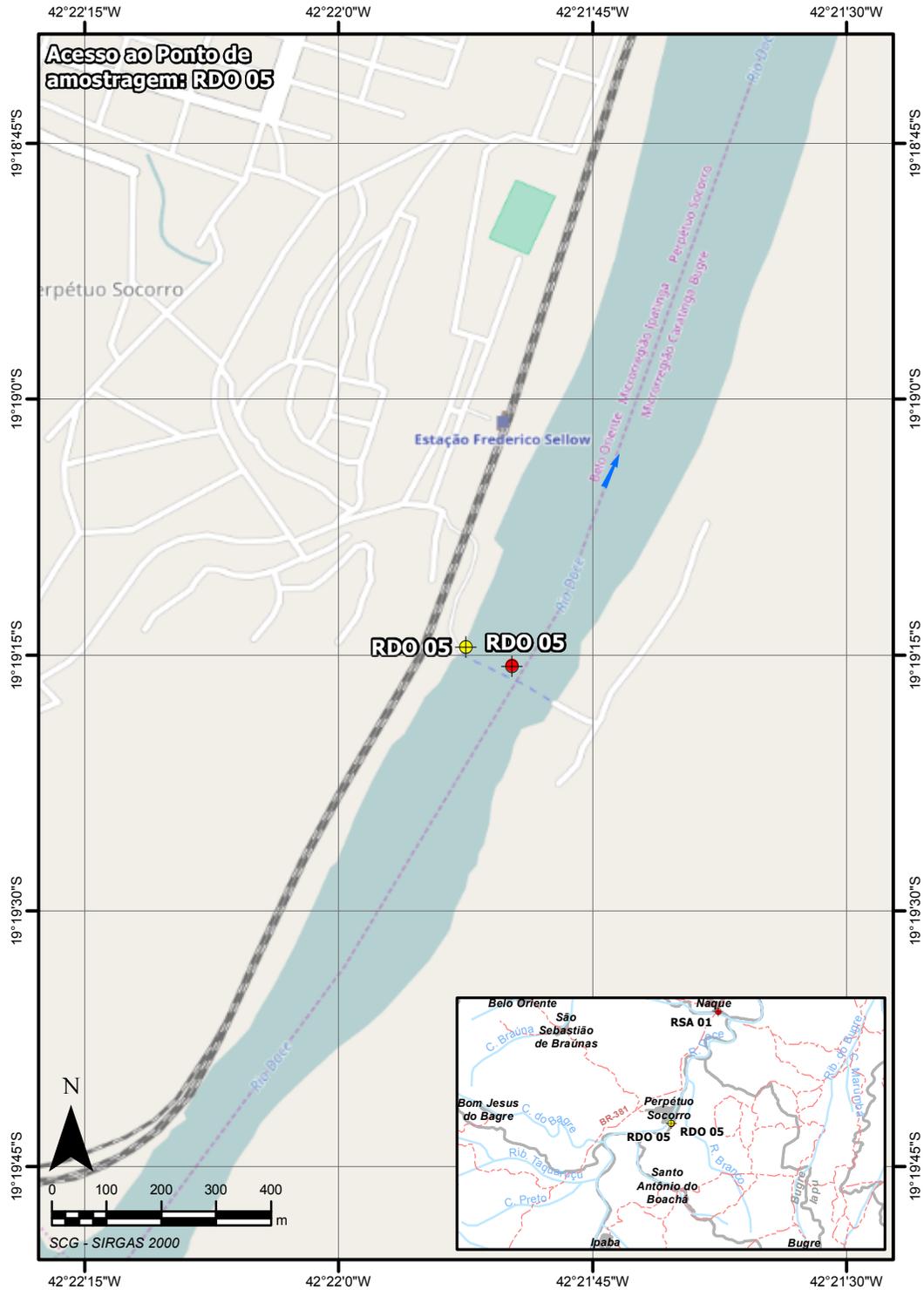






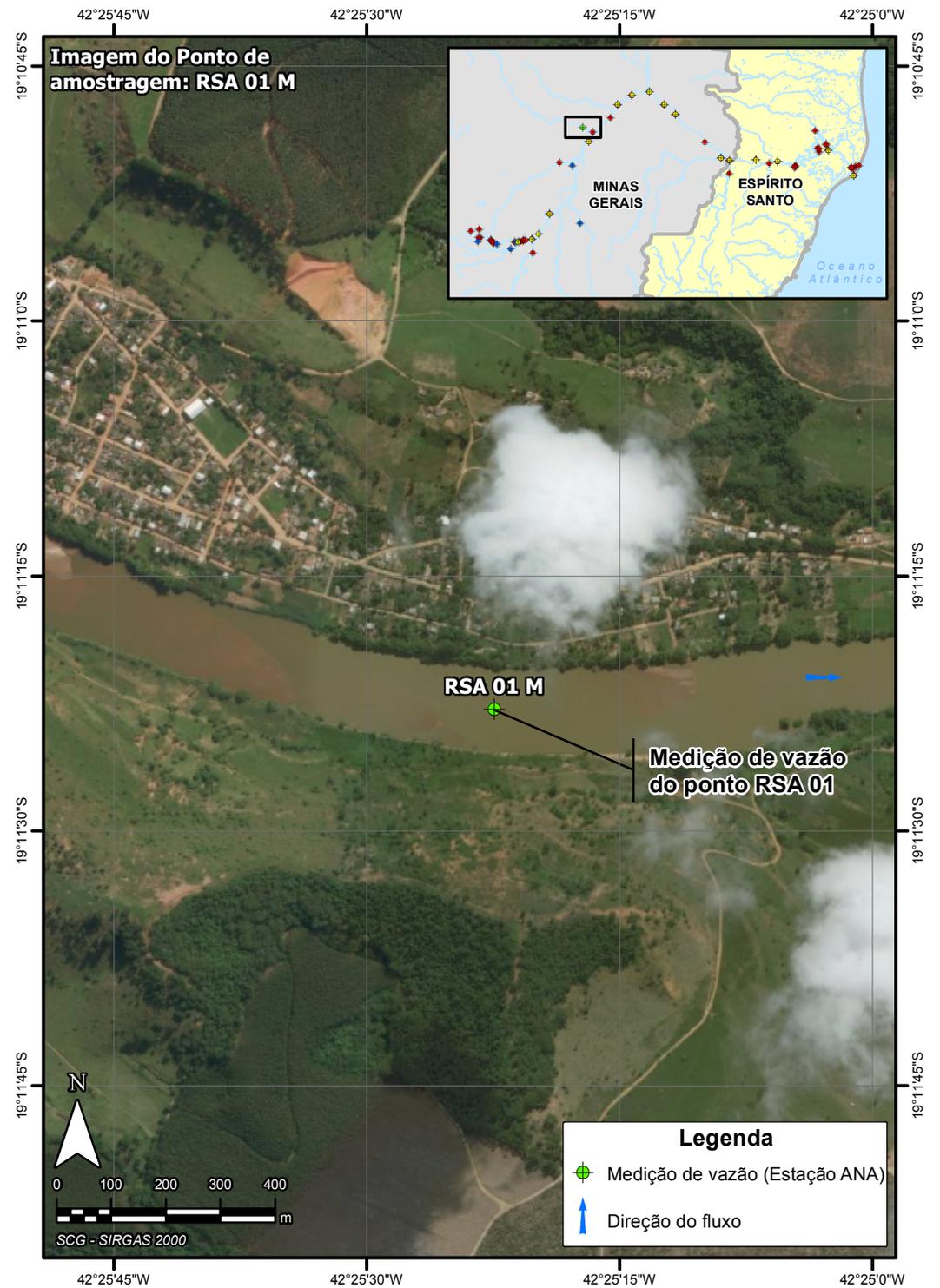
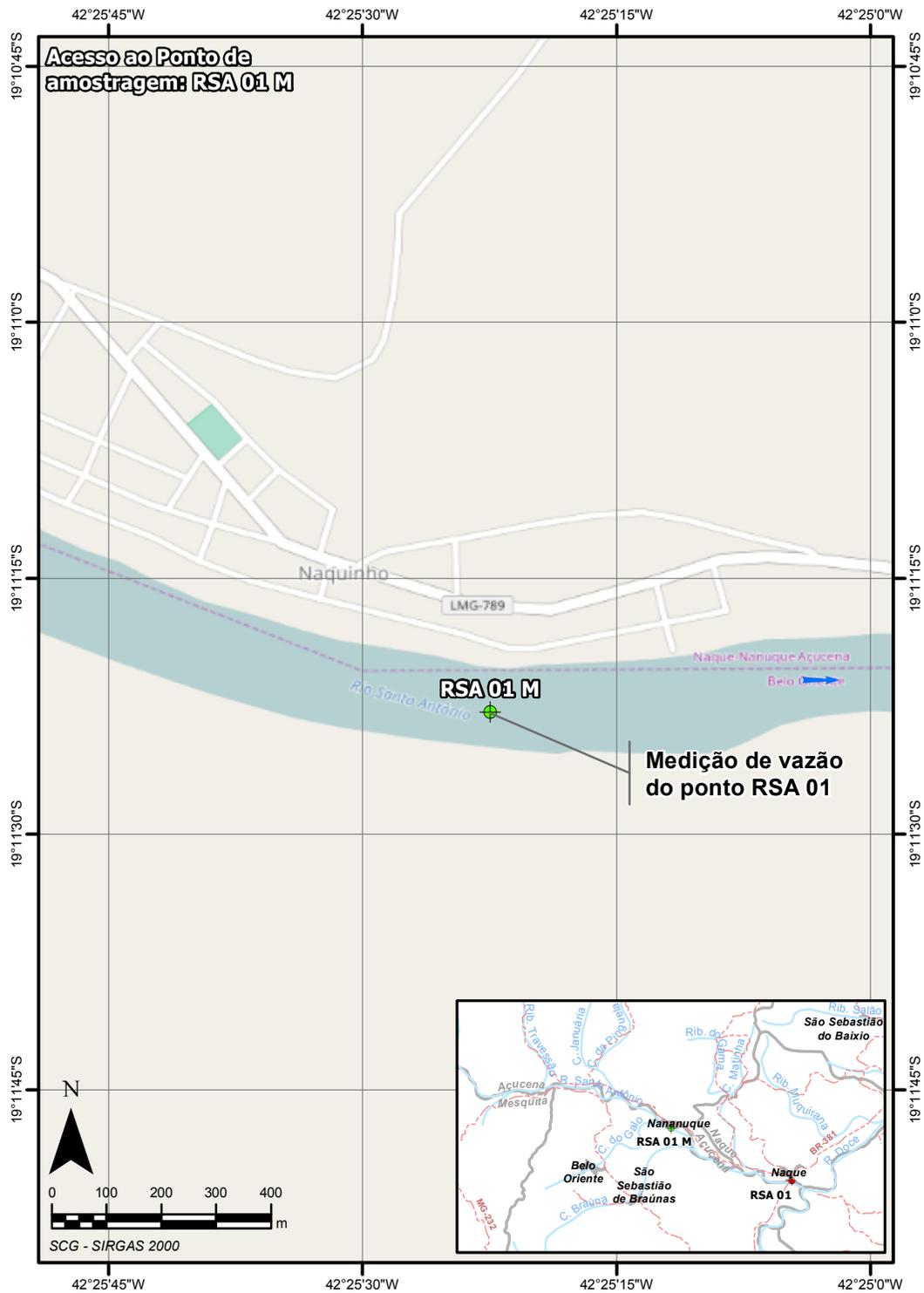






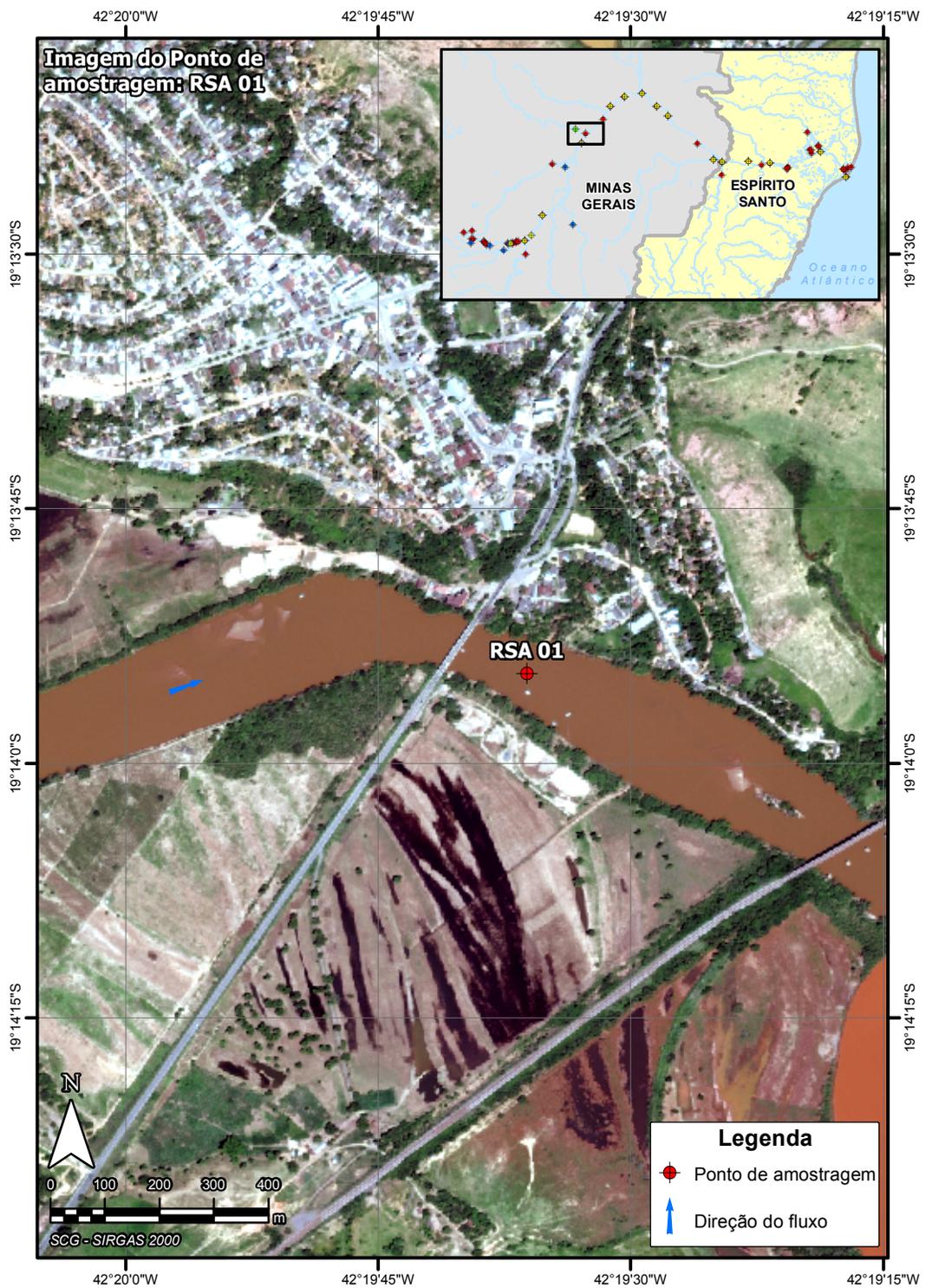
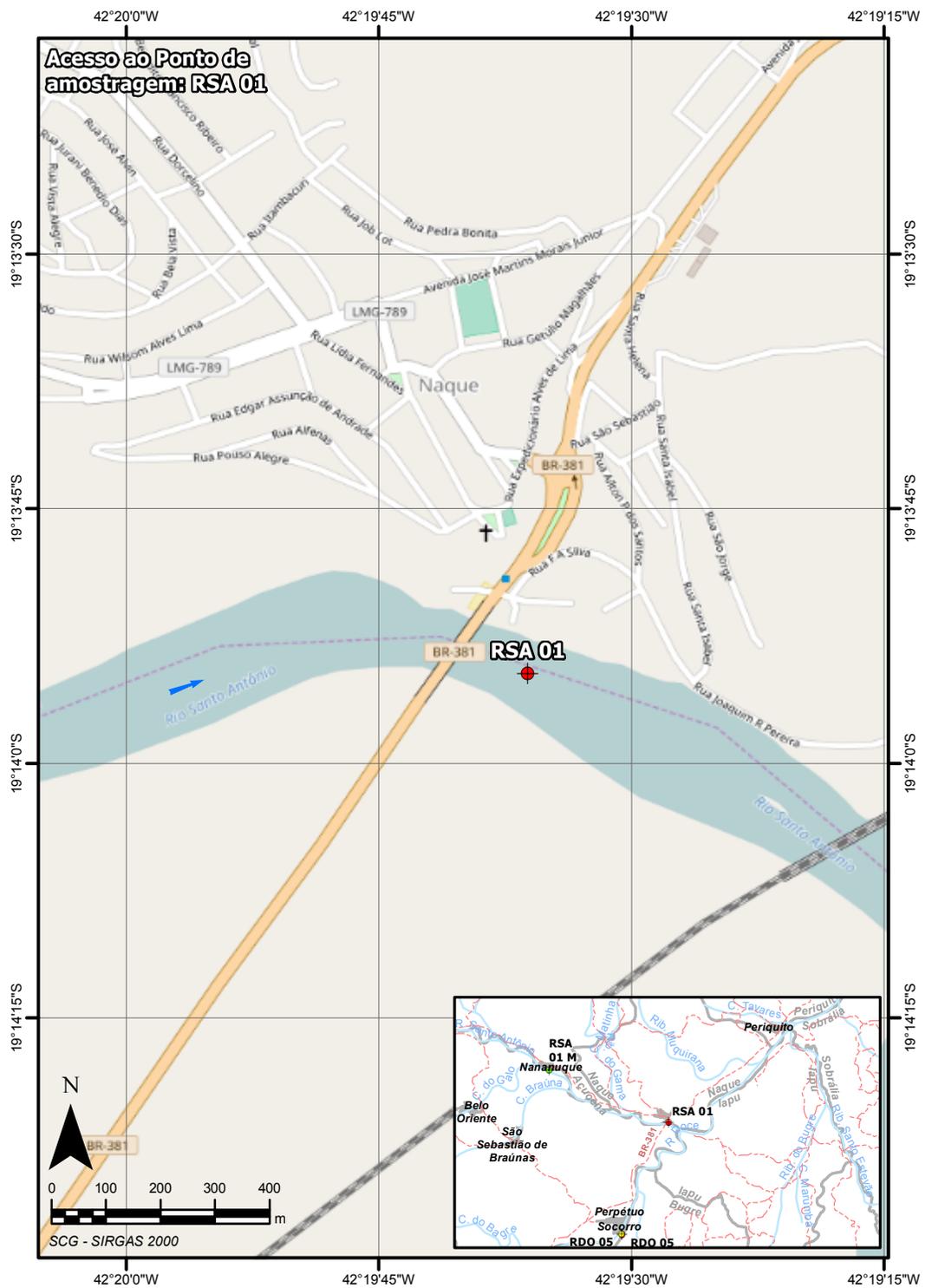
Legenda

-  Estação telemétrica
-  Ponto de amostragem
-  Direção do fluxo



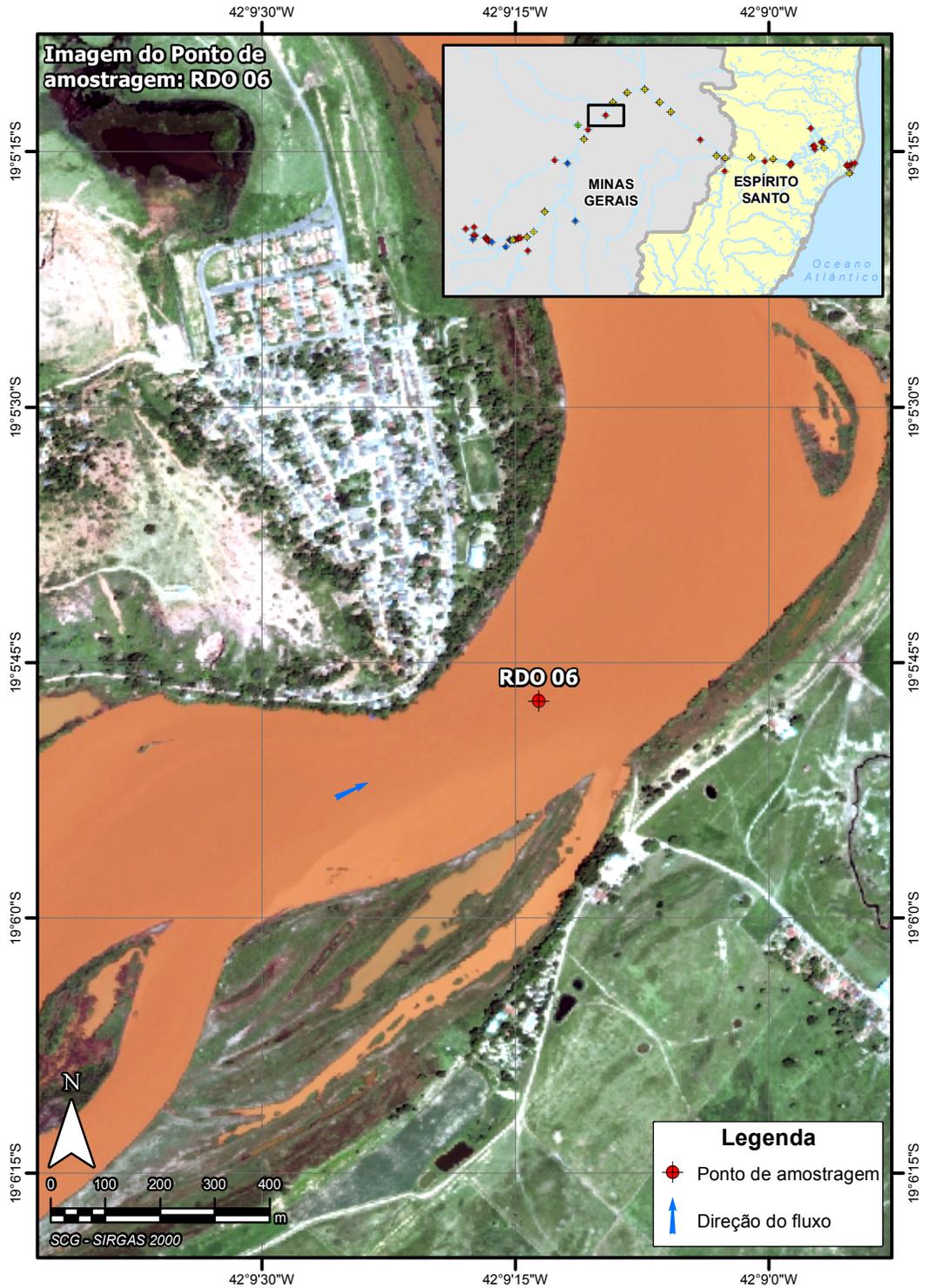
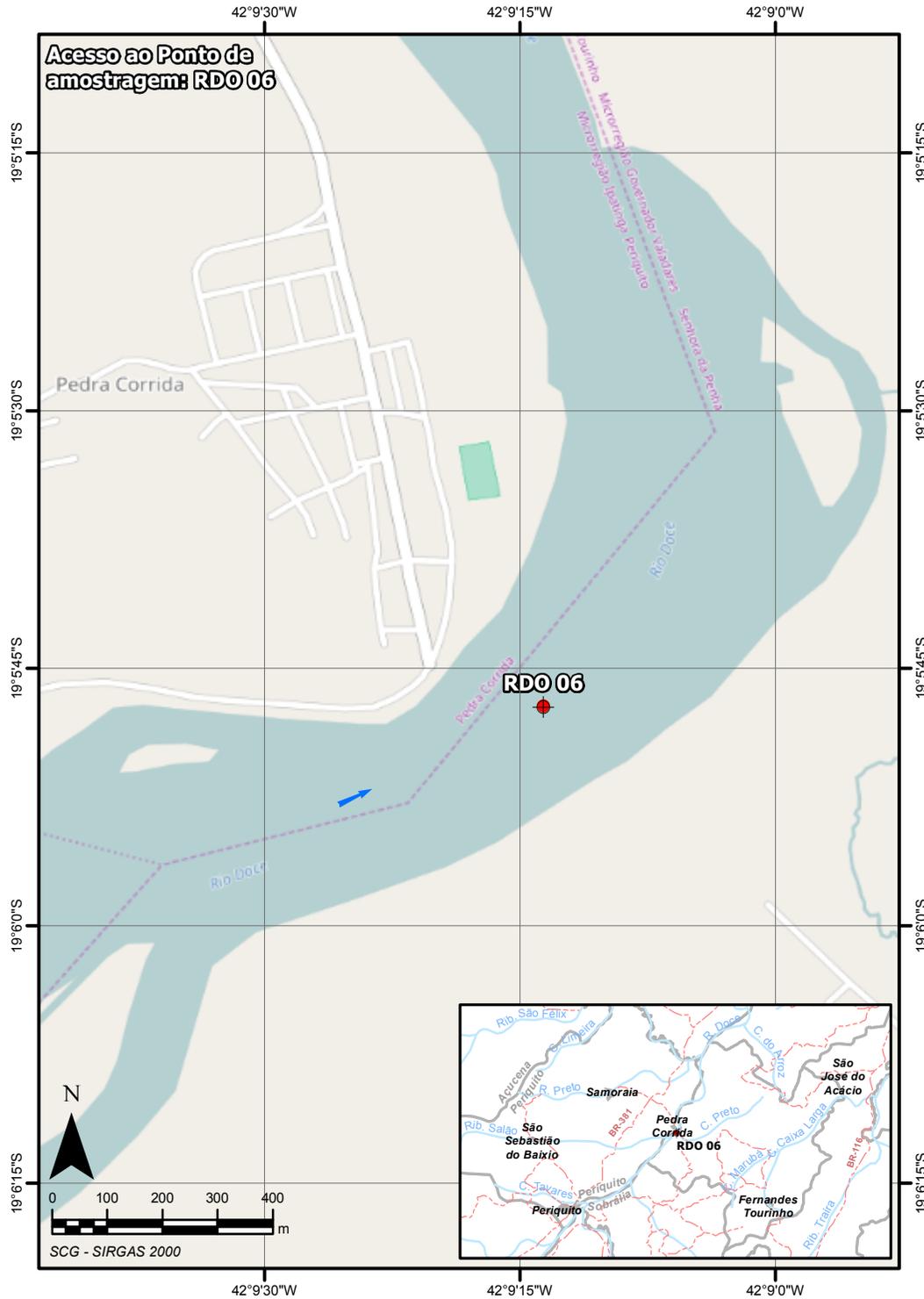
Legenda

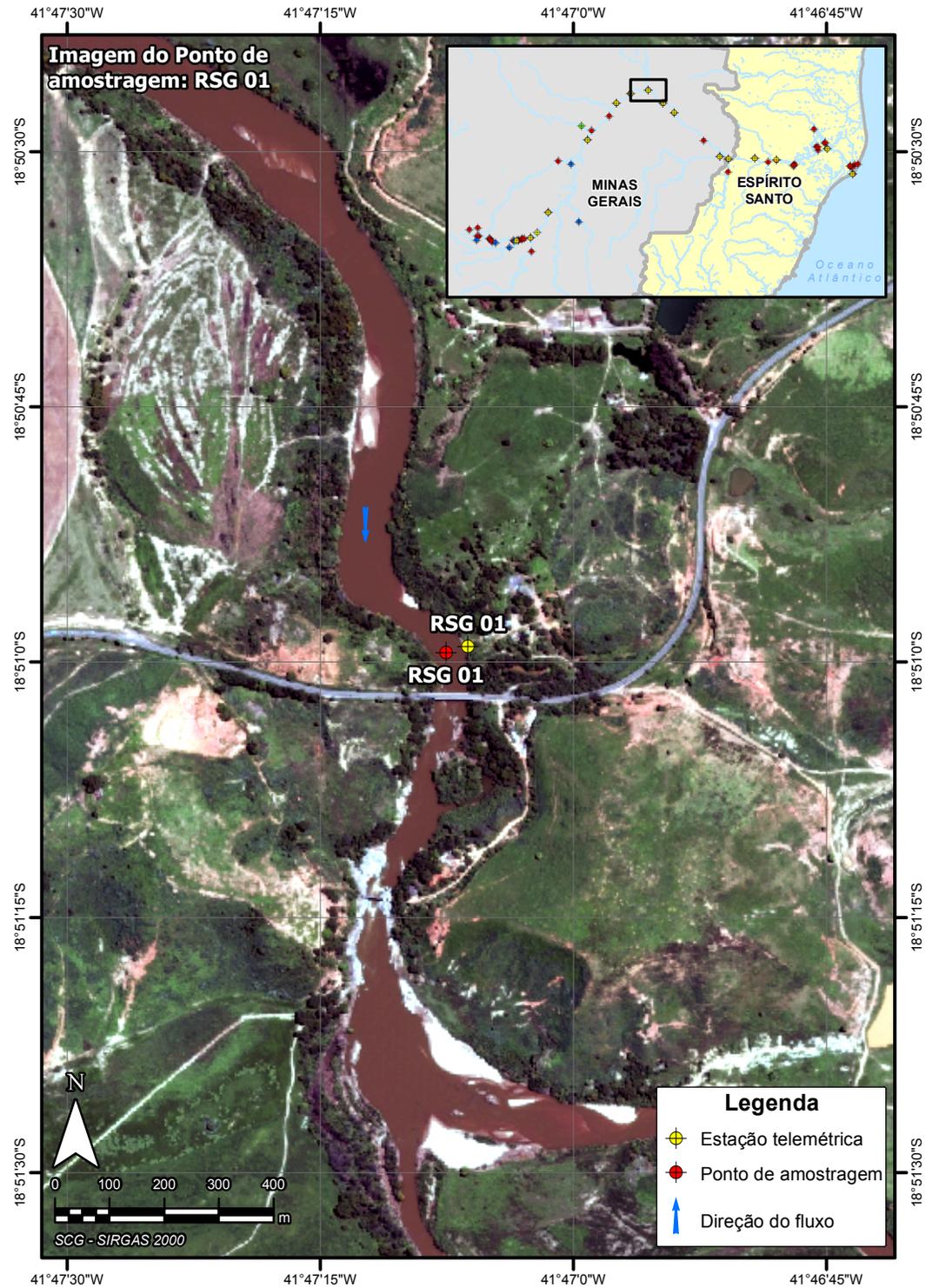
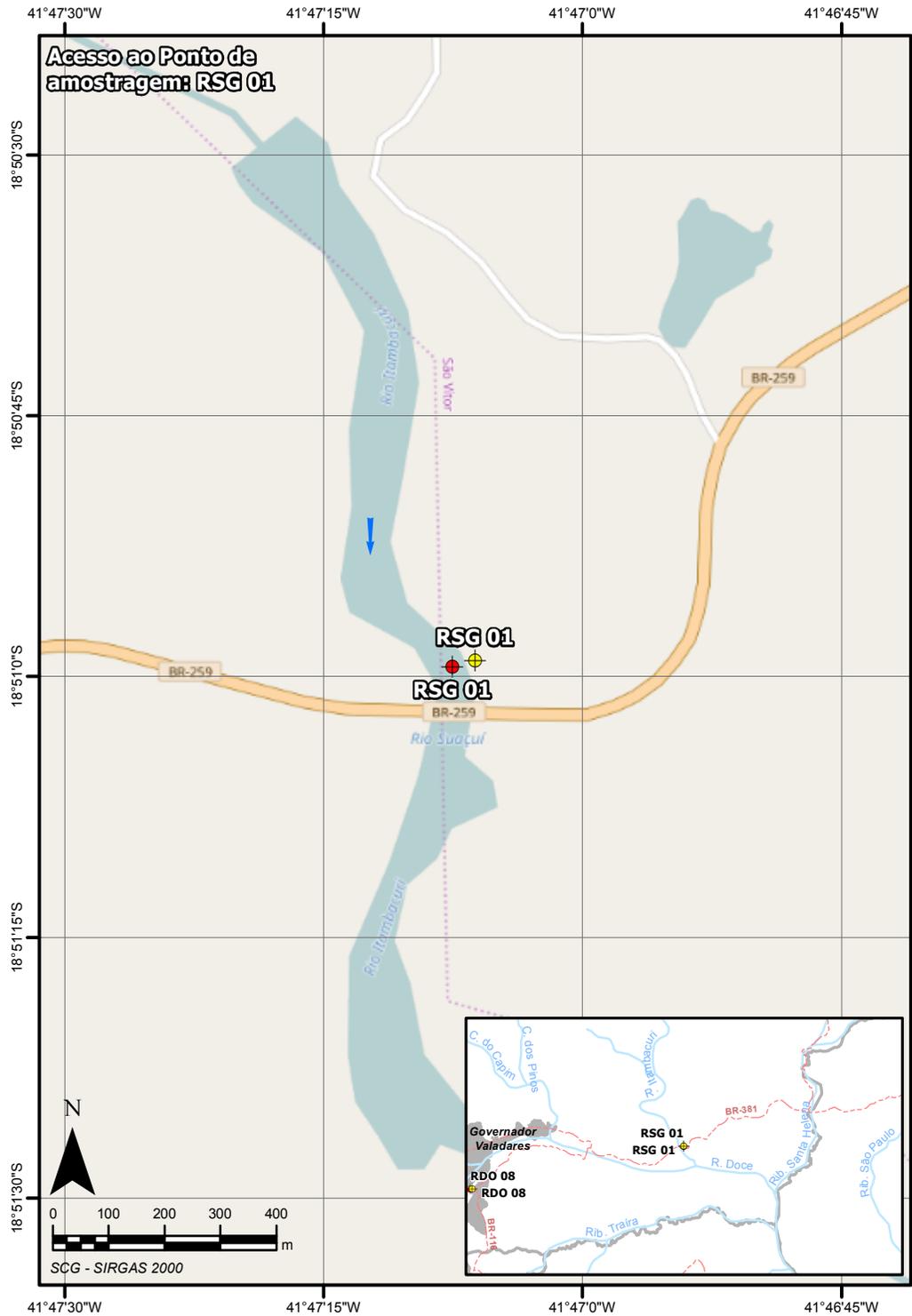
- Medição de vazão (Estação ANA)
- ➔ Direção do fluxo

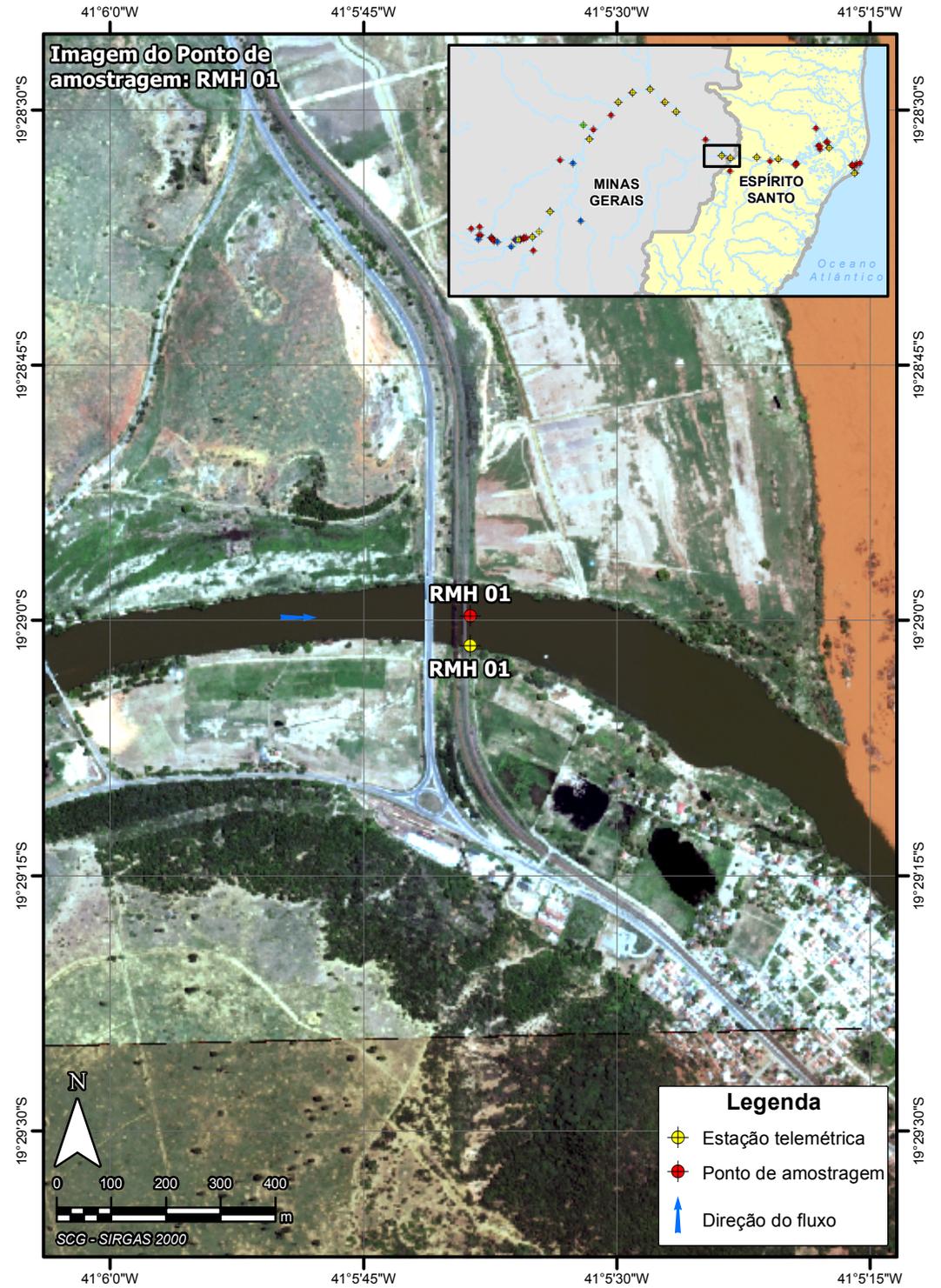
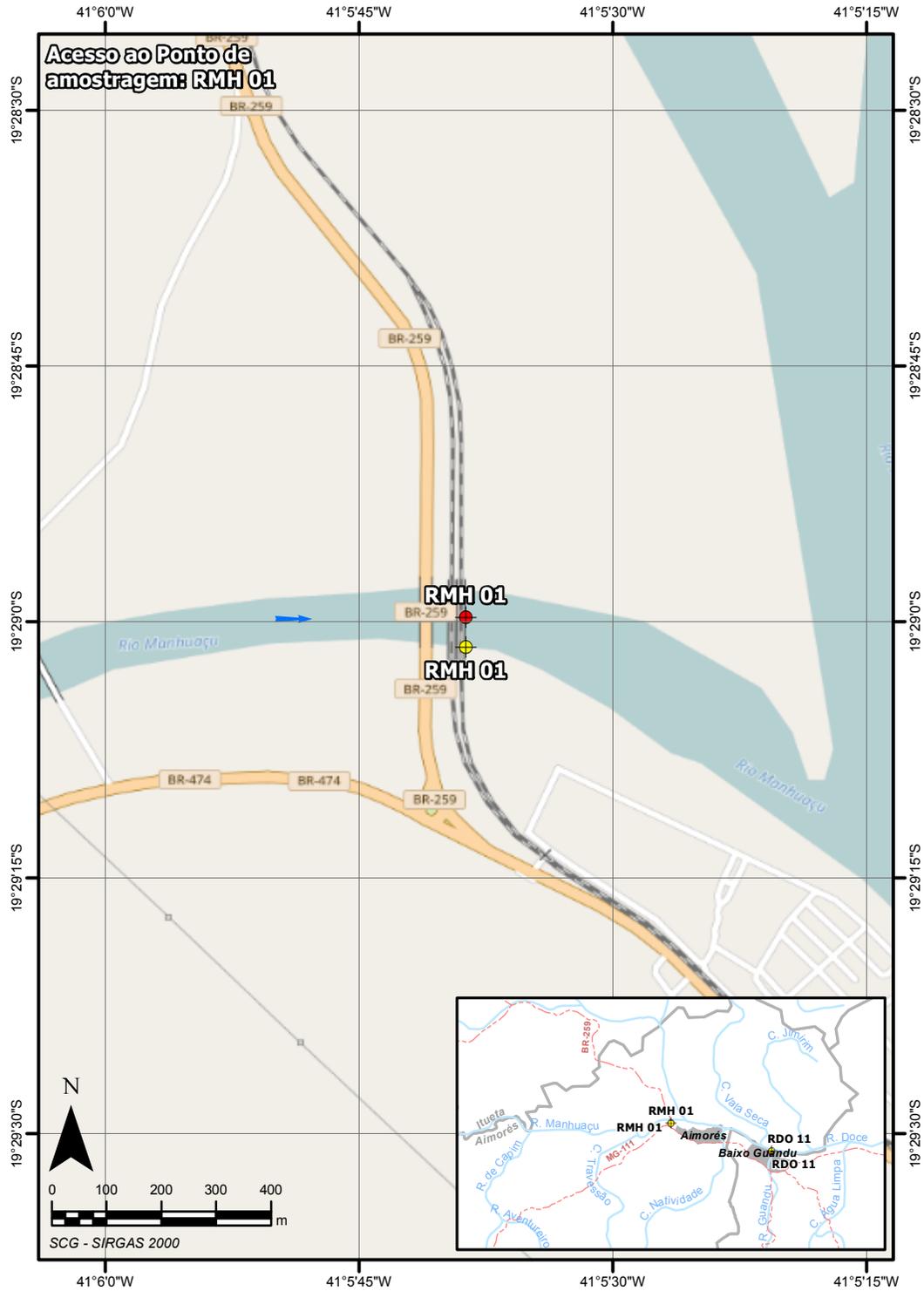


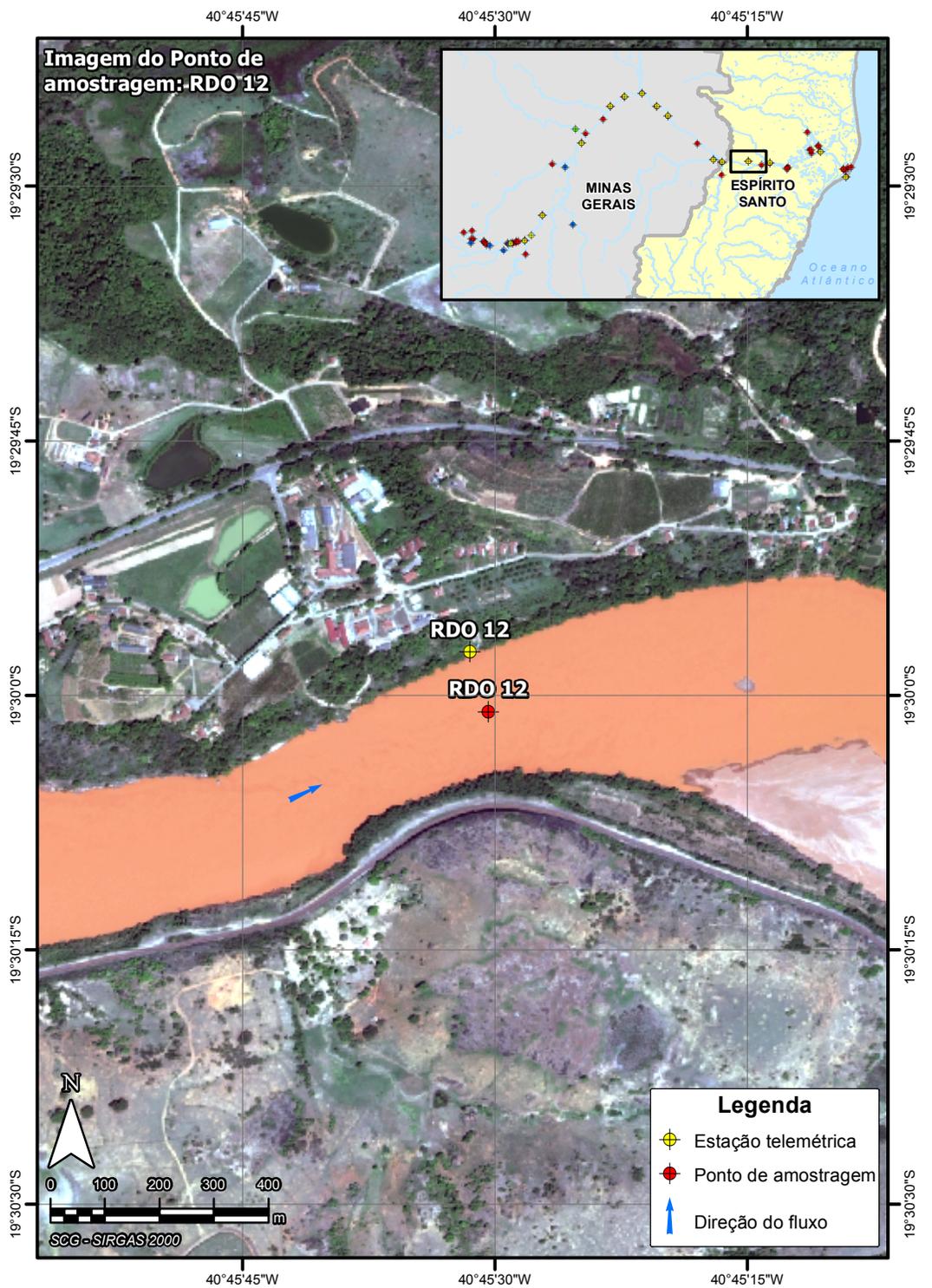
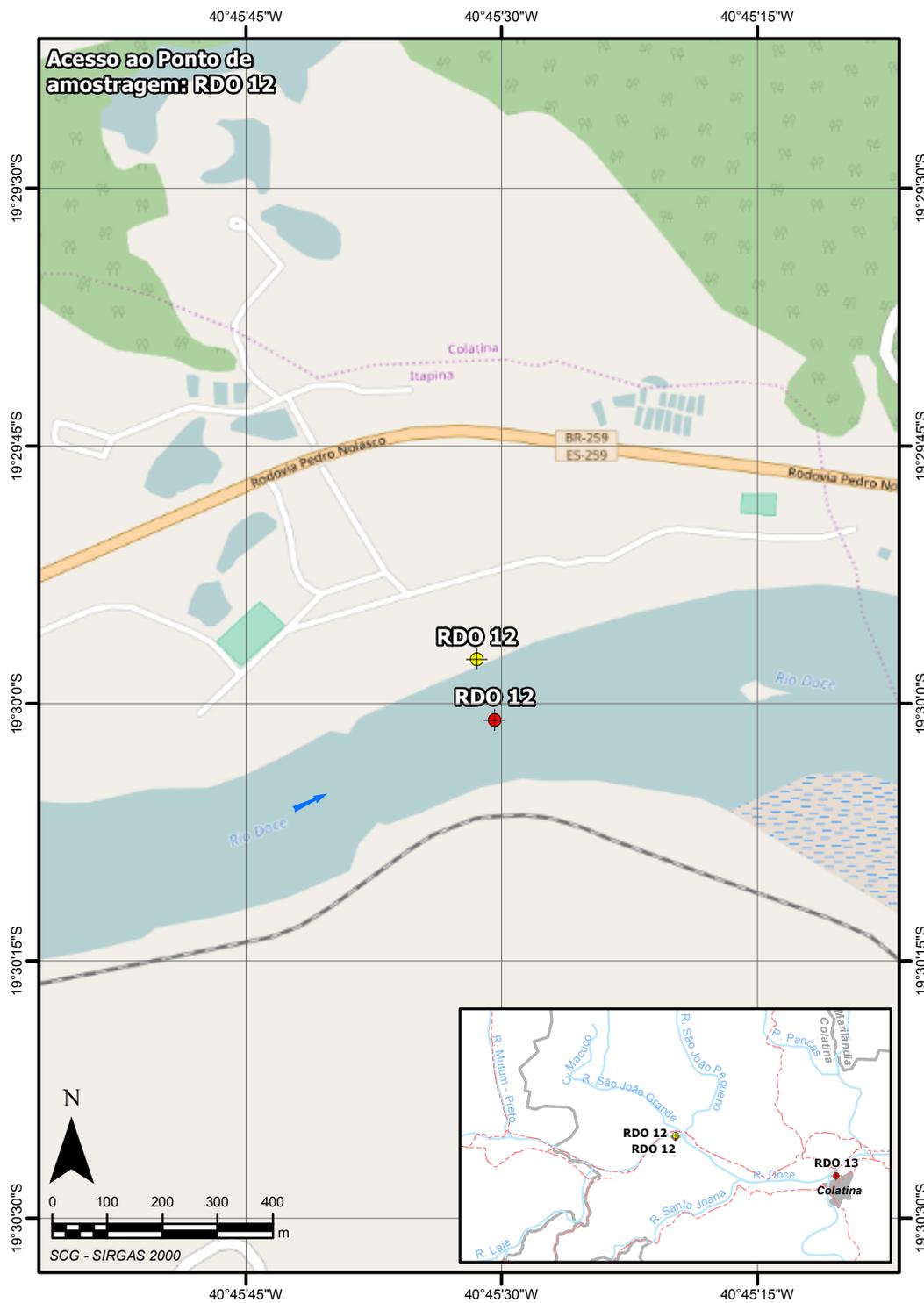
Legenda

- Ponto de amostragem
- ↑ Direção do fluxo



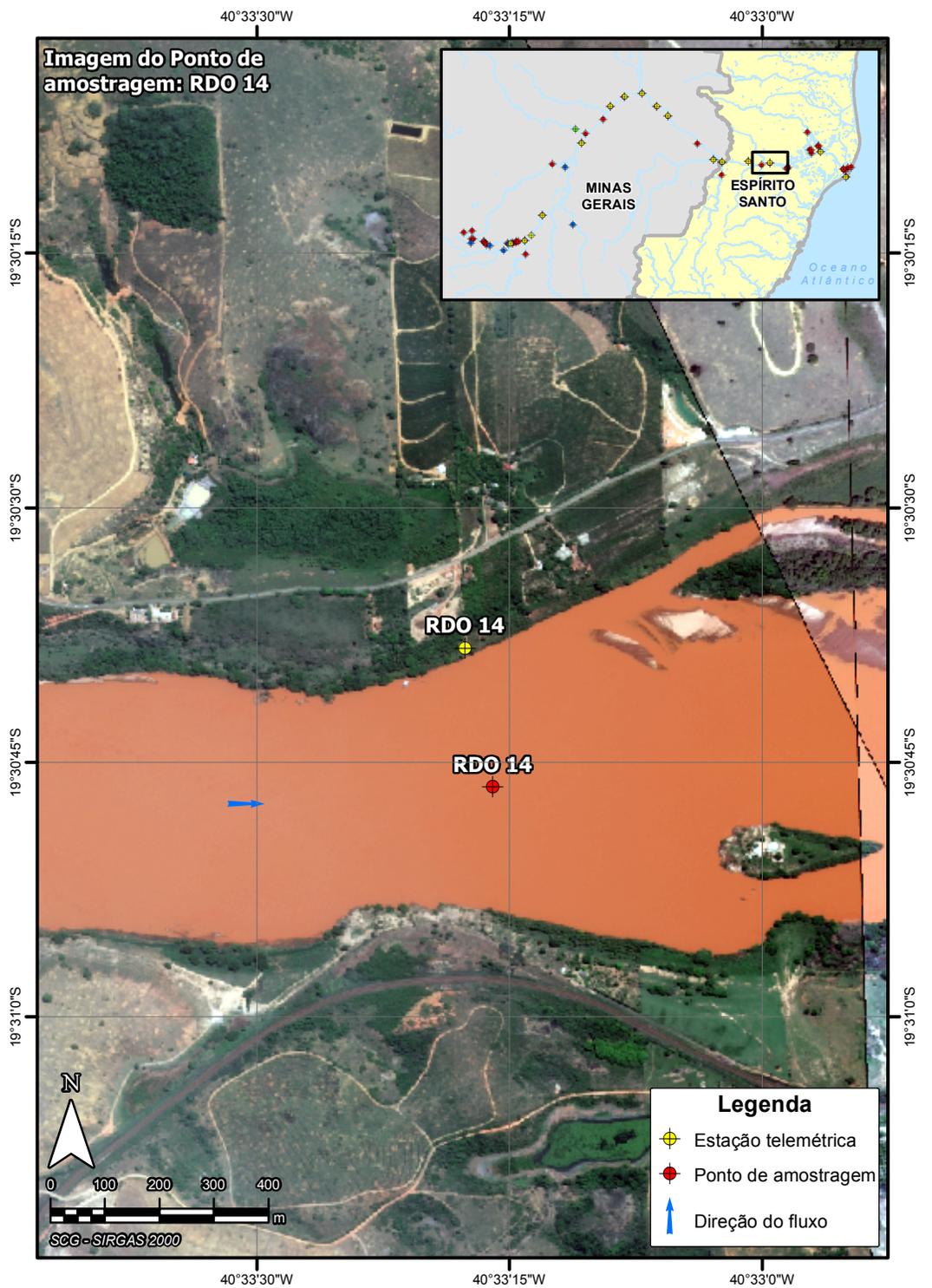
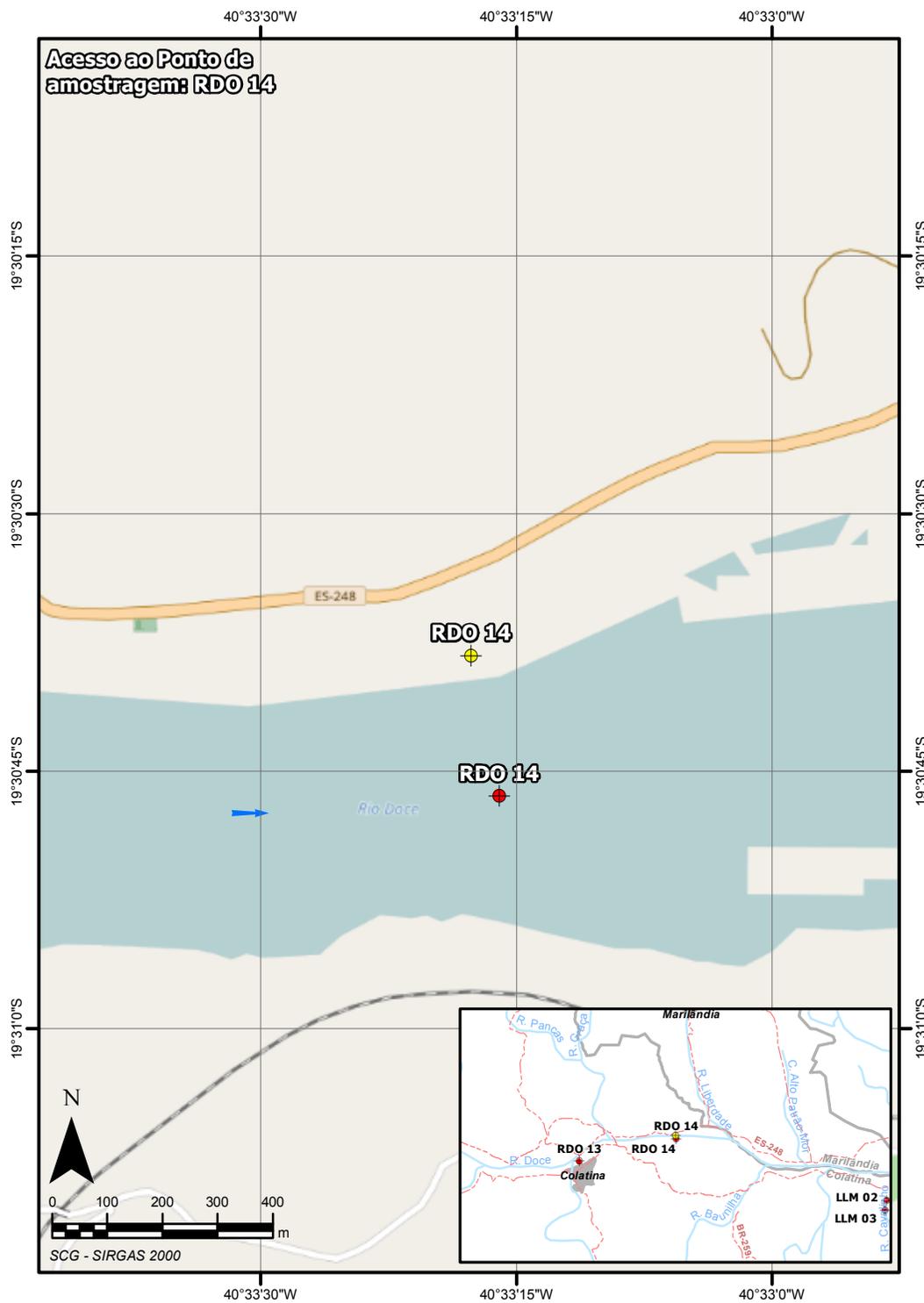


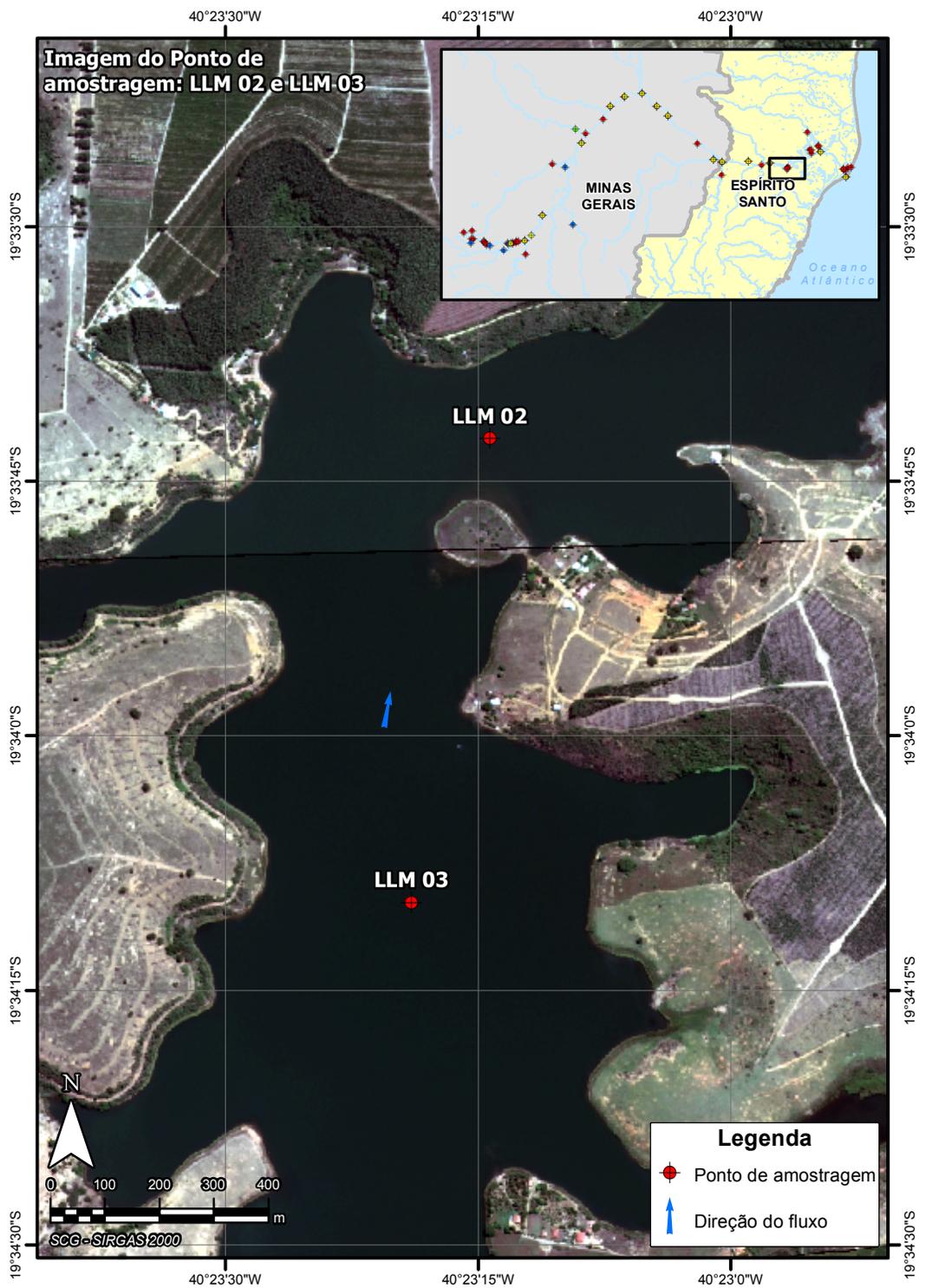
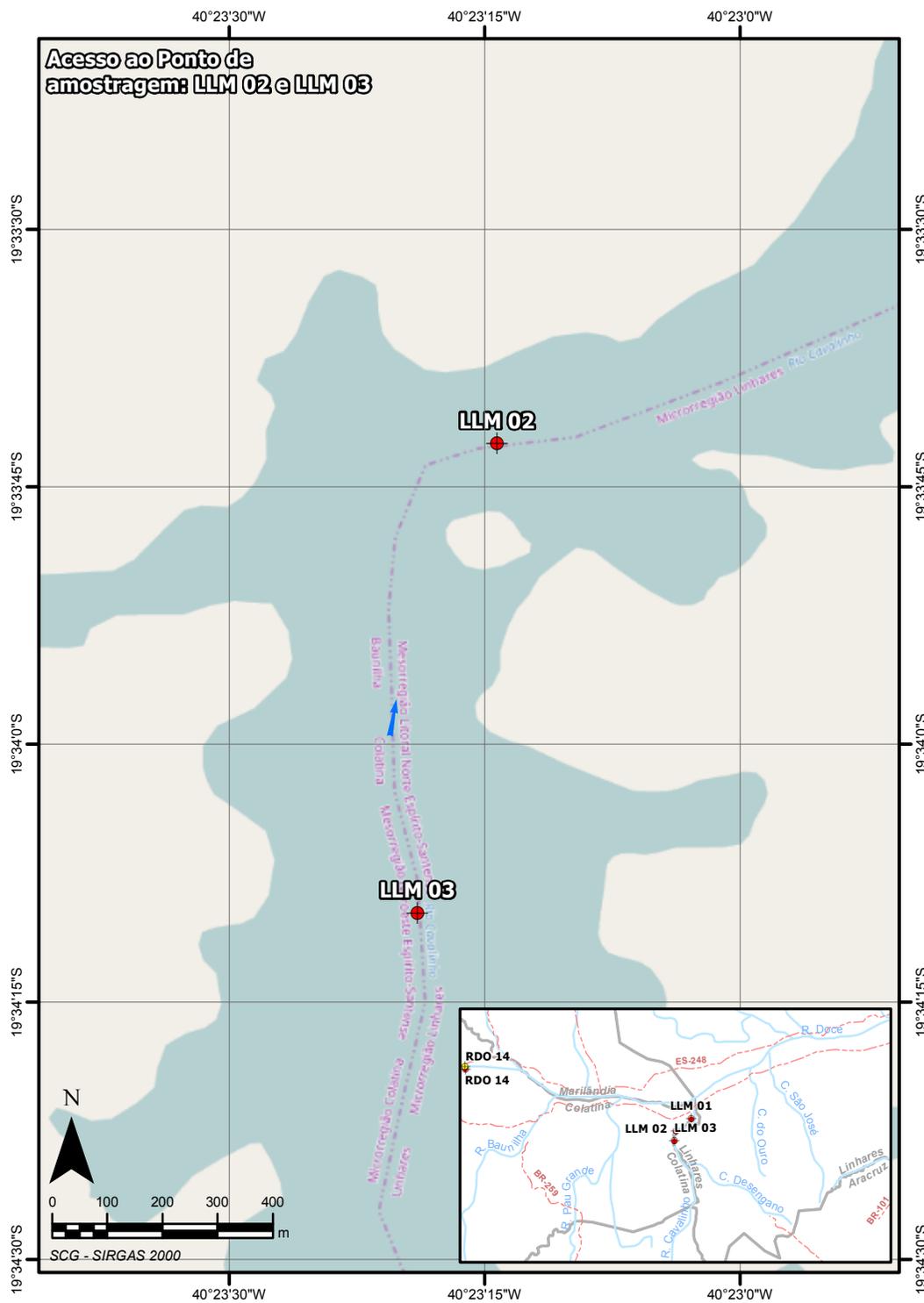


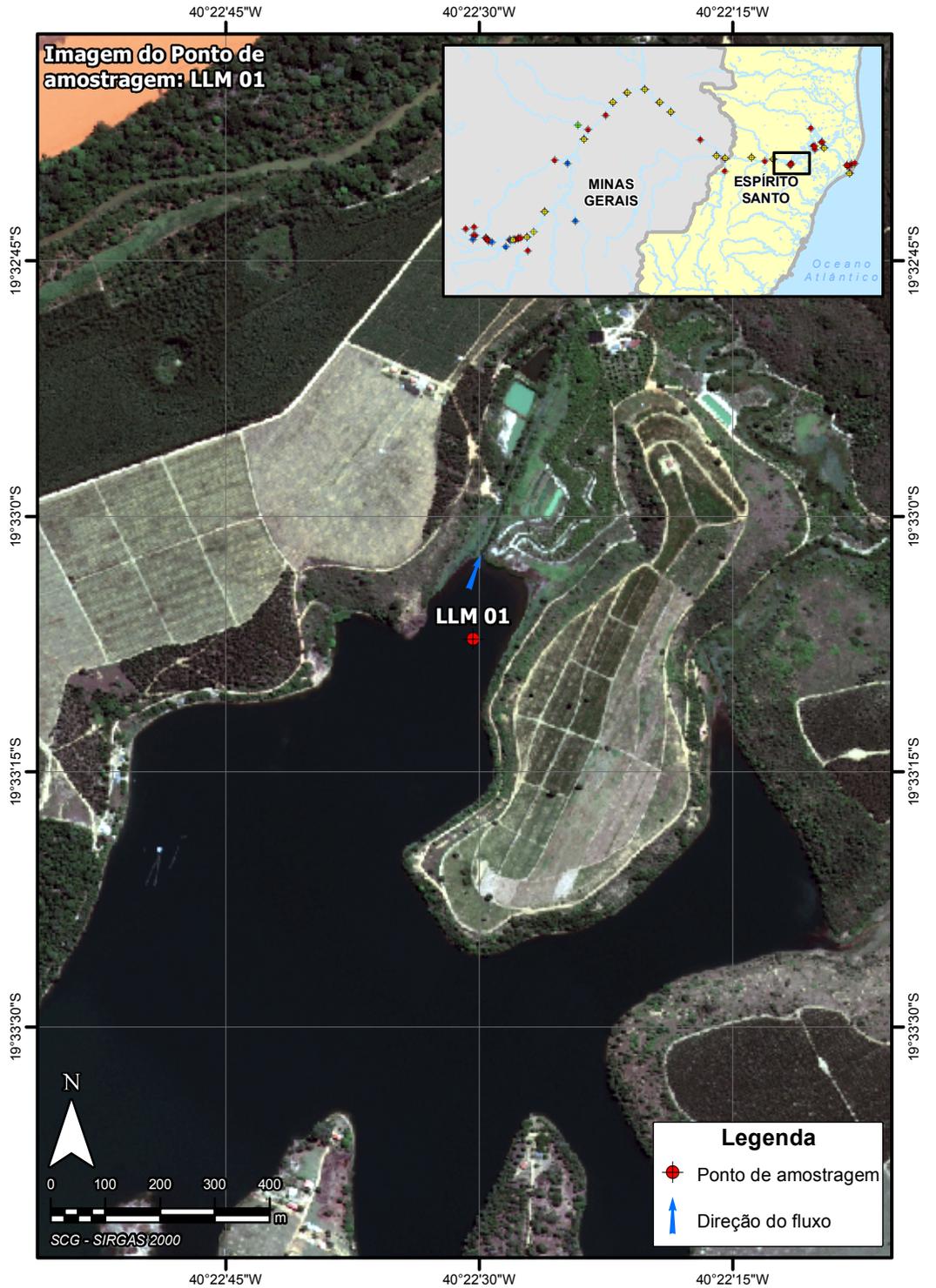
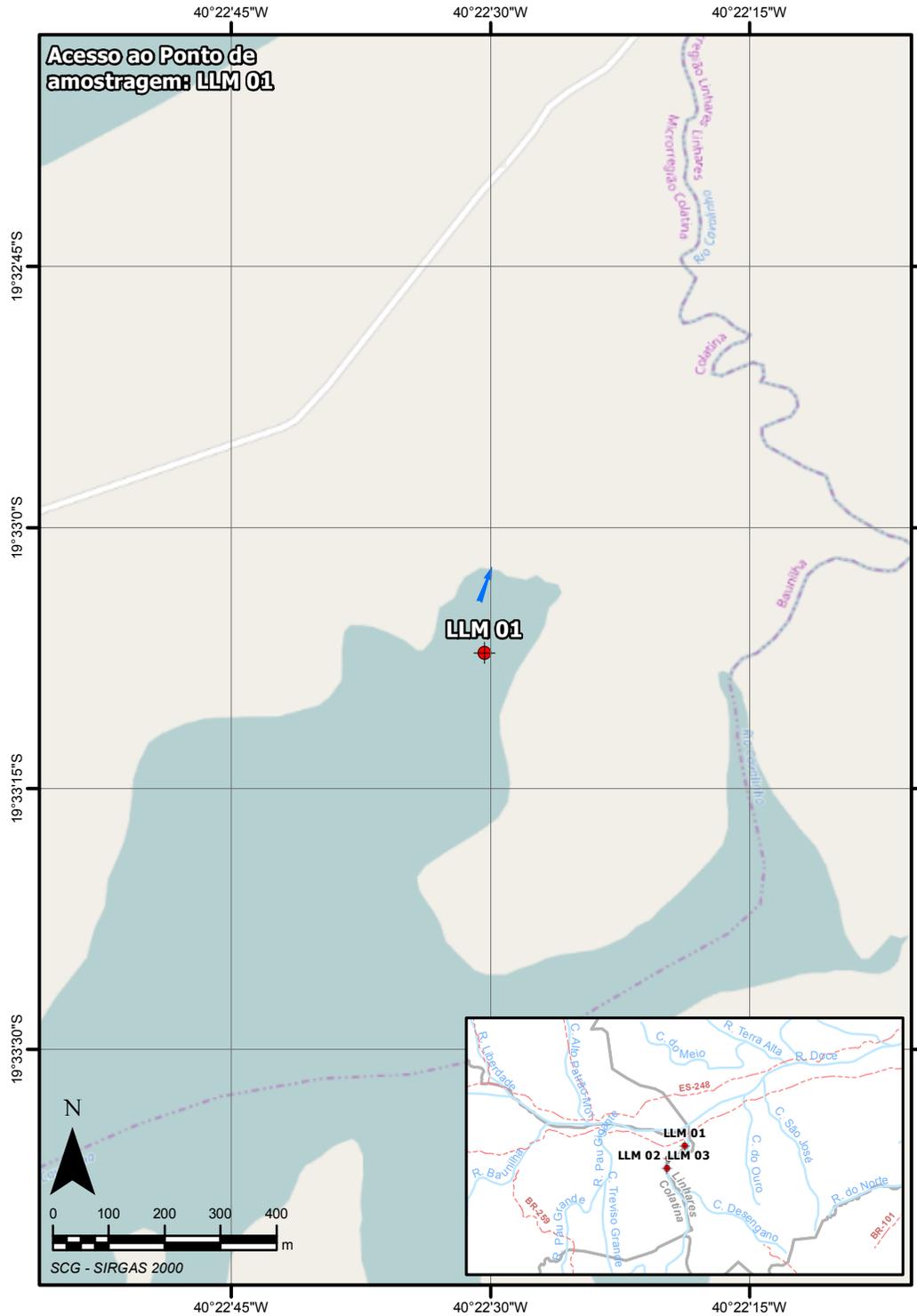


Legenda

-  Estação telemétrica
-  Ponto de amostragem
-  Direção do fluxo

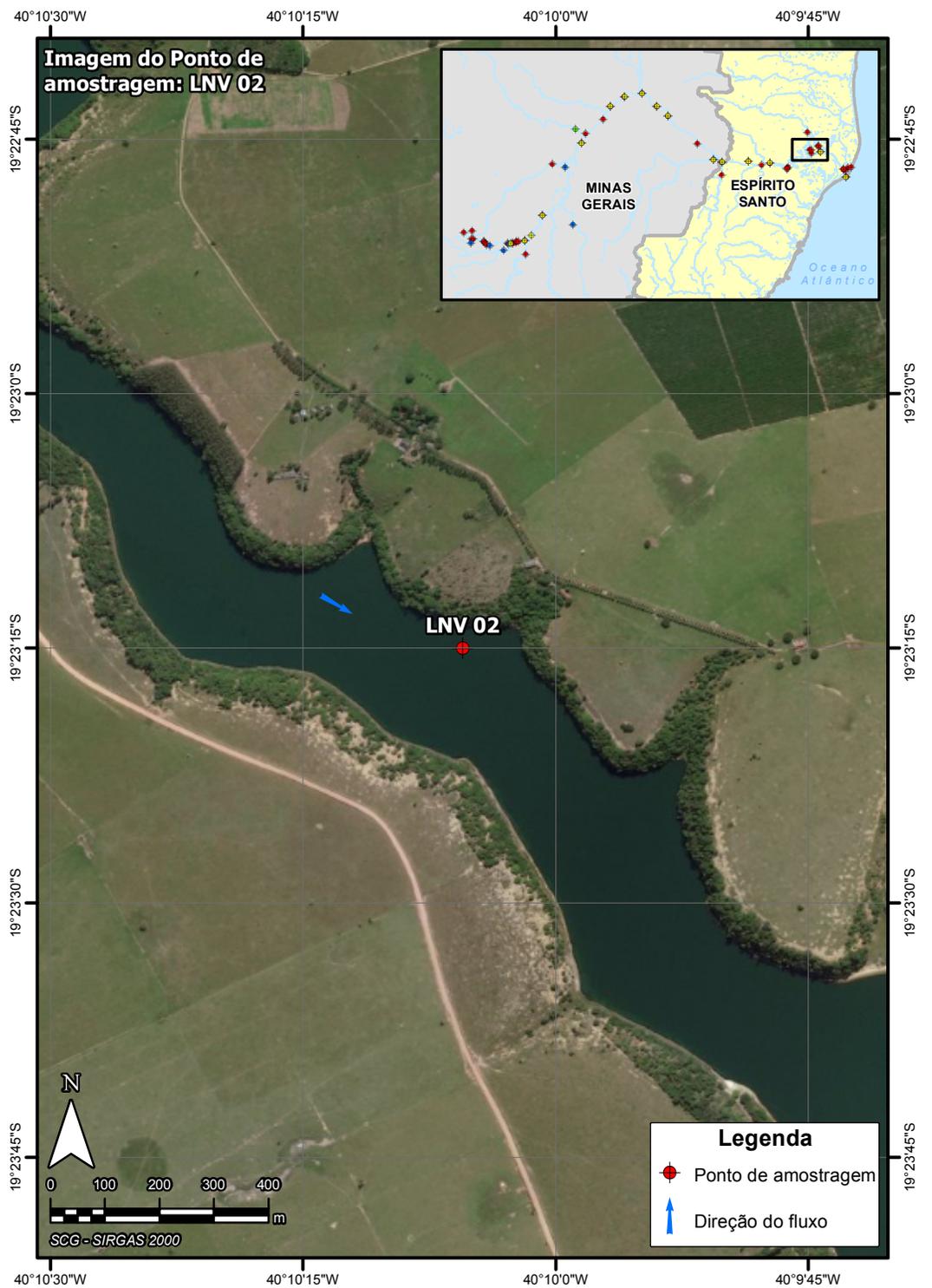
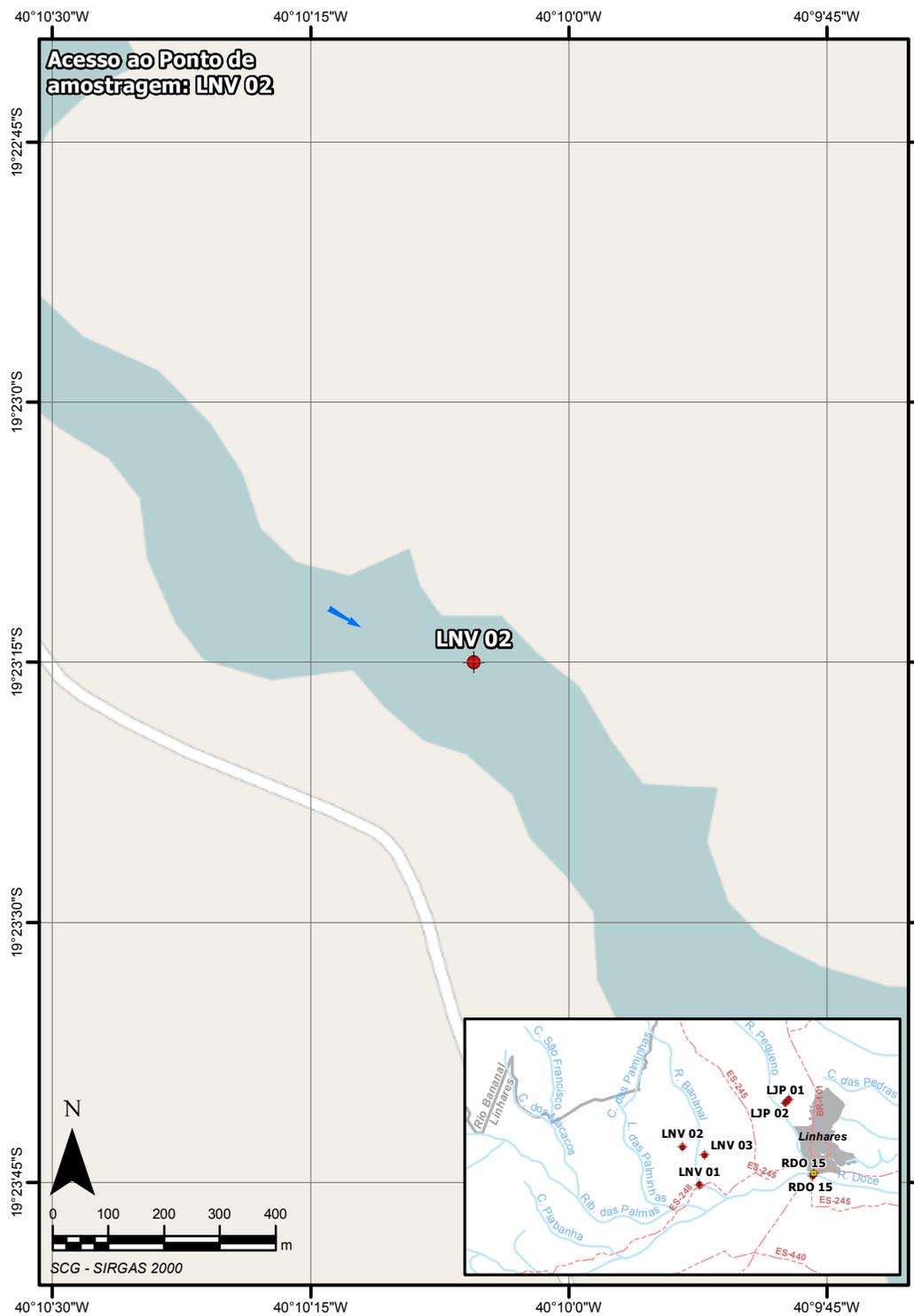


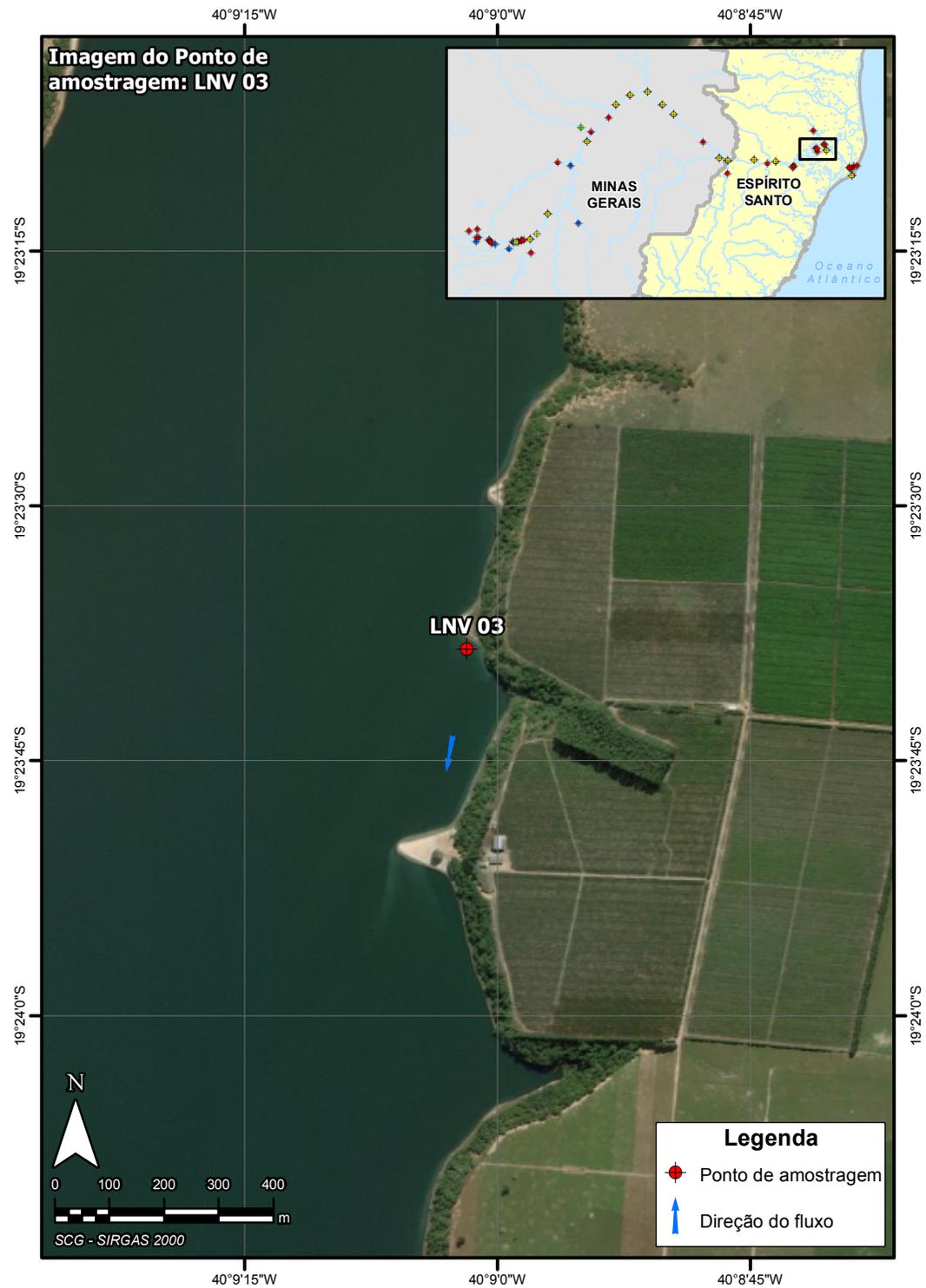
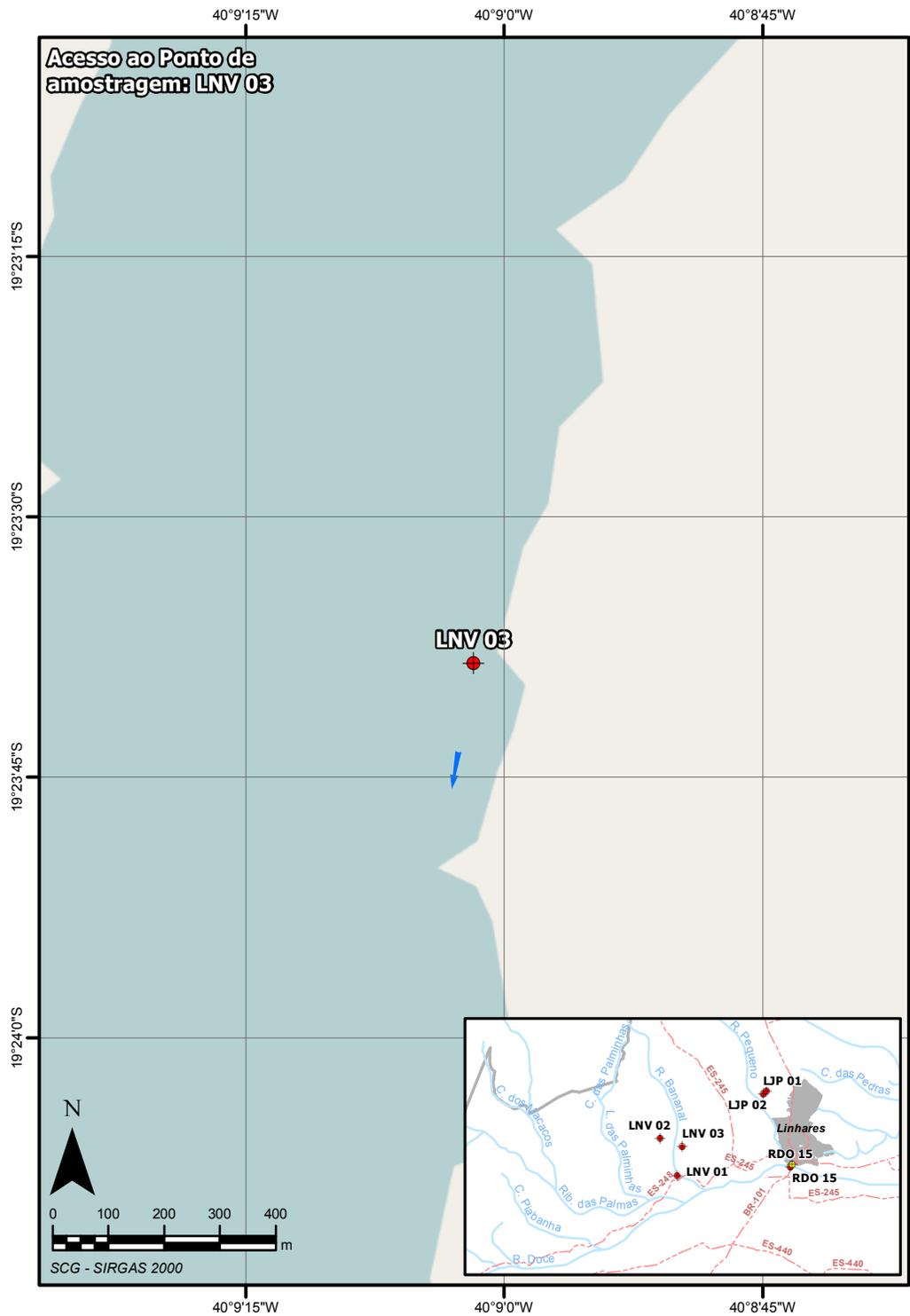


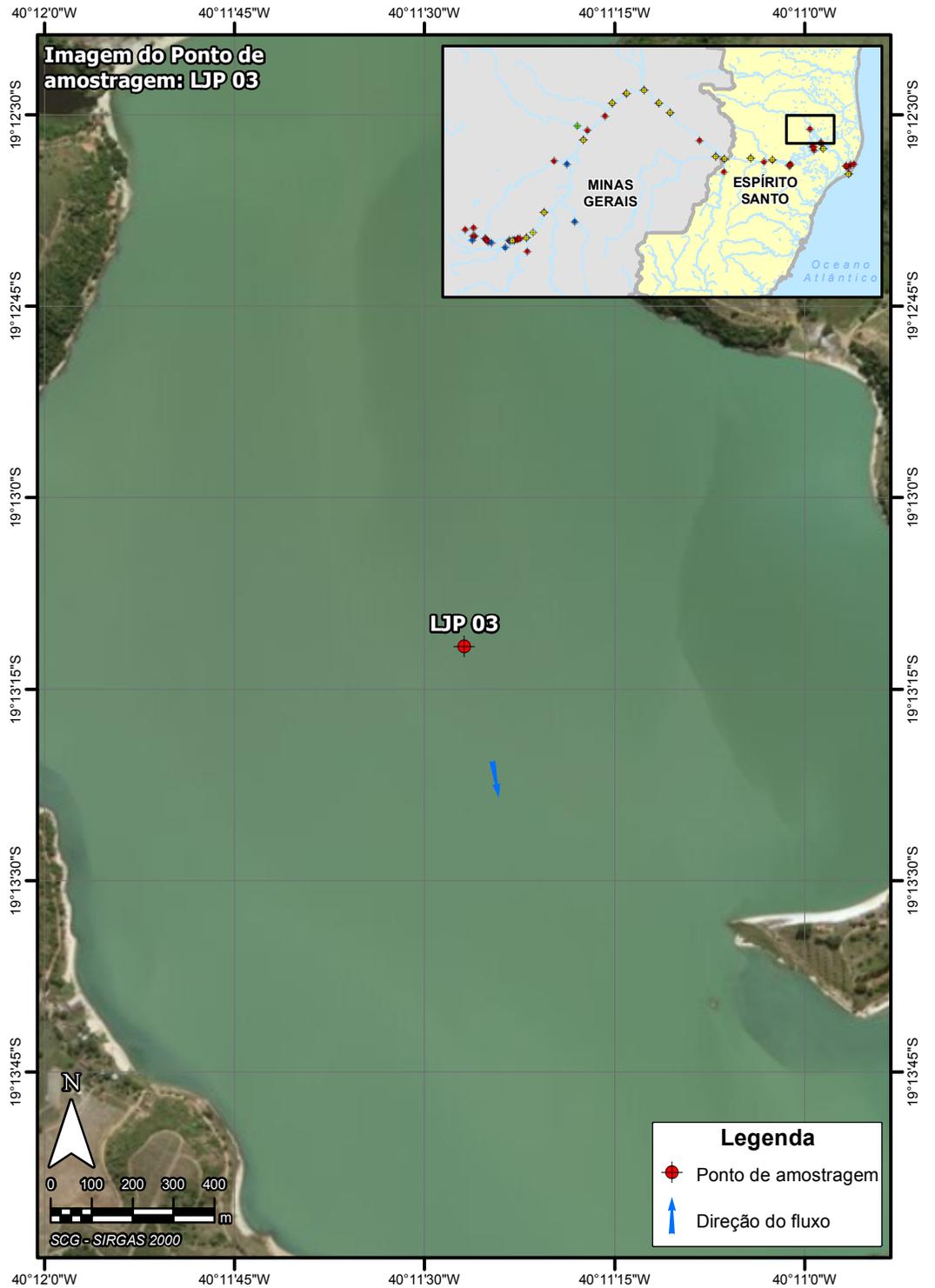
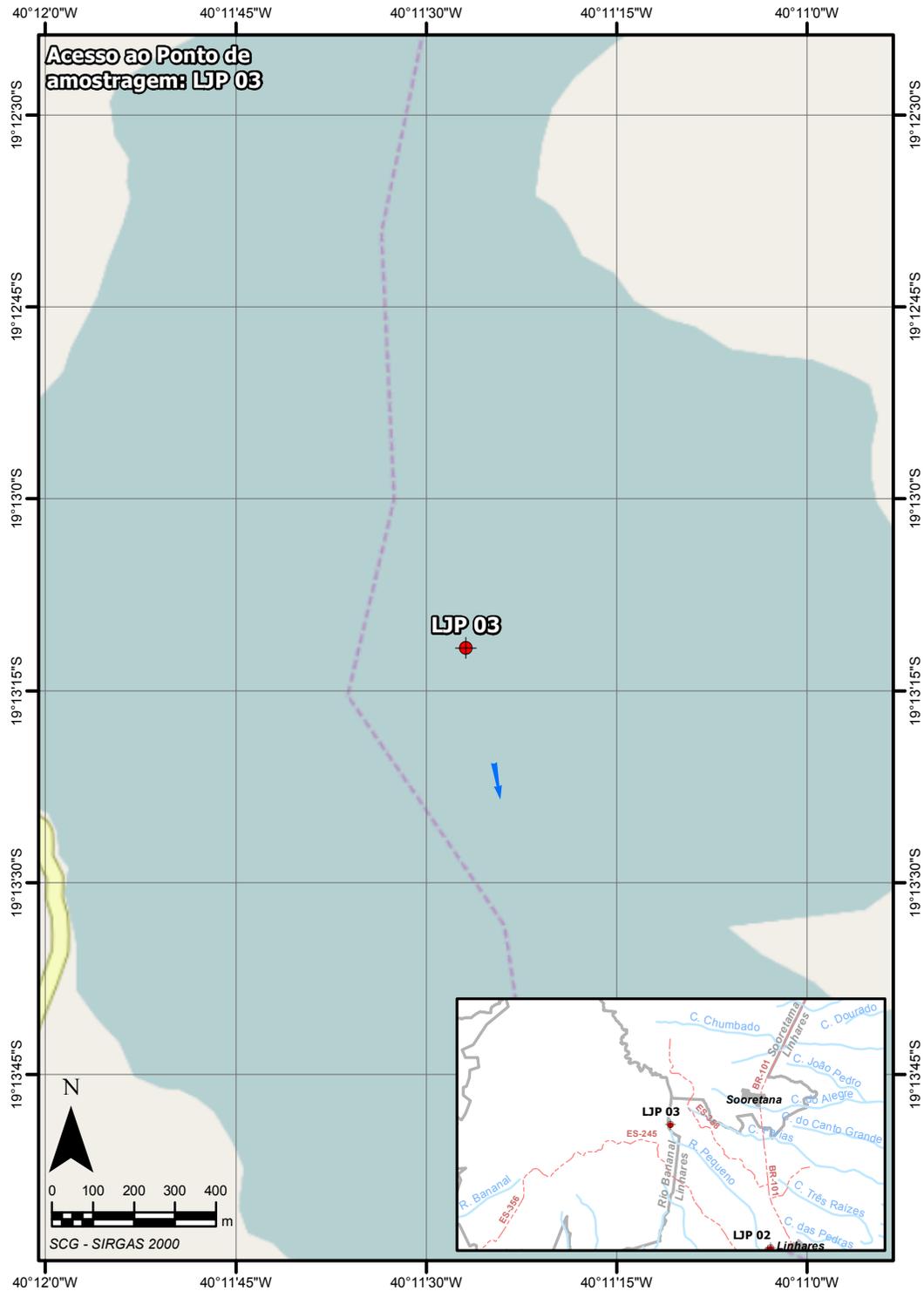


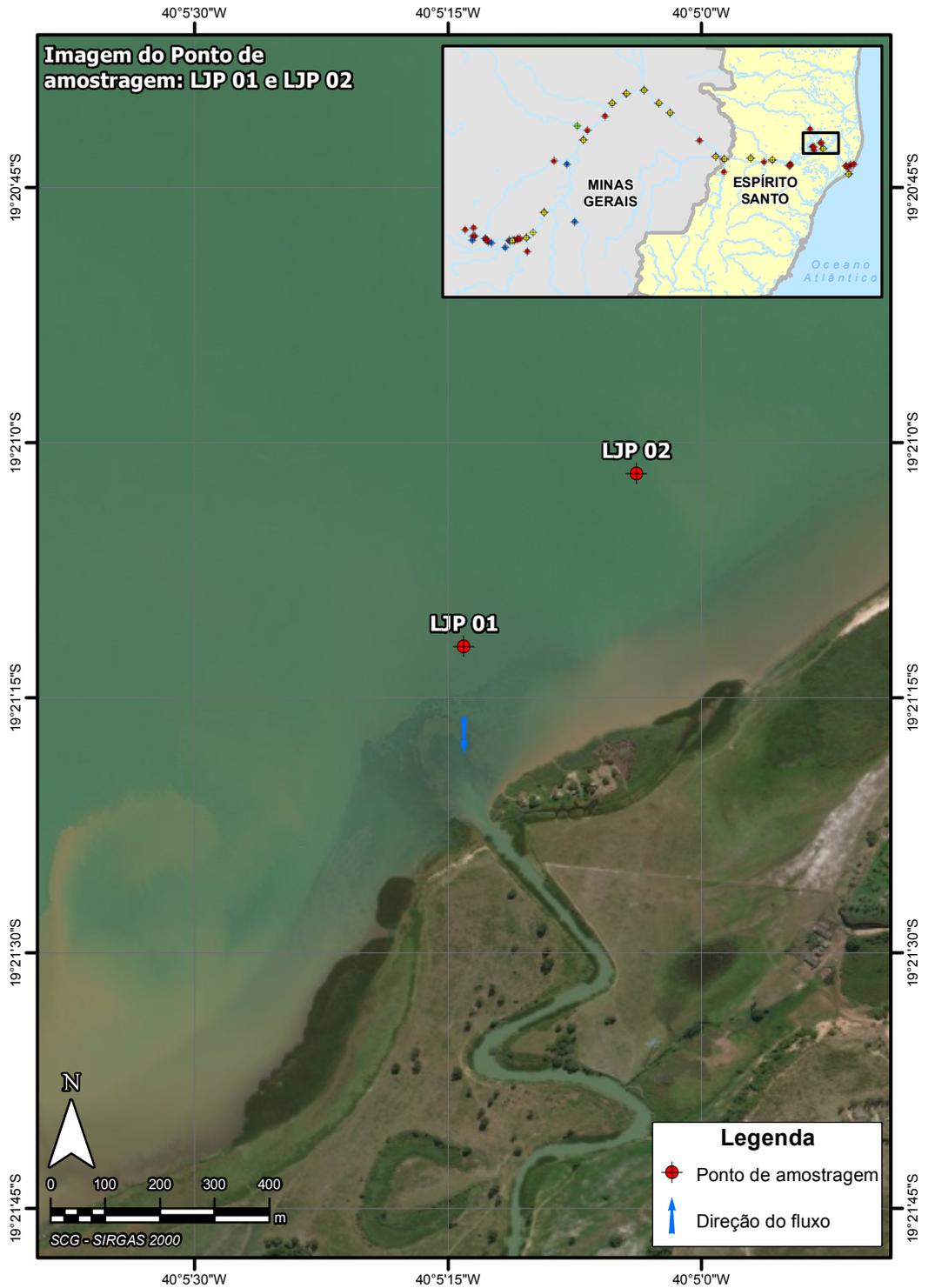
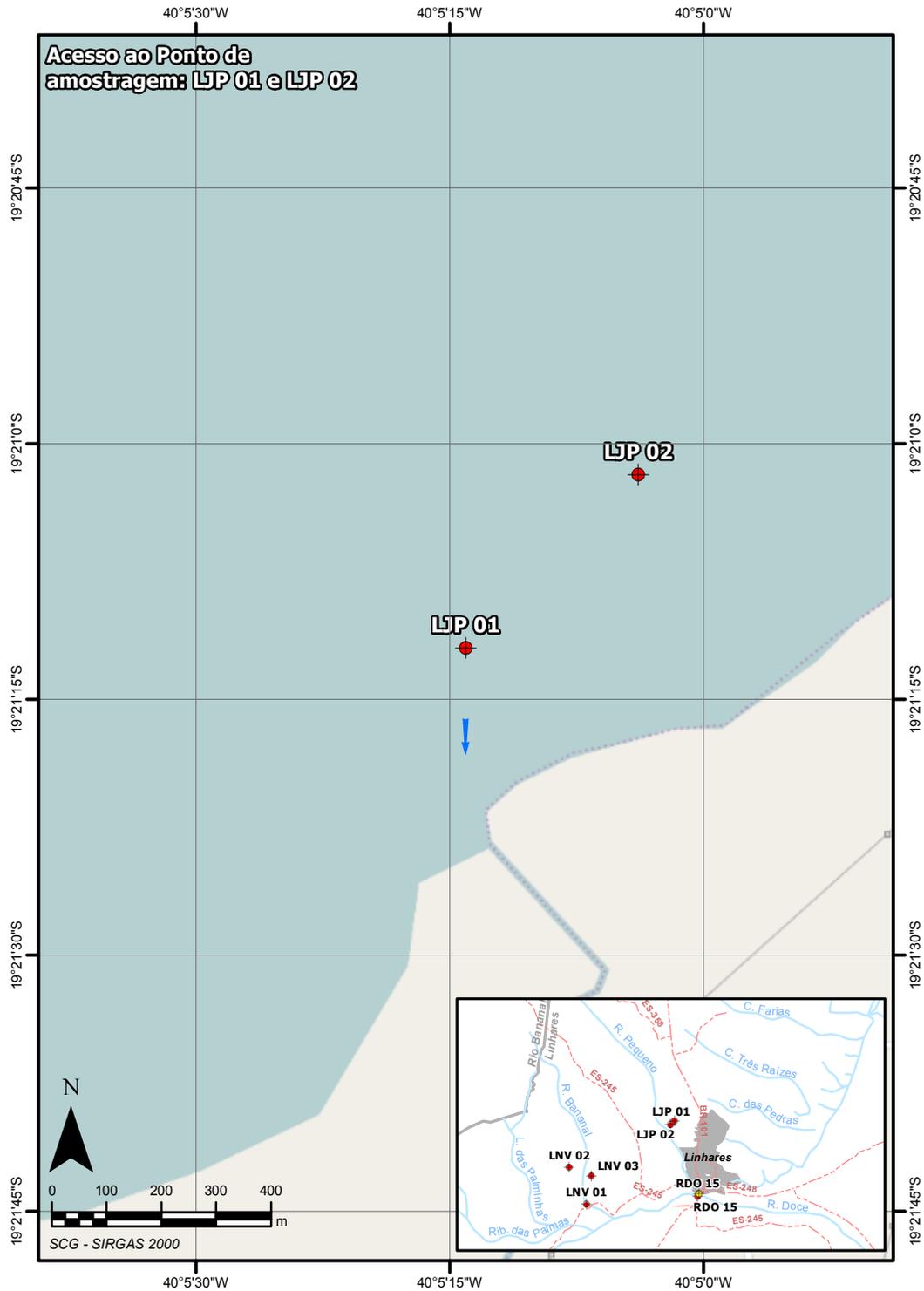
Legenda

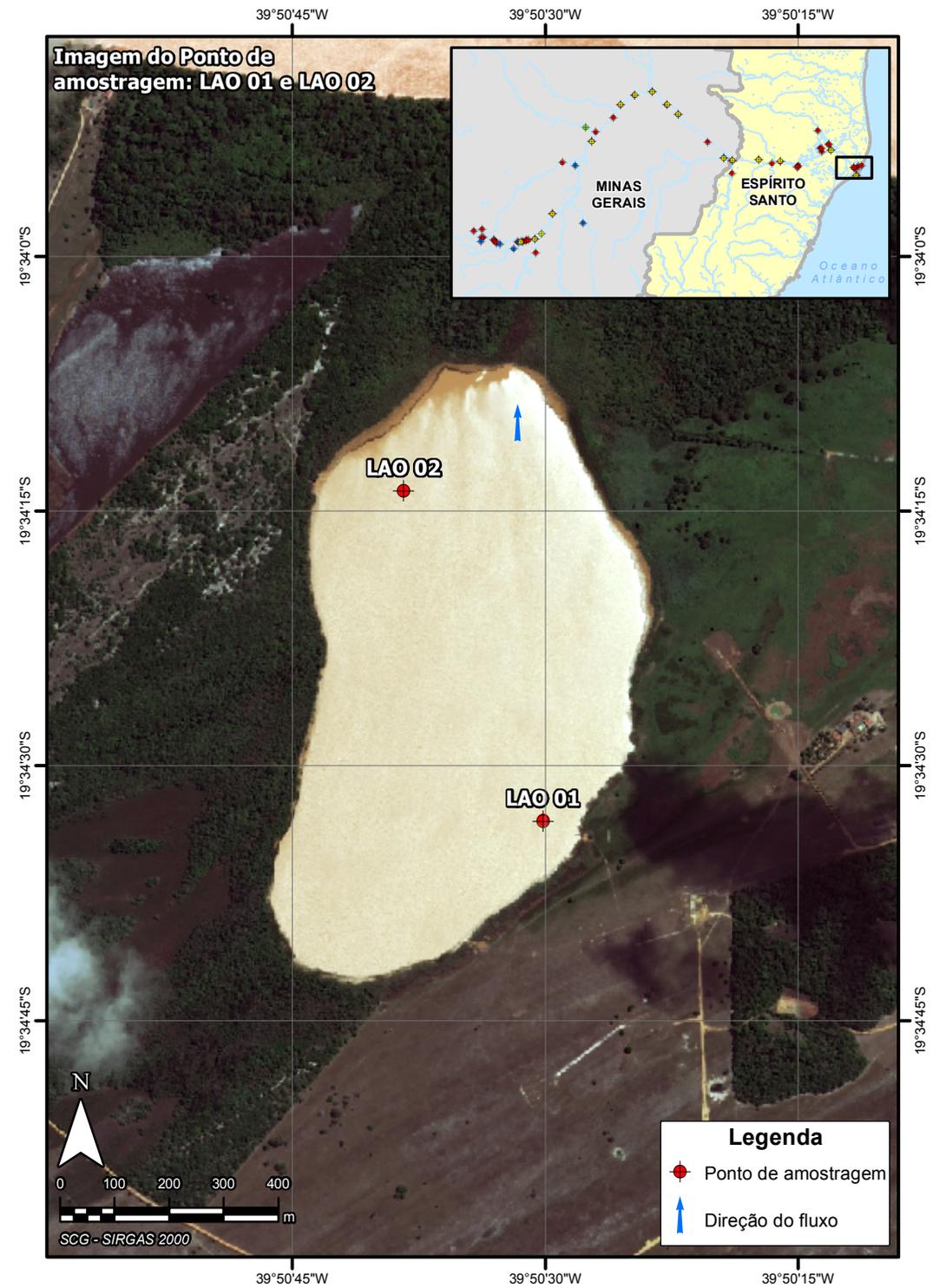
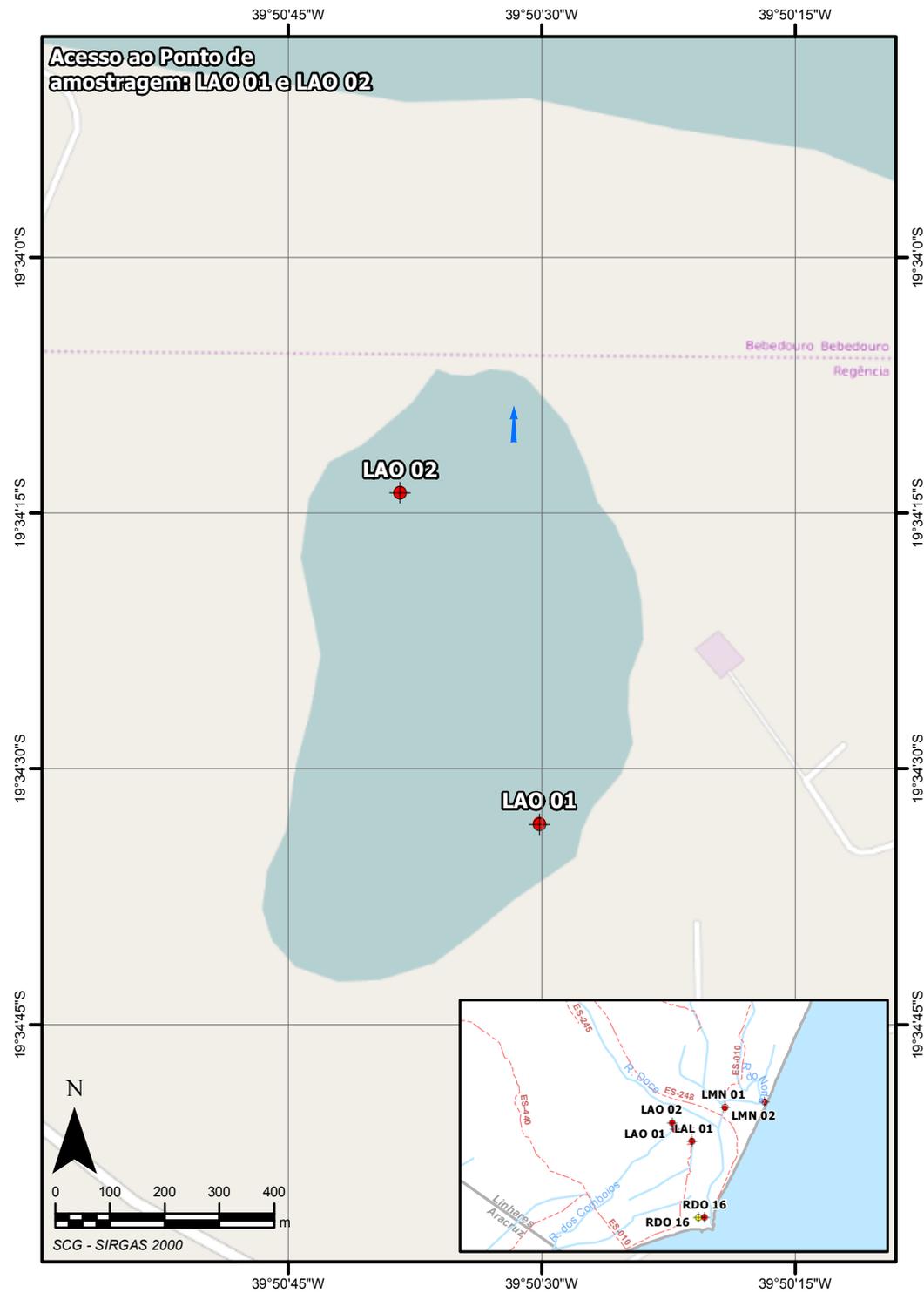
-  Ponto de amostragem
-  Direção do fluxo

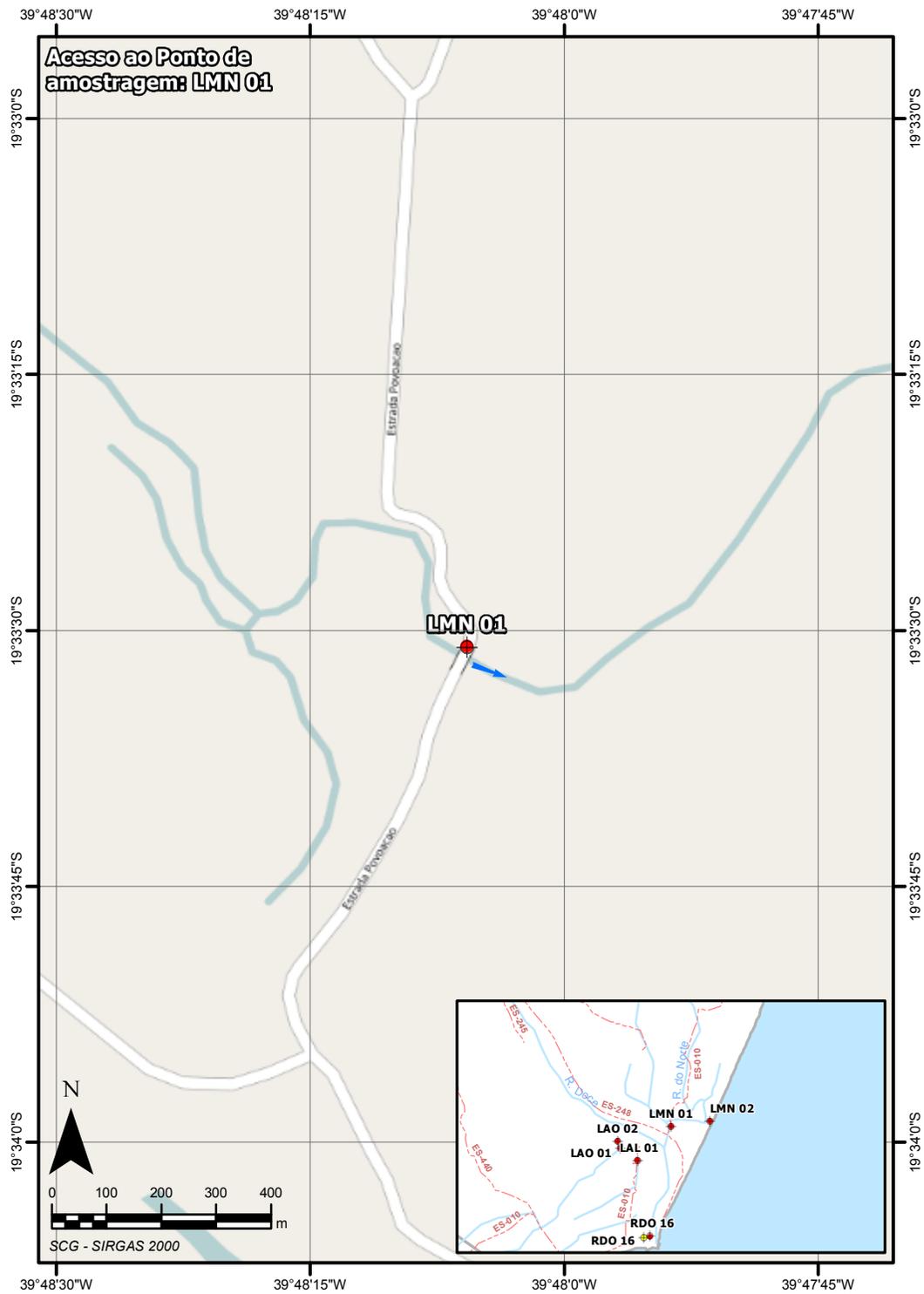


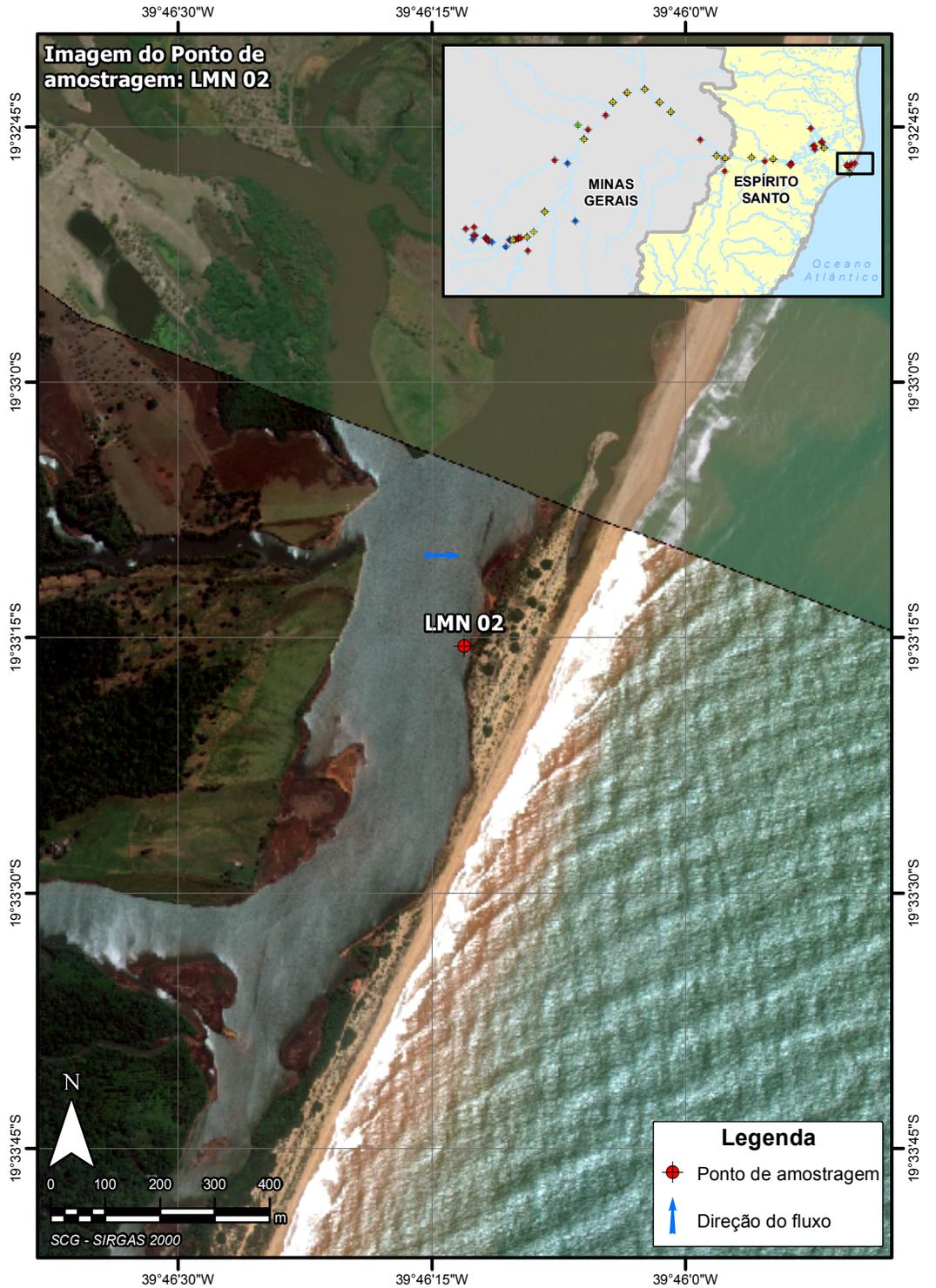
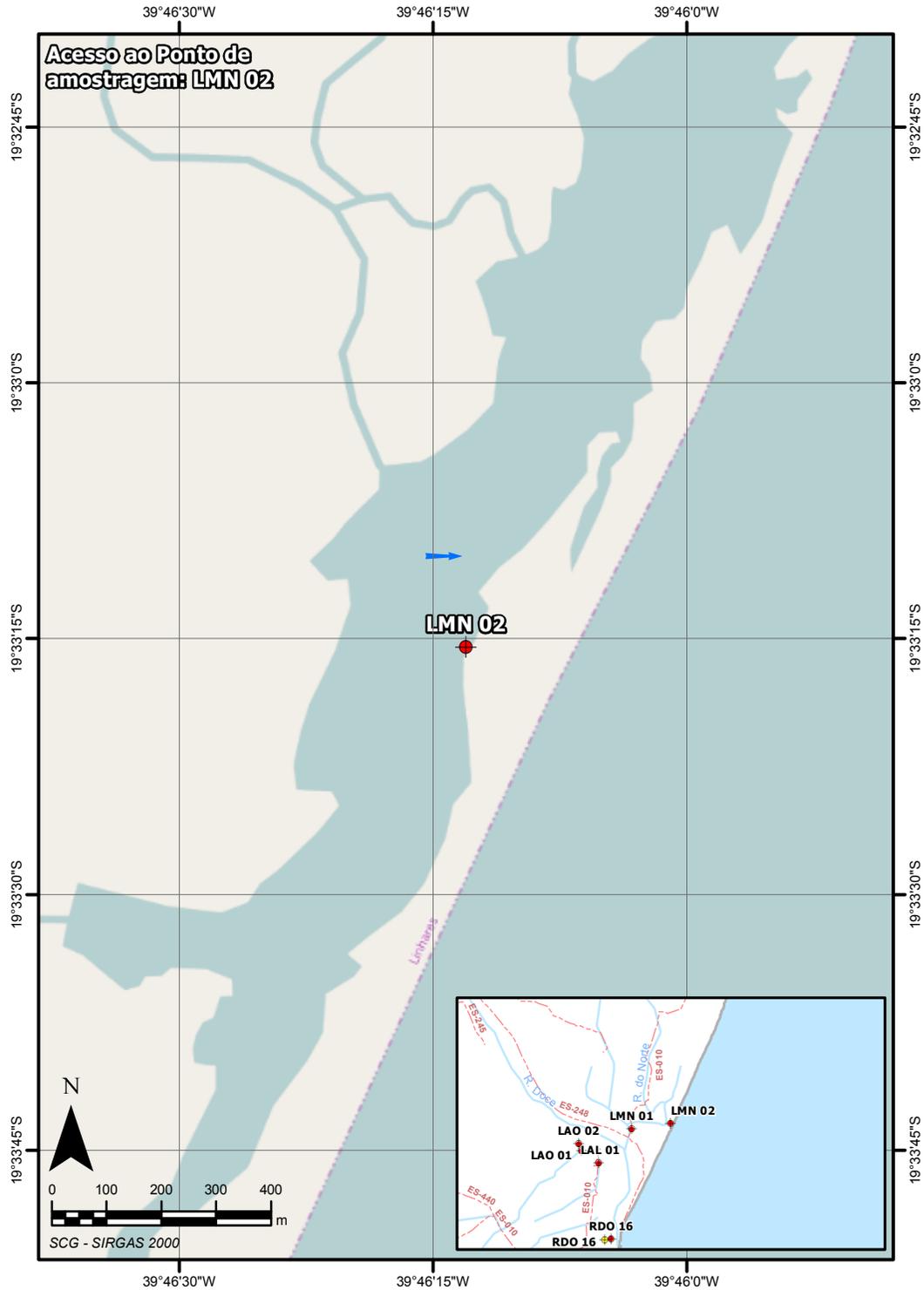


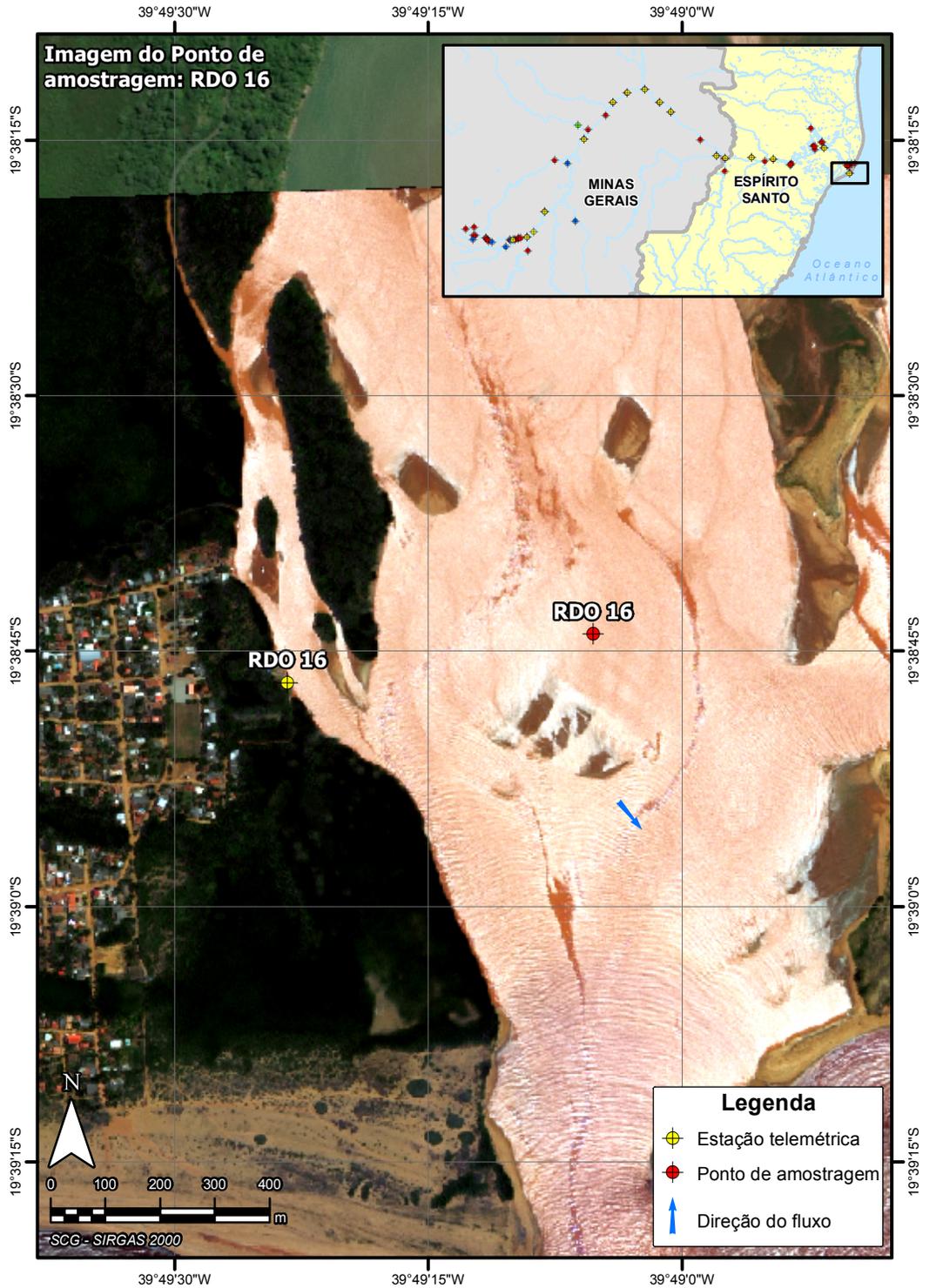
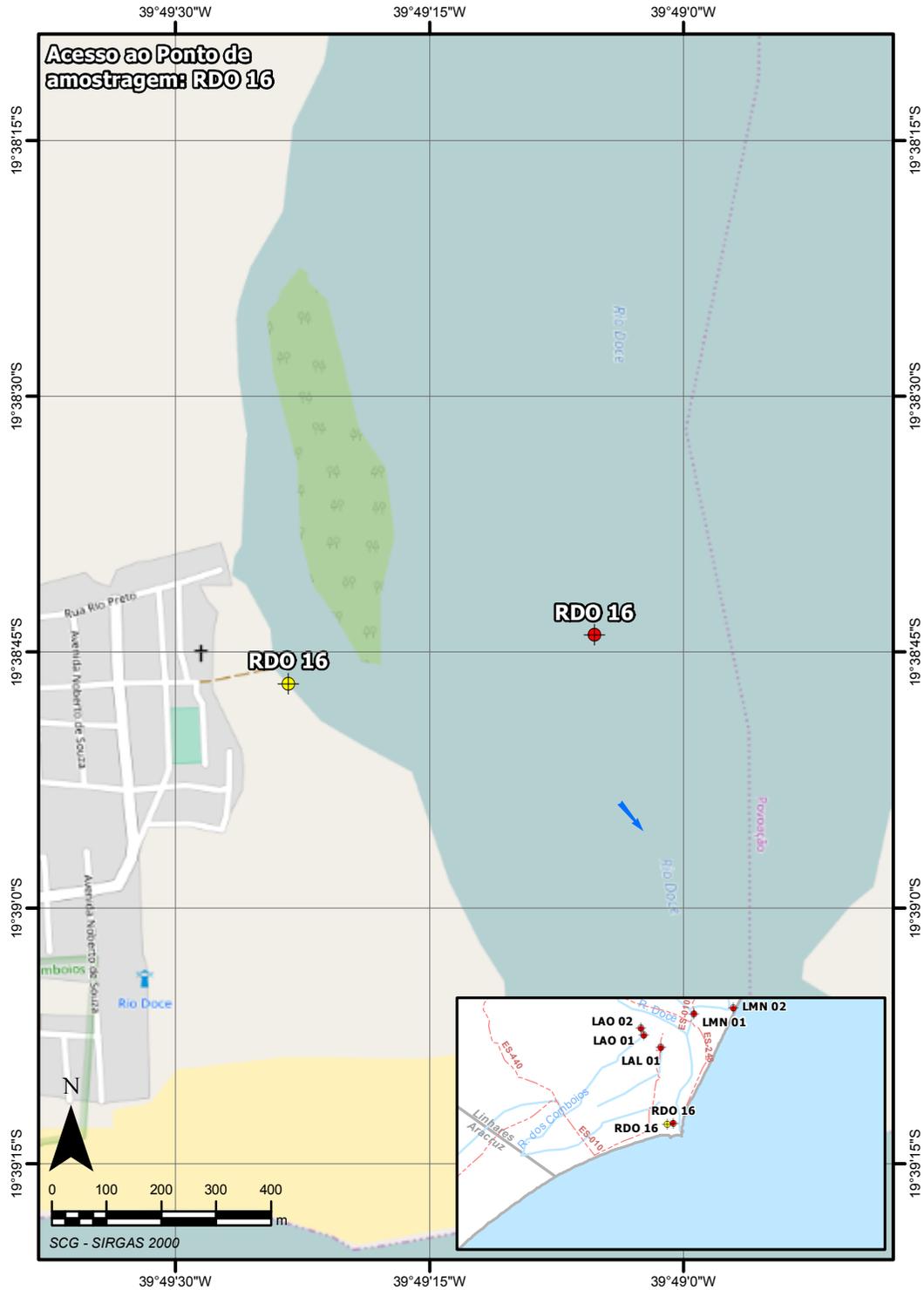














ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise.



1.0 INTRODUÇÃO

Neste Anexo são apresentadas as descrições dos procedimentos de amostragem e análise dos componentes do PMQQS do rio Doce e da Zona Costeira e Estuários.

Na Seção **2.0** são apresentados os procedimentos de amostragem, divididos entre aqueles pertinentes ao sistema fluvial (Seção **2.2**) e os que devem ser seguidos para a zona costeira e estuários (Seção **2.3**).

Na Seção **3.0** são apresentados os procedimentos de análise, organizados entre parâmetros biológicos (Seção **3.1**) e químicos e físicos químicos (Seção **3.3**).

2.0 PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM

São apresentados nesta seção os procedimentos de amostragem a serem empregados no sistema fluvial (Seção **2.2**) e os que devem ser seguidos para a zona costeira e estuários (Seção **2.3**).

As coletas e análises das amostras, bem como a calibração dos equipamentos serão realizadas por laboratório que possua reconhecimento de competência por meio de acreditação ou homologação (Rede Brasileira de Calibração – RBC ou Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio – RBLE), conforme disposto na Deliberação Normativa COPAM nº 167, de 29 de junho de 2011.

Os procedimentos técnicos de amostragem e preservação das amostras de água e sedimentos estarão de acordo com as seguintes normas:

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 9898/1987 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores;
- Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos da Agência Nacional das Águas – ANA e CETESB (2012); e,
- *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, APHA (2012).

Para a realização das coletas de água superficial e sedimentos, o laboratório irá contar com pessoal qualificado com formação técnica em química ou área correlata, além de acreditação nos termos da ABNT NBR ISO/IEC 17025/2015 junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

São apresentadas a seguir informações sobre os procedimentos de amostragem que serão adotados. Informações adicionais podem ser encontradas nas referências indicadas acima.

2.1 Procedimentos Gerais de Amostragem

2.1.1 Garantia da Qualidade da Amostragem

De acordo com a ABNT 9898/1987, as práticas listadas abaixo são necessárias para a garantia da qualidade da amostragem. Maiores detalhes sobre a Garantia e Controle da Qualidade (QA-QC) são apresentadas no **Anexo A**.

- Emprego de pessoal de campo experiente em amostragem de água e sedimento, registro de dados e operação dos equipamentos usados em amostragem de campo;
- Discussão e concordância entre todas as partes envolvidas na elaboração do plano de amostragem;
- Seleção prévia de equipamentos e materiais adequados considerando os aspectos de cada ponto de amostragem e as melhores práticas aplicáveis;
- Calibração dos equipamentos conduzida por laboratórios da Rede Brasileira de Calibração (RBC);



- O ajuste intermediário dos equipamentos deve ser feito com uso de materiais de referência;
- Avaliação da acessibilidade aos pontos de amostragem;
- Avaliação e implantação de adequada logística de armazenamento, transporte dos equipamentos;
- Avaliação prévia da infraestrutura disponível;
- Uso de condições adequadas de limpeza, de descontaminação, de uso e de manutenção dos equipamentos e recipientes;
- A descontaminação dos equipamentos deve sempre ser feita antes de cada coleta, utilizando materiais apropriados, empregando, para a lavagem, água isenta de contaminantes e detergentes não fosfatados, objetivando evitar a contaminação oriunda de outra fonte que não a amostra.

Além dos requisitos acima, as seguintes medidas serão implementadas como parte do sistema de garantia de qualidade do PMQQS:

- Atendimento aos requisitos de Saúde e Segurança da Fundação e da empresa responsável pela coleta;
- Observação frequente dos requisitos de Saúde e Segurança;
- A Fundação será contatada imediatamente para discutir quaisquer mudanças em relação ao PMQQS e para reportar quaisquer incidentes de saúde e segurança;
- Registros, em cadernos de campo, dos resultados de calibrações de medidores e qualquer manutenção realizada nos equipamentos de campo;
- Serão registradas (a lápis) as notas em cadernos de campo à prova d'água. Os cadernos de campo e os rótulos das amostras serão checados ao final de cada dia de trabalho para verificar sua completude e precisão;
- Serão indicadas no caderno de campo e ficha de amostragem do ponto de monitoramento quaisquer tarefas não executadas e a razão pela qual elas não foram executadas;
- Serão registrados quaisquer incidentes ou condições que possam afetar a integridade ou qualidade das amostras;
- Os formulários de cadeia de custódia serão preenchidos e enviados junto com as amostras (ver **Anexo A**);
- A locação dos pontos de amostragem será feita com um GPS usando as coordenadas apresentadas na **Tabela 2** do documento principal;
- Serão tiradas fotos dos pontos de amostragem, onde aplicável, e a informação será registrada em documento anexo aos relatórios de monitoramento;
- Será certificado que todos os sacos, garrafas e recipientes de amostragem estejam rotulados, com data, hora, local, tipo de amostragem (simples ou composta), ponto de amostragem;
- As baterias de todos os dispositivos serão carregadas totalmente antes dos eventos de amostragem de campo;
- Todas as medições de campo e amostras de água e de sedimentos serão coletadas voltando-se para montante (direção oposta ao fluxo) para evitar leituras imprecisas e/ou contaminação da amostra;
- As amostras de água superficial serão coletadas antes de coletar as amostras de sedimentos;
- O profissional responsável pela coleta irá manter-se o mais limpo possível ao manusear os equipamentos e recipientes de amostragem, seguindo instruções que incluem:



- Usar um novo par de luvas nitrílicas (ou luvas de látex sem talco) em cada ponto de amostragem e trocar as luvas entre as atividades de coleta de água e de sedimentos;
- Usar sacos, garrafas e recipientes fornecidos pelo laboratório; e,
- Não tocar a parte interna da tampa ou a boca das garrafas ou recipientes.
- Será feita limpeza, manutenção e calibração de todos os equipamentos de campo antes de cada amostragem;
- Não será permitido fumo ou consumo alimentos ou bebidas durante a amostragem. Serão evitadas quaisquer outras fontes de contaminação das amostras;
- A amostragem deve seguir a seguinte ordem: microbiológicos → análises químicas (exceto metais) → metais dissolvidos → metais totais → ecotoxicológicos → comunidades biológicas.

2.1.2 Lista de Documentos, Equipamentos e Materiais

São descritos abaixo os documentos, equipamentos e materiais necessários para a amostragem de água superficial e sedimentos. Estes poderão ser adaptados pelo Laboratório Acreditado responsável pela amostragem, desde que haja concordância prévia da CTSHQA:

- Documentos de referência:
 - Plano de saúde e segurança;
 - Fichas de informação de segurança de material (MSDS ou FISPQ) dos preservantes utilizados na amostragem;
 - Plano de Amostragem;
 - Mapa das estações de amostragem com escala adequada as condições do campo.
- Documentos e formulários de trabalho:
 - Formulário de cadeia de custódia de laboratório;
 - Caderno de campo;
 - Fichas de amostragem, para anotações das observações e resultados das medições realizadas durante a amostragem.
- Saúde e segurança:
 - Kit de primeiros socorros;
 - Telefone por satélite, telefone celular ou rádio;
 - Macacões até a altura do peito, com cinto, quando necessário;
 - Botas de borracha;
 - Equipamentos de proteção individual: capacetes, colete de alta visibilidade, óculos de segurança, colete salva-vidas, cinto de segurança, luvas nitrílicas ou de látex sem talco, calças e jaquetas impermeáveis;
 - Cones de segurança.
- Coleta e preparo das amostras:



- Barco, acessórios e equipamentos de segurança do barco (por exemplo, âncora, cabo, motor);
 - Frascaria adequada para cada tipo de análise ou ensaio (ver Seção 3.0). O quantitativo de frascos a serem levados para cada campanha de amostragem deverá prever um excedente de pelo menos 20% em relação ao número de amostras a serem coletadas;
 - Caixas térmicas para armazenagem de amostras;
 - Água deionizada (tipo 1) para brancos de campo e limpeza dos equipamentos;
 - Sabão não fosfatado para limpeza dos equipamentos não descartáveis;
 - Sacos ou bolsas de gelo para a conservação de amostra.
- Outros:
- GPS;
 - Câmera digital com pilhas/baterias;
 - Lápis e apontadores;
 - Corda de nylon (20 m).

2.2 Procedimentos Específicos para a Amostragem nos Rios e Lagoas

2.2.1 Amostragem de Água Superficial

2.2.1.1 Lista de Documentos, Equipamentos e Materiais

Além dos itens indicados na Seção 2.1.2, serão necessários:

- Sonda multiparamétrica calibrada e verificada;
- Carta-controle contendo informações diárias sobre a verificação dos eletrodos anteriormente ao início das atividades de amostragem;
- Soluções de calibração e kit de manutenção de multiparâmetro de qualidade de água;
- Equipamento de filtragem manual;
- Filtros descartáveis com porosidade de 0,45 µm para filtração em campo de amostras a serem submetidas a análises das frações dissolvidas das substâncias de interesse;
- Balde de aço inox AISI 316L polido com capacidade de 1 litro;
- Balde de aço inox AISI 316L polido com capacidade de 20 litros;
- Garrafa de Van Dorn em aço inox AISI 316L polido;
- Batiscafo em aço inox AISI 316L polido (para amostras que não podem sofrer aeração);

2.2.1.2 Procedimentos Técnicos

Serão seguidos os procedimentos gerais de amostragem apresentados na **Seção 2.1**, conforme aplicável. Mais especificamente, serão seguidos os seguintes critérios:



- Em cada ponto de monitoramento de rio deverá ser feita a verificação da homogeneidade da seção para definir o procedimento de coleta a ser adotado – amostragem simples ou composta (5 amostras simples igualmente espaçadas na seção transversal do canal). A determinação da homogeneidade será feita através de uma travessia na seção transversal do ponto de monitoramento, determinando continuamente o parâmetro Condutividade Elétrica, utilizando sonda multiparamétrica submersa a 30 cm. Caso os valores da Condutividade Elétrica sejam constantes ou apresentem variação inferior a 10% pode-se considerar a seção homogênea, e neste caso será seguido o procedimento descrito na **Seção 2.2.1.2.1**. Do contrário, serão seguidas as instruções para a coleta de amostras compostas no canal apresentadas na **Seção 2.2.1.2.2**;
- No caso de pontos de amostragem localizados em cursos d'água em trechos lânticos e em lagoas, serão seguidas as instruções para amostragem apresentadas na **Seção 2.2.1.2.3**.

2.2.1.2.1 Coleta de Amostra Simples

- A profundidade (m) será medida e serão realizadas as medições de campo através do uso das sondas multiparamétricas (**Tabela 6** do documento principal) em um ponto no meio da largura do curso d'água, caso seja seguro fazê-lo. Caso o acesso a parte central do curso d'água não seja seguro, será coletada amostra em um ponto que possa ser acessado com segurança o mais próximo possível ao meio da largura do curso d'água;
- As medições de campo serão obtidas no mesmo ponto de coleta da amostra superficial, a 0,30 m abaixo da superfície da água. A profundidade aproximada da medição (m) e as demais medições serão registradas no caderno de campo. A sonda permanecerá submersa durante, no mínimo, 5 minutos ou durante o tempo necessário para a estabilização dos valores dos parâmetros;
- O procedimento de coleta das amostras simples é descrito abaixo:
 - 1) Voltando-se para montante, a amostra de água superficial será coletada com auxílio de balde inox, tomando-se cuidado para o balde não ultrapassar 30 cm de profundidade. Esta é a profundidade considerada limite entre água superficiais e profundas, segundo ANA e CETESB (2012);
 - 2) No caso de amostras que não podem sofrer aeração (oxigênio dissolvido, sulfeto, compostos orgânicos voláteis e fenóis), o batiscafo será empregado para a amostragem de água superficial no lugar do balde;
 - 3) O procedimento será repetido até que todos os frascos estejam com o volume de água necessário para os ensaios, tomando o cuidado de manter um espaço vazio no frasco para sua posterior homogeneização;
 - a) No caso de amostras que não podem sofrer aeração (e.g., sulfeto), deve-se completar o volume do frasco, não deixando espaço vazio;
 - 4) Para os metais dissolvidos, a água do local será filtrada em campo imediatamente após a coleta e antes de adicionar às garrafas de amostra contendo conservantes. A unidade filtrante passará por um pré-condicionamento antes da filtragem, como forma de prepará-la para receber a amostra:
 - a) Encher uma seringa estéril com água deionizada;
 - b) Conectar uma unidade filtrante (membrana) de 0,45 µm na seringa;
 - c) Passar um volume de 50 mL de água deionizada pelo filtro.
 - 5) Após o pré-condicionamento, o seguinte procedimento será seguido:
 - a) Encher a seringa, preenchendo todo o seu volume;
 - b) Conectar o filtro pré-condicionado à ponta da seringa;
 - c) Pressionar o êmbolo da seringa e recolher a amostra filtrada em frasco de coleta apropriado;



- d) Repetir o procedimento até obter o volume necessário para o ensaio;
- e) Caso ocorra saturação, o filtro será substituído por outro novo já pré-condicionado e o volume necessário para o ensaio será completado;
- 6) Visando minimizar a possibilidade de contaminação as garrafas de amostra serão abertas imediatamente antes da coleta e tampando-as imediatamente após o enchimento;
- 7) As garrafas serão colocadas em coolers com gelo ou bolsas de gelo;
- 8) Serão respeitados os procedimentos de preservação e os prazos de validade para todas as amostras coletadas, os quais são descritos na Seção 3.0;

2.2.1.2.2 Coleta de Amostra Composta

Após realizada a verificação e constatação da não homogeneidade da seção transversal, será realizada a amostragem de amostra composta. As amostras compostas serão obtidas mediante a combinação de cinco amostras individuais simples de 1 L (sub-amostras) de água coletadas em pontos uniformemente espaçados ao longo da largura do rio, perpendicularmente à sua margem. As sub-amostras serão coletadas a uma profundidade de 0,30 m e misturadas em um recipiente de de 20 litros.

Assim como para as amostras simples, além das análises laboratoriais da amostra composta, deverão ser determinados os parâmetros em campo. No entanto, para este caso, deverão ser enviados os dados de campo de cada uma das amostras das 5 amostras simples que compuseram a amostra composta. Tais parâmetros deverão ser determinados através do uso das sondas multiparamétricas no mesmo ponto de coleta da amostra superficial, a 0,30 m abaixo da superfície da água. A sonda deverá permanecer submersa durante, no mínimo, 5 minutos ou durante o tempo necessário para a estabilização dos valores dos parâmetros.

O procedimento de coleta das amostras compostas é descrito abaixo:

- 1) Será feito o planejamento da localização dos pontos de coleta das sub-amostras. Os pontos de coleta de sub-amostras serão uniformemente espaçados através da largura do canal, incluindo 2 amostras a uma distância de 1 a 2 m a partir da margem/linha de água em movimento;
- 2) O recipiente de 20 L previamente limpo, fornecido pelo laboratório será enxaguado três vezes usando água ambiente;
- 3) No primeiro ponto de coleta de sub-amostra, e voltando-se para montante, serão registradas as medições de campo (**Tabela 6** do documento principal), a uma profundidade de 0,30 m abaixo da superfície da água, usando o medidor portátil de qualidade da água;
- 4) Voltando-se para montante, será coletada uma sub-amostra de 1 L na superfície, com auxílio de balde inox;
 - a) No caso de amostras que não podem sofrer aeração (oxigênio dissolvido, sulfeto, compostos orgânicos voláteis e fenóis), o batiscafo será empregado para a amostragem de água superficial no lugar do balde;
- 5) A sub-amostra será despejada no recipiente de 20 L;
- 6) Passando-se para o próximo ponto de coleta de sub-amostra os passos 3 a 5 serão repetidos até que tenham sido coletadas cinco sub-amostras;
- 7) O recipiente de 20 L será girado suavemente para misturar a amostra composta;
- 8) A água coletada deverá ser imediatamente transferida para a garrafa de amostra fornecida pelo laboratório. O procedimento será repetido até que todos os frascos estejam com o volume de água



necessário para os ensaios, tomando o cuidado de manter um espaço vazio no frasco para sua posterior homogeneização;

- a. No caso de amostras que não podem sofrer aeração (e.g., sulfeto), deve-se completar o volume do frasco, não deixando espaço vazio;
- 9) Para os metais dissolvidos, a água do local será filtrada em campo imediatamente após a coleta e antes de adicionar às garrafas de amostra contendo conservantes. A unidade filtrante passará por um pré-condicionamento antes da filtragem, como forma de prepará-la para receber a amostra:
- a. Encher uma seringa estéril com água deionizada;
 - b. Conectar uma unidade filtrante (membrana) de 0,45µm na seringa;
 - c. Passar um volume de 50mL de água deionizada pelo filtro.
- 10) Após o pré-condicionamento, o seguinte procedimento será seguido:
- a. Encher a seringa, preenchendo todo o seu volume;
 - b. Conectar o filtro pré-condicionado à ponta da seringa;
 - c. Pressionar o êmbolo da seringa e recolher a amostra filtrada em frasco de coleta apropriado;
 - d. Repetir o procedimento até obter o volume necessário para o ensaio;
 - e. Caso ocorra saturação, o filtro será substituído por outro novo já pré-condicionado e o volume necessário para o ensaio será completado;
- 11) Visando minimizar a possibilidade de contaminação as garrafas de amostra serão abertas imediatamente antes da coleta e tampando-as imediatamente após o enchimento;
- 12) As garrafas serão colocadas em coolers com gelo ou bolsas de gelo.
- 13) Serão respeitados os procedimentos de preservação e os prazos de validade para todas as amostras coletadas, os quais são descritos na Seção 3.0.

2.2.1.2.3 Coleta de Amostras em Ambientes Lênticos

Nos pontos localizados nas lagoas será feita a determinação dos parâmetros em 03 amostras individualmente, uma coletada na zona fótica (profundidade I), outra na zona intermediária (profundidade II) e uma terceira na zona afótica (profundidade III), quando houver.

- Profundidade I: Camada da zona fótica com 40% da luz incidente, onde é esperada uma produção primária de fitoplâncton representativa da camada trofogenica.

$$\text{Profundidade I} = Z_{ds} \cdot 0,54$$

Em que:

- (Z_{ds}) denota a profundidade Secchi (profundidade na qual o padrão gráfico do disco não pode mais ser detectado a olho nu), em m;
 - (0,54) denota o fator para calcular 40% de luz incidente.
- Profundidade II: Metade da zona afótica onde, independentemente da ocorrência de estratificação térmica, a respiração e a decomposição são predominantes sobre a produção autotrófica.

$$\text{Profundidade II} = \frac{Z_{\max} + Z_{eu}}{2}$$



Em que:

- (Z_{max}) denota a profundidade máxima na estação de amostragem, em m;
- (Z_{eu}) denota a zona eufótica, que é igual a três vezes a profundidade Secchi ($Z_{dS} \times 3$). O fator “3” correspondente a aproximadamente 1% da luz incidente na superfície da água.
- Profundidade III: Quando, durante as medições "in situ", for detectada zona anóxica, e esta não coincidir com a profundidade II, mais uma amostra será coletada na porção intermediária desta camada.

Os aparatos utilizados para a amostragem de água em corpos lênticos compreendem: Disco de Secchi; Sondas multiparamétricas com cabos longos (> 30 m) para determinar os parâmetros pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez e temperatura ao longo da coluna d'água (perfilamento); e amostradores tipo garrafa de Van Dorn.

Para a amostragem em profundidade, os seguintes procedimentos serão seguidos:

- 1) Após determinar as profundidades I, II e III com auxílio do disco de Secchi, coletar água com a garrafa van Dorn no estrato de profundidade de interesse;
- 2) Desconectar a mangueira da garrafa e desprezar a água contida na mangueira da garrafa;
- 3) Distribuir seu volume proporcionalmente nos diversos frascos destinados aos ensaios químicos, como forma de garantir a homogeneidade da amostra;
- 4) Repetir o procedimento até que todos os frascos estejam com o volume de água necessário, tomando o cuidado de manter um espaço vazio para sua posterior homogeneização;
- 5) No caso de amostras que não podem sofrer aeração (oxigênio dissolvido, sulfeto, compostos orgânicos voláteis e fenóis), a mangueira deve ser introduzida estrangulada até o fundo do recipiente, liberando-se lentamente o regulador de fluxo da mangueira e deixando-se extravasar duas vezes ou mais, o volume do frasco, não deixando espaço vazio;
- 6) Para os metais dissolvidos, a água do local será filtrada em campo imediatamente após a coleta e antes de adicionar às garrafas de amostra contendo conservantes. A unidade filtrante passará por um pré-condicionamento antes da filtragem, como forma de prepará-la para receber a amostra;
- 7) Após o pré-condicionamento, o seguinte procedimento será seguido:
 - a) Preencher um frasco descartável de 1L e retirar uma alíquota com a seringa, preenchendo todo o seu volume;
 - b) Conectar o filtro pré-condicionado à ponta da seringa;
 - c) Pressionar o êmbolo da seringa e recolher a amostra filtrada em frasco de coleta apropriado;
 - d) Repetir o procedimento até obter o volume necessário para o ensaio;
 - e) Caso ocorra saturação, o filtro será substituído por outro novo já pré-condicionado e o volume necessário para o ensaio será completado;
- 8) Visando minimizar a possibilidade de contaminação as garrafas de amostra serão abertas imediatamente antes da coleta e tampando-as imediatamente após o enchimento;
- 9) As garrafas serão colocadas em coolers com gelo ou bolsas de gelo;
- 10) Serão respeitados os procedimentos de preservação e os prazos de validade para todas as amostras coletadas, os quais são descritos na Seção 3.0;



2.2.2 Amostragem de Sedimentos

2.2.2.1 Lista de Documentos, Equipamentos e Materiais

Além dos itens indicados na Seção 2.1.2, serão necessários:

- Equipamentos calibrados e verificados para as medições de pH e ORP em sedimento conforme descrito na Seção 3.3;
- Carta-controle contendo informações diárias sobre a verificação dos eletrodos anteriormente ao início das atividades de amostragem;
- Soluções de calibração e kit de manutenção dos equipamentos de medição de pH e ORP;
- Kit de coleta de sedimento (draga manual Ekman ou equivalente);
- Sacos e/ou jarros de amostragem pré-rotulados;
- Colher de aço inoxidável;
- Bacia de aço inoxidável (para misturar amostras compostas de sedimento);
- Sifão (por exemplo, pedaço de tubo plástico ou frasco de compressão).

2.2.2.2 Procedimentos técnicos

Serão seguidos os procedimentos gerais de amostragem apresentados na **Seções 2.1 e 2.2**, conforme aplicável. Mais especificamente, serão seguidos os seguintes critérios:

- Será confirmado se a coleta de amostra de qualidade da água foi concluída, antes de coletar amostras de sedimento. Será certificado que o equipamento de coleta de água tenha sido guardado, antes da amostragem de sedimentos, de modo que ele não seja contaminado por sedimentos suspensos durante a amostragem;
- Serão anotados os volumes estimados de sedimentos coletados (para amostras simples, compostas ou testemunhos) e a aparência dos amostradores de testemunho. Será feita a descrição do material amostrado no que tange à textura, consistência, cor, presença de biota ou cascalho (ou resíduos) e mudança de característica do material com a profundidade (para os testemunhos);
- No caso de pontos de amostragem localizados em cursos d'água com largura inferior a 75 metros (m), serão seguidas as instruções para amostragem composta única apresentadas na **Seção 2.2.2.1**;
- No caso de pontos de amostragem localizados em rios com largura superior a 75 m, serão seguidas as instruções para a coleta de amostras compostas no canal apresentadas na **Seção 2.2.2.2**;
- No caso de amostragem de testemunhos de sedimento de fundo, a mesma será realizada através da técnica de amostragem por gravidade "Gravity Core" ou "Kajak Core". Maiores detalhes estão apresentados na **Seção 2.2.2.3**;

2.2.2.2.1 Procedimento para Coleta de Amostra Composta Única

Será coletada uma amostra composta usando uma draga manual Ekman ou equipamento equivalente. Uma amostra composta irá conter os 5 cm superiores da camada de sedimentos de pelo menos três amostras individuais coletadas em um ponto, em cada local de amostragem. As amostras serão coletadas de preferência em áreas de deposição identificadas pela presença de sedimento siltoso e arenoso mais fino. O volume mínimo de cada amostra será de 2 litros de sedimento. Como procedimento geral, a água que cobre o sedimento será retirada por sifonamento ou vertendo cuidadosamente o equipamento de coleta. Os métodos de coleta de sedimento usando uma draga Ekman são descritos a seguir:



- 1) Antes da amostragem, os equipamentos de amostragem de sedimento serão enxaguados duas vezes com água ambiente e será removido qualquer material aderente;
- 2) A draga Ekman será aberta e o dispositivo de acionamento será ajustado;
- 3) Voltando-se para montante, a draga será baixada lentamente até o fundo do curso d'água, a uma velocidade de aproximadamente 0,5 m/s, até que ela atinja o fundo;
- 4) Será certificado de que a linha esteja o mais vertical possível e então o mensageiro será baixado para fechar a draga Ekman;
- 5) A draga será puxada lentamente para a superfície;
- 6) Quando a draga com o sedimento sair da água, será verificado se as garras estão completamente fechadas. Caso haja alguma planta ou rocha presa nas garras, impedindo o seu fechamento completo, a amostra será descartada e o processo será recomeçado. Se persistirem as dificuldades para a coleta de amostras adequadas, pode ser necessário mudar ligeiramente o local da amostragem;
- 7) A tampa da draga será aberta e a amostra será observada. A draga irá conter pelo menos 5 cm de sedimentos. Idealmente, a draga estará pelo menos 60% cheia e apresentará uma superfície homogênea. Se o conteúdo da draga for aceitável, será usado um pedaço de tubo de plástico para formar um sifão e remover suavemente qualquer água remanescente sobre o sedimento, procurando não perturbar a camada superior de sedimento;
- 8) Será usada uma colher de aço inoxidável limpa para remover sedimento da superfície (5 cm superiores) de cada amostra e colocar em um recipiente de aço inoxidável limpo para criar uma amostra composta. Buscar-se-á não colher sedimento que tenha estado em contato com os lados da draga, para minimizar potencial de contaminação por metal a partir do dispositivo de amostragem;
- 9) Os passos 2 a 8 serão repetidos até que tenham sido coletadas três dragas com sedimento;
- 10) Será tomado exatamente o mesmo volume de cada réplica. Para evitar a oxidação, os volumes das réplicas a serem misturados serão mantidos, até o momento da homogeneização, em saco plástico ou bandeja de aço inox, de acordo com os ensaios a serem realizados;
- 11) A amostra de sedimento composta será misturada até que sua cor e textura fiquem homogêneas;
- 12) Os recipientes de amostra de sedimento fornecidos pelo laboratório serão enchidos com a amostra de sedimento composta. Os jarros ou sacos serão enchidos completamente, não deixando nenhum espaço vazio;
- 13) Todo o equipamento será lavado com água ambiente;
- 14) Deve-se respeitar os procedimentos de preservação e os prazos de validade para todas as amostras coletadas, os quais são descritos na Seção 3.0.

2.2.2.2 Procedimento para Coleta de Amostra Composta Através do Canal

Será criada uma amostra composta através do canal coletando os 5 cm superiores de pelo menos três amostras simples de sedimento coletadas em três pontos de sub-amostragem, igualmente espaçados, usando uma draga manual Ekman ou equipamento equivalente em pontos uniformemente espaçados através da largura do curso d'água, perpendicularmente à sua margem. Será guardada uma distância mínima de 2 m das margens, e massas iguais das amostras individuais irão compor uma amostra única que será analisada.

As amostras serão coletadas de preferência em áreas de deposição identificadas pela presença de sedimento siltoso e arenoso mais fino, onde aplicável. Para a análise, são necessários no mínimo 2 litros de sedimento. Os métodos de coleta de sedimento usando uma draga manual Ekman são descritos a seguir:



- 1) Será feito o planejamento da localização dos pontos de coleta das sub-amostras. Os pontos de coleta de sub-amostras serão uniformemente espaçados através da largura do canal, incluindo 2 amostras a uma distância de 1 a 2 m a partir da margem/linha de água em movimento, se a composição do sedimento for adequada;
- 2) Os passos 2 a 9 da Seção 2.2.2.2.1 serão seguidos;
- 3) Seguindo-se para o próximo ponto de coleta de sub-amostra o passo 2 acima será repetido até que tenham sido coletadas de três a cinco sub-amostras;
- 4) Serão seguidos os passos 10 a 13 da Seção 2.2.2.2.1.

2.2.2.2.3 Procedimento para Coleta de Amostras em Testemunhos de Sedimento

Para realização da amostragem dos testemunhos de fundo, as seguintes premissas serão adotadas. Ressalta-se que as mesmas se baseiam em ANA (2012) e USEPA (2001), assim como nos requisitos mínimos definidos na deliberação da CIF:

- 1) Caso a profundidade da água seja inferior a 2 metros ou um mergulhador esteja disponível para realização da amostragem, a coleta dos testemunhos deve ser realizada por meio de tubos (cilindros) de aço inoxidável ou de policloreto de polivinila (PVC) com diâmetro de 70 ou 75 mm. O material do tubo deve ser resistente e inerte;
- 2) Caso a profundidade da água seja superior a 2 metros e inferior a 20 metros, a coleta dos testemunhos deve ser realizada através da técnica de mergulho ou utilizando um testemunho por gravidade "Gravity Core" ou "Kajak Core";
- 3) Quando da coleta, o amostrador deve causar menor turbulência possível na água, evitando ondas de pressão, bem como deve ser garantido que o mesmo seja inserido verticalmente. Quando retornado à superfície, o amostrador estará totalmente fechado;
- 4) Antes de retirar a amostra, o exterior do amostrador será cuidadosamente enxaguado com a água do próprio ponto de amostragem;
- 5) Entre cada evento de amostragem, o equipamento de amostragem será limpo, no interior e exterior, seja mergulhando e retirando o equipamento rapidamente da água ou com água coletada do local a ser amostrado;
- 6) Os testemunhos serão fatiados em camadas de 2 em 2 cm até a profundidade de 10 cm e em camadas de 10 em 10 cm até pelo menos 1 metro. Cada camada será analisada de acordo com os parâmetros estipulados na **Tabela 8** do documento principal, além do ^{210}Pb ;
- 7) Serão respeitados os procedimentos de preservação e os prazos de validade para todas as amostras coletadas, os quais são descritos na Seção 3.0.

2.2.3 Descarga Líquida

A medição de vazão, também chamada de descarga líquida, será realizada utilizando-se o método acústico, conhecido como ADCP – *Acoustic Doppler Current Profiler*, naqueles pontos de monitoramento, localizados nos rios, que atendem a requisitos hidráulicos específicos. As medições serão mensais e ocorrerão no mesmo dia em que forem realizadas a determinação dos parâmetros de qualidade em campo e a coleta das amostras de água.

Nas situações em que não for possível a medição pelo método acústico, será empregado o método convencional, com molinete. Altas concentrações de sólidos em suspensão são um exemplo de interferência que poderá impossibilitar a utilização do método acústico.



As medições de descarga líquida seguirão as orientações estabelecidas pela ANA, no documento Diretrizes – Descarga Líquida, que contempla medições com método convencional ou acústico embarcado e cálculos correspondentes, bem como orientações para medições em eventos de cheia.

Para cada uma das determinações efetuadas, uma ficha de medição de descarga líquida será apresentada, com as informações utilizadas para o cálculo da medição efetuada, sendo que, para os métodos acústicos, esta ficha já é fornecida automaticamente pelo próprio equipamento. Ainda nos casos das medições dos métodos acústicos, o envio dos arquivos de medição dos equipamentos se faz necessário para atendimento das diretrizes da ANA.

Os seguintes documentos serão utilizados como referência de procedimentos metodológicos para medição da descarga líquida:

- Orientações para Operação das Estações Hidrométricas da ANA, de 2012 (<http://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/cadastro/OrientacoesParaOperacaoDeEstacoesHidrometricas-VersaoJun12.pdf>);
- Especificações Técnicas – Plataformas de Coleta de Dados (PCDs), da ANA, de 2011 (http://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/cadastro/EspecificacoesTecnicas_PlataformasdeColetasdeDados.pdf).

2.2.4 Descarga Sólida

Para a determinação da descarga sólida em suspensão, será utilizada a medição indireta pela amostragem da mistura água-sedimento. Já para a determinação da distribuição granulométrica dos sólidos suspensos, será utilizado o método da granulometria a laser.

O amostrador a ser utilizado, quando da determinação da descarga sólida em suspensão será adequado às características da seção e do escoamento do curso d'água, conforme as especificações recomendadas pela CT-SHQA, reproduzidas na **Tabela 1**.

Tabela 1: Amostrador Indicado de Acordo com as Características do Curso d'Água.

Amostrador	Diâmetro do Bico (pol.)	Volume da Garrafa/Saca (L)	Profundidade Máxima de Amostragem (m)	Velocidade Mínima para Amostragens (m/s)	Velocidade Máxima para Amostragens (m/s)	Zona Não-Amostrada (m)	Peso do Amostrador (kg)
US DH-48	1/4	0,473	2,7	0,46	2,7	0,09	1,8
US DH-59	3/16	0,473	4,6	0,46	1,5	0,11	10,0
US DH-59	1/4	0,473	2,7	0,46	1,5	0,11	10,0
US DH-76	3/16, 1/4	0,946	4,6	0,46	2,0	0,08	11,3
US DH-81	3/16	1,000	2,7	0,61	1,9	0,10	0,5
US DH-81	1/4	1,000	2,7	0,46	2,3	0,10	0,5
US DH-81	5/16	1,000	2,7	0,61	2,1	0,10	0,5
US DH-95	3/16	1,000	4,6	0,64	1,9	0,12	13,2
US DH-95	1/4	1,000	4,6	0,52	2,1	0,12	13,2
US DH-95	5/16	1,000	4,6	0,64	2,3	0,12	13,2
US DH-2	3/16	1,000	10,7	0,61	1,8	0,09	13,6
US DH-2	1/4	1,000	6,1	0,61	1,8	0,09	13,6
US DH-2	5/16	1,000	4,0	0,61	1,8	0,09	13,6
US D-74	3/16	0,473/0,946	4,6	0,46	2,0	0,10	28,1



Amostrador	Diâmetro do Bico (pol.)	Volume da Garrafa/Saca (L)	Profundidade Máxima de Amostragem (m)	Velocidade Mínima para Amostragens (m/s)	Velocidade Máxima para Amostragens (m/s)	Zona Não-Amostrada (m)	Peso do Amostrador (kg)
US D-74	1/4	0,473/0,946	2,7/4,6	0,46	2,0	0,10	28,1
US D-74AL	3/16	0,473/0,946	4,6	0,46	1,8	0,10	19,1
US D-74AL	1/4	0,473/0,946	2,7/4,6	0,46	1,8	0,10	19,1

Para a amostragem da descarga sólida de sedimentos em suspensão, a integração vertical será considerada, ou no método de Igual Incremento de Largura (IIL) ou no método de Igual Incremento de Descarga (IID). O método de igual incremento de IID será utilizado nos casos em que houver um bom conhecimento da distribuição de vazões ao longo da seção transversal do curso de água e do histórico de vazões. O método de IIL será utilizado em cursos de água estreitos, que permitem a travessia a vau (atravessa-se andando – baixas profundidades), e /ou em cursos d'água com fundo de leito arenoso, onde a distribuição de vazões ao longo da seção transversal não é homogênea. O método a ser utilizado será definido, portanto, a partir da primeira campanha de amostragem, quando serão conhecidas as condições de cada curso d'água.

Os seguintes documentos serão utilizados como referência de procedimentos metodológicos para medição da descarga sólida:

- Guia de Práticas Sedimentométricas da ANEEL, de 2000, disponível no site da instituição (http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Guia_prat_port.pdf);
- Carvalho (2008).

2.2.5 Amostragem de Material Particulado em Suspensão

Nos mesmos pontos de medição de descarga sólida, serão amostrados 5 L de água, com o objetivo de gerar massa suficiente de material particulado em suspensão para análise química.

A amostra de água bruta deverá coletada, preservada e enviada ao laboratório em até 24 h para início do processo de análise. A amostra ao chegar no laboratório será filtrada com o intuito de separar o material particulado em suspensão (ou sólidos totais em suspensão), que será posteriormente seco e analisado, conforme especificado nos respectivos métodos analíticos.

A filtração das amostras será realizada por meio de filtros tipo cápsulas descartáveis, utilizando-se membranas com as seguintes especificações e sugestões de marca:

- Para a análise de metais: Membrana 0,45 µm 142mm - Membrana Mista de Esteres; e,
- Para as demais análises (p.e. Carbono, Nitrogênio, etc.): Membrana 0,45µm 47mm - Membrana em fibra de vidro 85/90 BF 0,5 µm.

Um novo filtro descartável será usado a cada filtração de amostra, de modo a evitar a contaminação cruzada. À medida em que a amostra é filtrada, o material particulado em suspensão se acumulará no filtro. Quando a amostra tiver sido totalmente filtrada, o filtro membrana será removido da unidade de filtração, rotulado e o procedimento de secagem deverá ser iniciado.

Caso haja obstrução do papel de filtro antes da conclusão da filtração total da amostra, este será substituído e a filtração da água continuada. Neste caso, a unidade de filtração não precisa ser substituída (somente o papel filtro). Todos os papéis filtro coletados para cada amostra serão considerados na análise química como uma única amostra.

Caso necessário, pode ser realizada uma pré-filtração da amostra de água em um filtro de 1,2 µm (ou maior) para impedir a colmatação do filtro de 0,45 µm.



2.2.6 Amostragem de Fitoplâncton

As coletas do fitoplâncton serão feitas juntamente com a coleta das amostras para análises físico-químicas da água, conforme descrito na **Seção 2.2.1**. Será tomado o cuidado de distribuir alíquotas da mesma amostragem nos diferentes frascos.

A retirada da amostra fitoplanctônica será feita na sub-superfície (cerca de 20 cm de profundidade) dos corpos d'água com garrafa Van Dorn. Para o estudo quantitativo do fitoplâncton, amostras de 1 litro serão acondicionadas em frascos escuros e fixadas com solução de lugol-acético.

Para as análises qualitativas, um volume suficiente de amostra será filtrado em rede de plâncton, com abertura de malha de 20 µm e fixadas com formol a 5 %, ou o material será coletado pela passagem da rede diretamente na sub-superfície da água.

2.2.7 Amostragem de Zooplâncton

As coletas do zooplâncton, componente bioindicador exclusivo do *Plano de Amostragem Componente de Qualidade de Água e Sedimento do Programa de Monitoramento das Intervenções (Anexo D)*, serão feitas juntamente com a coleta das amostras para análises químicas da água deste Plano.

A retirada da amostra zooplanctônica para análise qualitativa e quantitativa dos organismos será feita em sub-superfície (a cerca de 20 cm de profundidade) dos corpos d'água, totalizando 200 mL, por bomba de sucção e filtração em rede de plâncton de malha de 68 µm.

A porção inferior da rede será mantida imersa na água para amortecer o impacto do jato de água da mangueira e evitar destruição dos espécimes. Os organismos serão narcotizados com água gaseificada e corados com Rosa de Bengala e as amostras fixadas (Schaden, 1985).

2.2.8 Amostragem de Perifíton

Com base em ANA (2012), será adotado o método de coleta manual de substratos naturais, que envolve a captura total ou de parte de substratos naturais (e.g., folhas, ramos, pedras). Os procedimentos de preparação e de coleta são descritos a seguir:

- 1) O local de amostragem será vistoriado em busca das melhores plantas, ramos e/ou pedras. A seleção levará em conta submersão, evitando-se substratos expostos, e padronização de réplicas, optando-se por substratos que sejam os mais semelhantes em textura e tamanho;
- 2) Serão coletadas pelo menos três réplicas de cada substrato em cada ponto de amostragem;
- 3) Ramos e folhas selecionados serão cotados com auxílio de tesoura, que será lavada com água do local depois da coleta de cada réplica;
- 4) O material coletado será colocado em bandeja, com o lado a ser raspado para cima;
- 5) Cada um dos substratos será raspado com pincel macio, "lavando" o material raspado para o frasco de amostra com água destilada, com auxílio de pisseta. A água terá um volume conhecido (neste caso, 150 mL). No caso das pedras e das folhas, será raspado apenas a parte superior;
- 6) As amostras homogeneizadas e divididas em 2 frascos, sendo 80 mL para análise de clorofila a e 70 mL para análise da comunidade;
- 7) A amostra será preservada para estudo da comunidade com 6 mL de formol 4 %, 3 gotas de lugol ou solução Transeau (1:1). A amostra será mantida refrigerada para análise de clorofila a;
- 8) Será medido o comprimento e diâmetro dos ramos, com auxílio de régua e paquímetro. Será desenhado com lápis o contorno das folhas e pedras raspadas, em papel vegetal. Os desenhos serão usados



posteriormente para medida da área, com medidor de área foliar. A área dos ramos será calculada por aproximação da figura geométrica mais próxima (cilindro). As medidas de área permitem a expressão dos resultados em organismos/cm².

2.2.9 Amostragem de Macroinvertebrados Bentônicos Dulcícolas

Os pontos selecionados para a coleta de amostras devem refletir as características físicas e ecológicas inerentes ao trecho do rio a ser avaliado, sendo dependentes da largura do corpo hídrico e da variabilidade de habitats. Em regra geral, entretanto, deve-se ter menos de 20 metros de extensão e cobrir toda a largura da corrente (AQEM, 2002).

Para a coleta dos organismos bentônicos será utilizado o amostrador tipo Surber (Barbour *et al.*, 1999), com malha de 0,3 mm de abertura e área de 0,09 m².

A adoção de procedimentos para prevenção de erros de amostragem ou contaminação da amostra por organismos que não pertençam ao local são dependentes do tipo de amostrador utilizado. Para o amostrador Surber, do tipo rede/delimitador, serão tomados os seguintes cuidados:

- 1) Não perturbar o ambiente a montante do amostrador, ou seja, processar a amostragem de jusante para montante;
- 2) Evitar a perda de material pelas laterais da rede e pela face inferior dos delimitadores;
- 3) Concentrar no fundo da rede o conteúdo aprisionado lavando-a com água de torneira e despejar o concentrado em frasco de coleta etiquetado.

Em zonas estacionárias ou lânticas, será utilizada uma rede manual. O procedimento de coleta de macroinvertebrados seguirá as recomendações de AQEM (2002) adotando-se a metodologia de coleta multi-habitat, com número de réplicas em cada ponto amostral proporcional à área de cobertura de cada micro-habitat identificado. Assim uma amostra consistirá de réplicas (totalizando 20) retiradas de todos os tipos de micro-habitats no ponto de coleta com uma quota de pelo menos 5% de cobertura (**Figura 1**). Para a categorização dos micro-habitats será utilizado o protocolo proposto por AQEM (2002).

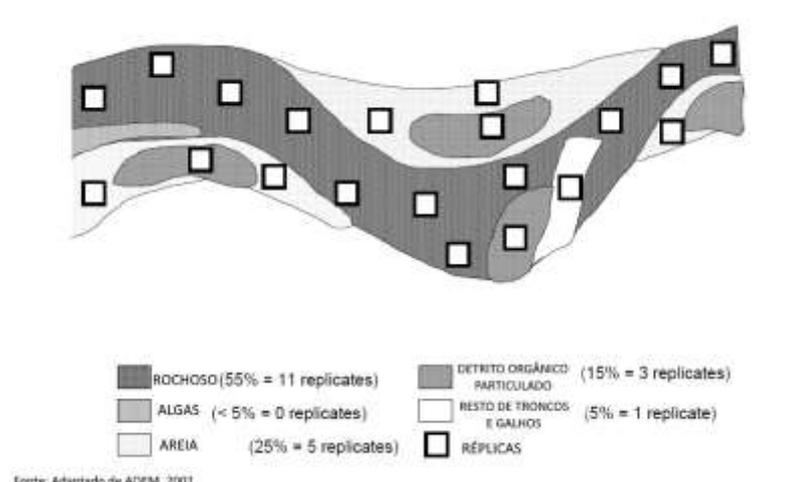


Figura 1: Exemplo de posicionamento de réplicas em ponto amostral teórico de acordo com amostragem multi-habitat. Fonte: Adaptado de AQEM, 2002.

Para a coleta em ambientes profundos será utilizada uma draga Petersen com área de pegada mínima de 420 cm². Nesses casos serão coletadas três réplicas por ponto amostral. Amostras nas quais houver perda



de material por transbordo ou vazamento serão descartadas se a draga não estiver preenchida com no mínimo 3/4 de sua capacidade.

O Protocolo de Caracterização Rápida de Condições Ecológicas de Trechos de Bacias Hidrográficas será empregado para a avaliação rápida da diversidade de habitats em trechos de bacias hidrográficas brasileiras (Callisto *et al.*, 2002), em cada ponto amostral.

Complementarmente, alguns critérios e premissas gerais são descritos em ANA (2012) e podem ser levados em consideração quando da amostragem da comunidade bentônica. São eles:

- É desaconselhável que a amostragem de organismos bentônicos seja realizada sobre pontes, uma vez que o sedimento sob as pontes pode não ser naturais do curso do rio;
- Utilizar aparelhos ou mecanismos que evitem a perturbação do substrato durante a amostragem. Caso não seja possível, o aparelho de amostragem deve possuir a descida controlada.

Após a coleta os organismos serão acondicionados em sacos plásticos, devidamente identificados por local, data e hora da coleta, e fixados em formalina devidamente neutralizada (com bórax ou bicabornato de sódio) entre 4 e 10%. Para posterior conservação os organismos podem ser mantidos em formol ou transferidos para álcool 70%.

2.2.10 Amostragem para Ensaios Ecotoxicológicos

As amostras serão coletadas usando os mesmos procedimentos descritos para coleta de água superficial (**Seção 2.2.1**) e sedimento (**Seção 2.2.2**). A amostragem para este estudo ocorrerá juntamente com a coleta das amostras para análises físico-químicas.

2.3 Procedimentos Específicos para a Amostragem na Zona Costeira e Estuarina

2.3.1 Amostragem de Água Superficial

2.3.1.1 Lista de Documentos, Equipamentos e Materiais

Além dos itens indicados na Seção 2.1.2, serão necessários:

- Sonda multiparamétrica calibrada e verificada, conforme descrito na Seção 3.3;
- Carta-controle contendo informações diárias sobre a verificação dos eletrodos anteriormente ao início das atividades de amostragem;
- Soluções de calibração e kit de manutenção de multiparâmetro de qualidade de água;
- Equipamento de filtração manual;
- Filtros descartáveis com porosidade de 0,45 µm para filtração em campo de amostras a serem submetidas a análises das frações dissolvidas das substâncias de interesse;
- Sonda de profundidade;
- Garrafas horizontais de van Dorn de capacidade superior a 3 L;
- Garrafões de 4 L descontaminados;
- CTD adequado para perfilagem em águas rasas, com sensores adicionais de oxigênio dissolvido e turbidez (por exemplo, Sea Bird SBE19 ou Teledyne RDI Citadel CTD_NV ou equivalente).



2.3.1.2 Procedimentos técnicos

Em cada ponto de amostragem, os dados dos parâmetros de campo serão coletados *in situ* na superfície (15 cm abaixo da superfície) e fundo (50 cm acima do fundo). Caso o cabo da sonda da qualidade da água não alcance a profundidade amostral as medições poderão ser feitas com a água coletada pelas garrafas de amostragem. Esta medição será realizada imediatamente após a chegada da amostra ao convés do barco. Após a conclusão das medições dos parâmetros de campo, amostras de água salina serão coletadas usando garrafas *van Dorn* horizontais (ou semelhantes). As garrafas estarão lastreadas para evitar ao máximo que derivem em função das correntes locais, provocando amostragens em profundidades equivocadas. Caso seja observada uma deriva excessiva da garrafa, verificada através do ângulo do cabo, será aumentada a quantidade de lastro utilizada.

A amostragem de água não ocorrerá antes da amostragem de sedimentos, a fim de evitar que a ressuspensão de sedimentos causada pela utilização do *box-corer* ou do *van Veen* interfira nos parâmetros de qualidade de água.

Os métodos de coleta são descritos a seguir:

- 1) Serão medidas a profundidade (m), e serão medidos parâmetros de campo usando o medidor portátil de qualidade de água na superfície (isto é, a 15 cm da superfície) e a 50 cm do leito submarino. As medidas de profundidade aproximadas (m) e medições de campo serão registradas na caderneta de campo;
- 2) Todas as amostras de água serão coletadas voltando-se a proa do barco para a direção oposta da corrente superficial, para evitar leituras imprecisas e/ou contaminação da amostra. A garrafa de *van Dorn* horizontal será inserida na água e mergulhada a aproximadamente 15 cm abaixo da superfície. Será coletada a amostra de água superficial permitindo que a garrafa se encha completamente;
- 3) Após a garrafa de *van Dorn* ser trazida de volta à embarcação, desconectar a mangueira da garrafa e desprezar a água contida na mangueira da garrafa;
- 4) Distribuir seu volume proporcionalmente nos diversos frascos destinados aos ensaios químicos, como forma de garantir a homogeneidade da amostra;
- 5) Repetir o procedimento até que todos os frascos estejam com o volume de água necessário, tomando o cuidado de manter um espaço vazio para sua posterior homogeneização;
- 6) No caso de amostras que não podem sofrer aeração (oxigênio dissolvido, sulfeto, compostos orgânicos voláteis e fenóis), a mangueira deve ser introduzida estrangulada até o fundo do recipiente, liberando-se lentamente o regulador de fluxo da mangueira e deixando-se extravasar duas vezes ou mais, o volume do frasco, não deixando espaço vazio;
- 7) Para os metais dissolvidos, a água do local será filtrada em campo imediatamente após a coleta e antes de adicionar às garrafas de amostra contendo conservantes. A unidade filtrante passará por um pré-condicionamento antes da filtragem, como forma de prepará-la para receber a amostra;
- 8) Após o pré-condicionamento, o seguinte procedimento será seguido:
 - a) Preencher um frasco descartável de 1L e retirar uma alíquota com a seringa, preenchendo todo o seu volume;
 - b) Conectar o filtro pré-condicionado à ponta da seringa;
 - c) Pressionar o êmbolo da seringa e recolher a amostra filtrada em frasco de coleta apropriado;
 - d) Repetir o procedimento até obter o volume necessário para o ensaio;
- 9) Caso ocorra saturação, o filtro será substituído por outro novo já pré-condicionado e o volume necessário para o ensaio será completado;



- 10) Visando minimizar a possibilidade de contaminação, as garrafas de amostra serão abertas imediatamente antes da coleta;
- 11) A profundidade de amostragem aproximada será registrada no caderno de campo;
- 12) Os frascos para análise laboratorial serão colocados em caixas térmicas ou isopores com gelo ou bolsas de gelo;
- 13) Os passos anteriores serão repetidos, enchendo-se uma segunda série de garrafas de amostra a profundidade de 50 cm acima do leito submarino. Se faz necessário tomar cuidado para evitar que a garrafa atinja o fundo, evitando assim a ressuspensão de sedimentos durante a coleta. A amostra de fundo será coletada permitindo que as garrafas se encham completamente;
- 14) Serão respeitados os procedimentos de preservação e os prazos de validade para todas as amostras coletadas, os quais são descritos na **Seção 3.0**;
- 15) Os volumes de água necessários para análise de todos os parâmetros serão informados pelo laboratório contratado para realização das análises. Devido a dificuldades de armazenamento a bordo, os volumes de água não serão coletados além do necessário.
- 16) O Controle de Qualidade (QC), que se refere a técnicas internas usadas para medir e avaliar a qualidade dos dados, é apresentado em detalhes no **Anexo A** do documento principal.

2.3.1.2.1 Perfilagem por CTD

A perfilagem com CTD será realizada em todos os pontos de monitoramento do zona costeira e estuarina. O procedimento de perfilagem pode ser realizado antes, durante ou depois da amostragem de água, a depender da equipe e infraestrutura disponível. Destaca-se, contudo, que a perfilagem não ocorrerá após a amostragem de sedimentos, a fim de evitar alterações na coluna d'água causadas pela passagem e descarte de sedimentos coletados.

Antes de ter início o cruzeiro, o CTD que será utilizado terá sua calibração verificada e, caso seja necessário, o equipamento será recalibrado. Todos os registros de verificação e calibração serão mantidos e apresentados sempre que solicitados. Quando o equipamento estiver exposto no convés da embarcação, é preciso evitar que seja exposto a excesso de calor ou que fique molhado por água do mar por longos períodos (NONNATO, 2004). Assim, será lavado com água doce após o uso, enquanto o duto de temperatura e condutividade será lavado com água deionizada e, caso haja contaminação por óleo da embarcação, serão lavados com detergente não-iônico. Além de limpos, é preciso verificar o estado e a posição dos conectores, lubrificando-os com graxa de silicone (NONNATO, 2004).

Ao se iniciar o procedimento para aquisição dos dados, o equipamento será ligado e as tampas dos sensores (quando houver) serão removidas. Inicialmente, o CTD será colocado na água em uma profundidade segura (cerca de 10 m), para evitar choques com a embarcação. O aparelho permanecerá nesta profundidade durante o tempo mínimo de 5 minutos, para que seja possível a estabilização dos sensores e equilíbrio térmico (MANCA; RUSSO, 2007). Quando a profundidade local não permitir a estabilização a 10 m de profundidade, a estabilização será feita mais próximo à superfície. Nestes casos, a atenção deve ser redobrada para evitar choques do equipamento com a embarcação. Após a estabilização, o equipamento será trazido o mais próximo à superfície possível, para que se tenha início a perfilagem. Caso entre ar no equipamento, a bomba (quando houver) poderá ser desligada automaticamente, assim se fará necessário repetir o passo de estabilização anterior.

A descida será feita em velocidade constante inferior a 1 m/s, porém não inferior a 0,3 m/s (UNESCO, 1988), para evitar excesso de ruídos nos dados devido ao movimento da embarcação e inversões no sentido do movimento do instrumento (NONNATO, 2004). O equipamento será descido à uma distância segura e mais próxima possível do fundo, entretanto não pode haver contato do equipamento com o substrato. A frequência de aquisição será a maior possível para o equipamento utilizado, levando-se em consideração a capacidade e a memória do equipamento.



Para o processamento dos dados obtidos serão seguidos protocolos de verificação, limpeza, filtragem e remoção de *spikes* e cálculo de médias para, no mínimo, células de 1 dbar (1m), seguindo as recomendações de Millard & Yang (1993). Serão utilizados os dados de descida do equipamento devido ao turbilhonamento, que pode afetar os dados de subida (NONNATO, 2004).

2.3.2 Amostragem de Sedimento

2.3.2.1 Lista de Documentos, Equipamentos e Materiais

Além dos itens indicados na Seção 2.1.2, serão necessários:

- Amostrador tipo *box-corer* com dimensões mínimas de 25 x 25 x 36 cm, área de 0,1 m²;
- Amostrador tipo *Petersen*, com área amostral mínima de 0,1 m²;
- Guincho motorizado ou hidráulico para içamento dos amostradores;
- Espátulas e/ ou colheres plásticas descontaminadas;
- Bandeja plástica;
- Peneiras para separação da fauna bentônica (meiofauna e macrofauna);
- Recipientes plásticos ou de vidro pré-rotulados;
- Água deionizada para lavagem das espátulas.

2.3.2.2 Procedimentos técnicos

Os procedimentos para amostragem de sedimentos seguem as recomendações presentes nos documentos ANA (2012), NBR 9898:1987 e NBR 15469:2015 e o Anexo 3 do TR4 do ICMBio.

O lançamento do equipamento para coleta de sedimentos será feito após o término da coleta de água e após a perfilagem com CTD. Por causarem ressuspensão de sedimentos durante a coleta, as amostragens de sedimentos podem afetar a qualidade da água no local.

Será utilizado um equipamento do tipo *box-corer* para a amostragem de sedimentos. Caso mostre-se inviável a utilização de *box-corer* em águas rasas, ou caso a embarcação a ser utilizada para as amostragens seja de pequeno porte, será utilizado, alternativamente, o amostrador de Petersen Modificado (e.g., nome comercial *Day Grab*), tendo em vista seu menor tamanho, que permite uso em embarcações menores equipadas com guincho de popa ou de bordo.

O equipamento de *box-corer* será armado por um profissional experiente, desamarrado e levado à água com extrema cautela, sem que haja nenhum tripulante entre a borda da embarcação e o equipamento durante as manobras de entrada e saída da água. Devido ao seu elevado peso a operação do *box-corer* exige muita atenção, pois qualquer tipo de acidente envolvendo um equipamento deste porte pode ser de grande gravidade. O içamento do *box-corer* será realizado com auxílio de um guincho motorizado ou hidráulico.

O equipamento será descido em velocidade constante para evitar solavancos e fechamentos. Ao atingir o fundo, o equipamento se enterra sozinho por gravidade em função do destencionamento do cabo, que desencadeia na liberação do lastro acoplado à caixa de amostragem. Após alguns segundos pode ser iniciada a subida, que provocará o fechamento da lâmina do *box-corer* em decorrência do tensionamento do cabo. Ao retornar para o convés da embarcação, o equipamento será amarrado, só tornando a ser desamarrado novamente quando for utilizado novamente.

A amostra coletada será validada por um fiscal de campo. No caso de sedimentos arenosos compactados, a eficiência do amostrador pode ser reduzida. A amostra aceita será fotografada junto de uma identificação do nome e data da amostra antes e após o sifonamento da água presente. Para cada amostra de sedimento



serão anotadas data e hora do momento da coleta além de outras informações pertinentes sobre a coleta na caderneta de campo.

A partir deste ponto, será aplicada a metodologia descrita na **Seção 2.3.3** para análise qualitativa da espessura de depósitos de rejeitos misturados a sedimentos naturais. A validação da amostra seguirá as os procedimentos descritos a seguir:

O aceite das amostras coletadas seguirá alguns princípios básicos de amostragem de sedimentos. A amostra coletada deverá ser representativa do volume interno do *box-corer*, isto é, deverá representar pelo menos 25 % do volume total do amostrador. Em campo haverá sempre um fiscal de campo capacitado e treinado para validar as amostras. O fiscal de campo seguirá as seguintes recomendações para a validação de uma amostra:

- 1) A superfície da amostra sofrerá mínima perturbação possível, evidenciando uma coleta eficiente e não perturbada do fundo submarino;
- 2) Caso a amostra contenha buracos ou apresente sinais de lavagem durante a recuperação, a réplica será descartada e nova tentativa será realizada;
- 3) O sedimento coletado terá pelo menos 10 cm de profundidade, afim de evitar que a sub-amostra tenha entrado em contato com o fundo do *box-corer*;
- 4) Será observado se há distribuição homogênea dos sedimentos coletados dentro do amostrador;
- 5) Será observado se houve arrasto dos sedimentos finos devido à lavagem da superfície dos sedimentos por vazamentos de água. Caso ocorra a perda dos sedimentos finos e/ou intensa erosão de paredes laterais a amostra deverá ser descartada e uma nova será coletada.
- 6) Em seguida, as amostras serão quarteadas e serão coletados sedimentos dos 5 cm superiores do *box-corer* de dois quartos opostos para preenchimento dos frascos de preservação enviados pelo laboratório. Os frascos serão preenchidos com quantidades iguais dos dois quartos utilizados, afim de promover uma homogeneização das amostras.
- 7) Preferencialmente, os frascos serão completamente preenchidos com sedimentos de um único lançamento. Caso isto não seja possível, serão obtidas amostras compostas. Estas amostras serão misturadas antes da separação das alíquotas para análises. Será tomado exatamente o mesmo volume de cada réplica. Para evitar a oxidação, os volumes das réplicas a serem misturados serão mantidos, até o momento da homogeneização, em saco plástico ou bandeja de aço inox, de acordo com os ensaios a serem realizados;
- 8) Serão respeitados os procedimentos de preservação e os prazos de validade para todas as amostras coletadas, os quais são descritos na **Seção 3.0**.

Como demonstrado nos relatórios apresentados pela Fundação sobre o monitoramento atual de qualidade de água e sedimentos na zona costeira, em alguns pontos de amostragem a variabilidade temporal dos parâmetros, incluindo a dominância relativa de faixas de tamanho de grãos, é bastante elevada, indicando alta heterogeneidade espacial dos sedimentos e/ou elevada dinâmica de transporte sedimentar. Para reduzir a variância dos resultados, serão coletadas amostras em três réplicas, de forma aleatória, em cada ponto de amostragem. Para a determinação dos parâmetros químicos e físico-químicos, serão preparadas, em laboratório, amostras compostas, a partir das amostras individuais de cada réplica. Para a análise de fauna bentônica, não serão elaboradas amostras compostas. As réplicas serão tratadas separadamente no processamento e na análise de dados.

Para evitar retirada excessiva de sedimento para análises químicas e físico-químicas de uma única réplica, o que geraria prejuízo à amostragem de organismos bentônicos, as sub-amostragens serão limitadas à quantidade mínima necessária para que, em laboratório, de forma que a massa total da amostra composta seja equivalente ou superior à massa mínima requerida pelo laboratório.



As massas de sedimentos necessárias para análise de todos os parâmetros listados na **Tabela 12** serão informados pelo laboratório contratado para realização das análises.

O Controle de Qualidade (QC), que se refere a técnicas internas usadas para medir e avaliar a qualidade dos dados, é apresentado em detalhes no **Anexo A**.

2.3.3 Avaliação Qualitativa dos Sedimentos

Além da avaliação quantitativa dos sedimentos, descrita na **Seção 2.3.2**, será feita também uma avaliação visual qualitativa da presença de rejeitos nos sedimentos. Após a coleta e o registro fotográfico de cada amostra de sedimento, a presença de rejeito será classificada em uma das quatro categorias: camada espessa; camada fina; presença esparsa e ausente. Dentre as três categorias com presença de rejeitos, a escolha seguirá os seguintes critérios:

- Presença esparsa: manchas finas (< 2 mm, aproximadamente) esparsas de rejeitos sobre sedimento imediatamente abaixo;
- Camada fina: camada fina (\leq 5 mm, aproximadamente) de rejeitos sobre sedimento imediatamente abaixo; e,
- Camada espessa: camada espessa (> 5 mm, aproximadamente) de rejeitos sobre sedimento imediatamente abaixo.

Exemplos das três categorias amostras com presença de rejeitos são apresentados na **Figura 2**.



Presença Esparsa



Camada Fina



Camada Espessa

Figura 2: Exemplos de imagens das três categorias de espessura de depósitos de rejeitos nos pontos de monitoramento.

2.3.4 Amostragem de Fauna Bentônica

As amostras de fauna bentônica serão obtidas seguindo-se os mesmos procedimentos descritos na **Seção 2.3.2** para amostras de sedimento para fins de análises químicas e físico-químicas.

Serão anotadas em uma ficha de bordo a eventual presença de rochas, rodolitos, ou animais grandes epifaunais (i.e. > 1 cm e visíveis a olho nú, como esponjas, ouriços, etc) que eventualmente tenham sido capturados. Esses animais serão preservados separadamente. Será também inserida, em uma ficha de bordo específica, uma breve descrição da predominância sedimentar da amostra, indicando a dominância de cascalhos, areia ou argila (lama), que será, posteriormente, confirmada pela análise granulométrica. Todas as amostras conterão dados que permitam a identificação em todas as etapas subsequentes do trabalho. Estas marcações serão feitas na parte externa dos recipientes e também dentro das amostras utilizando-se fichas em papel vegetal escritas a lápis.



Após identificação prévia da amostra obtida e ainda com o amostrador fechado, a água superficial contida na caixa amostral será sifonada manualmente, tomando-se cuidado para preservar a estrutura superficial da amostra. A água sifonada será peneirada com uma malha de 63 µm, e seu conteúdo será preservado separadamente em frasco apropriado. Em cada réplica amostral, serão sub-amostrados:

- **Meiofauna bentônica (organismos < 63 µm):** Amostras para assembléias meiofaunais serão coletadas em cada réplica amostral em uma sub-amostra com tubo de acrílico ou tubo plástico com 5 cm de diâmetro e 3 cm de profundidade. Serão coletadas 3 sub-amostras de meiofauna, 1 de cada réplica. As sub-amostras serão diretamente preservadas com formol a 4% e conduzidas ao laboratório, onde serão peneiradas;
- **Macrofauna bentônica (organismos entre 63 µm e 1 cm):** Após a sub-amostragem da meiofauna, e da retirada de sub-amostras para análise de parâmetros químicos e físico-químicos, o restante da amostra dentro do amostrador irá constituir a amostra de macrofauna bentônica. A amostra para macrofauna será peneirada a bordo em malha de 1 cm e 0,5 cm (em peneiras sequenciais), usando água marinha ou estuarina do local filtradas (evitando-se contaminação externa da amostra). Após peneiramento, as amostras retidas em cada peneira devem ser preservadas separadamente em recipientes com formol a 4%.

3.0 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE

3.1 Parâmetros Biológicos

3.1.1 Fitoplâncton

O material coletado deve ser submetido às seguintes análises:

- **Análise quantitativa:** a contagem do fitoplâncton deverá ser realizada nas amostras que foram acondicionadas em frascos escuros e preservadas em lugol acético 0,5 %, utilizando-se um microscópio invertido, de acordo a metodologia descrita por Utermöhl (1958). Os organismos devem ser contados sob o aumento de 400 vezes, com o auxílio de retículo de Whipple aferido com régua micrométrica calibrada, com contagem em campos ou transectos, garantindo a precisão dos resultados. Durante a contagem deve ser estabelecido um limite de precisão de duas maneiras, através da curva de rarefação das espécies, ou seja, adicionando novas unidades de contagem (campos ou transectos) até a estabilização de ocorrência de espécies na análise, bem como pelo estabelecimento de um número mínimo de 100 indivíduos da espécie dominante contados de modo a se determinar erro padrão de até 20% na contagem, obtido por meio da fórmula (APHA 2005, CETESB 2005):

- a. Erro na contagem, de acordo com a Equação 1:

$$E = \left(\frac{2}{\sqrt{N}} \right) \cdot 10 \quad (1)$$

Em que:

- b. (E) denota o erro na contagem, em %;
 - c. (N) denota o número unidades constatadas.
 - d. As identificações dos organismos fitoplanctônicos devem ser feitas em nível específico, sempre que possível. Os sistemas de classificação adotados devem ser: Round (1971) para as classes de Chlorophyta; Round (1990) para Bacillariophyta; Komárek & Anagnostidis (1989, 1998 e 2005) para Cyanobacteria; e o de Round (1965) para as demais classes.
- **Espécies abundantes e dominantes:** considerando espécies dominantes aquelas cujas densidades são maiores do que 50% da densidade total da comunidade e espécies abundantes aquelas cujas



densidades superam a densidade média das populações de cada amostra, conforme Lobo & Leighton (1986);

- Frequência de Ocorrência: considerando a relação entre o número de ocorrências de uma dada espécie e o número total de amostras analisadas. As espécies constantes são aquelas onde $F > 50\%$; as comuns, $10\% < F < 50\%$; e as raras, quando $F < 10\%$. Calculados através da Equação 2:

$$F = \left(\frac{P_i}{P_t} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Em que:

- e. (F) denota a frequência de ocorrência;
- f. (P_i) denota o número de amostras em que a espécie i está presente;
- g. (P_t) denota o número total de amostras analisadas.

- Índices biológicos (nível específico): devem ser calculados índices de diversidade de Shannon-Wiener (Shannon & Weaver, 1963), de equitatividade (Lloyd & Ghelardi, 1964), de dominância (Simpson, 1949) e de riqueza (Odum, 1983). Dessa forma, as equações 3, 4 e 5 apresentam o cálculo do Índice de Equitabilidade, Índice de Dominância de Simpson e Índice de Diversidade de Shannon-Wiener.

Índice de Equitabilidade (E)

$$E = \frac{H'}{\log_2 S} \quad (3)$$

Em que:

- h. (E) denota o índice de equitabilidade;
- i. (H') denota o índice de diversidade (bits.ind^{-1});
- j. (S) denota o número total de táxons contados na amostra.

Índice de Dominância de Simpson (D)

$$D = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 \quad (4)$$

Em que:

- k. (D) denota o índice de dominância de Simpson;
- l. (n_i) denota a relativa de cada táxon na unidade amostral;
- m. (N) denota o número total de indivíduos na amostra.

Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H')

$$H' = - \sum p_i \cdot \log^2 p_i \quad (5)$$

Em que:

- n. (p_i) denota a razão entre n_i e N ($\frac{n_i}{N}$);



Índice de riqueza (R)

Número total de táxons encontrados em uma amostra

Associação de espécies bioindicadoras: avaliada com base nas análises qualitativas e quantitativas da comunidade, e com uso de literatura especializadas, como Tucci (2002).

3.1.2 Zooplâncton

O material de coletado zooplâncton, componente bioindicador exclusivo do *Plano de Amostragem Componente de Qualidade de Água e Sedimento do Programa de Monitoramento das Intervenções (Anexo D)*, deverá ser submetido às seguintes análises:

- Análise taxonômica - os organismos já fixados deverão ser triados em microscópio estereoscópico com aumento de 40 a 80 vezes. A identificação em nível de espécie ou subespécie deverá ser realizadas em microscópio óptico invertido Zeiss, com câmara clara, ocular milimetrada e aumento de até 1000 vezes, de acordo com consulta a especialistas e bibliografia especializada, como: Smirnov, 1974; Koste, 1978; Koste & Robertson, 1983; Reid, 1985; Koste & Shiel, 1986; Shiel & Koste, 1992; 1993; Nogrady et al., 1993; Segers, 1995; Elmoor-Loureiro, 1997; Sinev, 2001; Nogrady & Segers, 2002; Segers & Shiel, 2003; Silva, 2003; Silva & Matsumura-Tundisi, 2005; Van Damme et al., 2005; Santos-Silva, 2008; Gomes & Souza, 2008; Van Damme et al., 2010, entre outros;
- Análise quantitativa – cada amostra deverá ser quantificada para a determinação da densidade das espécies (indivíduos/m³) pela obtenção de 3 sub-amostras de 1 mL com pipeta do tipo Stampell, sendo a contagem dos indivíduos realizada em câmaras de Sedgewick-Rafter (Rotíferas e protozoários) e em cubeta quadriculada de acrílico sob microscópio estereoscópico (Cladocera, Copepoda e meroplancton) e os resultados expressos em número de indivíduos por unidade de volume de água filtrada. A contagem dos organismos deverá ser baseada na metodologia proposta por Bottrel et al. (1976). Para a contagem deverá ser estabelecido um limite de precisão de duas maneiras, através da curva de rarefação das espécies, ou seja, adicionando novas unidades de contagem (campos ou transectos) até a estabilização de ocorrência de espécies na análise, bem como pelo estabelecimento de um número mínimo de 150 indivíduos contado em cada sub-amostra. Se a sub-amostra não contiver o número mínimo referido acima, deverá ser contada em sua totalidade;
- Espécies abundantes e dominantes – considerando espécies dominantes aquelas cujas densidades são maiores do que 50% da densidade total da comunidade e espécies abundantes aquelas cujas densidades superam a densidade média das populações de cada amostra;
- Frequência de Ocorrência – considerando a relação entre o número de ocorrências de uma dada espécie e o número total de amostras analisadas. As espécies constantes são aquelas onde $F > 50\%$; as comuns, $10\% < F < 50\%$; e as raras, quando $F < 10\%$. Calculados através da equação 2 (ver **Seção 3.1.1**);
- Índices biológicos (nível específico) - devem ser calculados índices de diversidade de Shannon-Wiener (Shannon & Weaver, 1963), de equitatividade (Lloyd & Ghelardi, 1964), de dominância (Simpson, 1949) e de riqueza (Odum, 1983), de acordo com as equações 3,4 e 5 (ver **Seção 3.1.1**);
- Análises estatísticas – devem ser realizadas análises de correspondência canônica (ACC) utilizando-se o conjunto de variáveis ambientais e de comunidades zooplanctônicas; e análise de agrupamento, em base à similaridade – matriz de correlação simples/coeficiente de correlação r de Pearson, aplicada aos dados de composição/abundância das populações zooplanctônicas, de modo a explorar a relação entre os dados químicos coletados e as abundancias relativas.



3.1.3 Perifíton

O material perifítico deverá ser encaminhado para as seguintes análises:

- Análise taxonômica: as amostras deverão ser fixadas em formalina 3-4%. A oxidação e preparo das lâminas permanentes para a análise das diatomáceas deverá seguir Hasle & Fryxell (1970), utilizando Hyrax como meio de inclusão. As análises deverão ser feitas ao microscópio binocular, munido de câmara clara e ocular de medição. O sistema de classificação adotado para classes e ordens deve ser o de Van der Hoek et al. (1997). Para identificação das algas em nível específico deverá ser utilizada literatura especializada conforme o grupo de algas, como: Albuquerque & Menezes (1997), Bicudo (2004); Bicudo et al. (2003); Bicudo (1989, 1990a, 1996); Komárek & Anagnostidis (1999); Komárek & Fott 1983; Kramer & Lange-Bertalot (1986); Sant'anna et al. (1989), Xavier (1988, 1989a, 1989b, 1994), Ferragut et al. (2005).
- Análise quantitativa das algas: o perifíton removido de seu substrato deverá ser imediatamente fixado e preservado em lugol acético 0,5% (Lund et al. 1958) em volume conhecido e mantido no escuro a temperatura ambiente, até o momento da análise. A densidade deverá ser determinada pelo método de Utermöhl, a partir de microscópio invertido, em aumento de 400 vezes (Lund et al. 1958). O limite da contagem deverá ser estabelecido por dois procedimentos: quantificação de 100 indivíduos da espécie mais comum e curva de rarefação de espécies (Bicudo, 1990b). A Equação 6 para o cálculo da densidade deverá seguir a adotada por Vercellino (2007), adaptada para a área do substrato como se segue:

$$N = \frac{n \cdot 1000 \cdot 10^6 \cdot V \cdot f}{V_c \cdot S} \quad (6)$$

Em que:

- (N) denota a densidade, número de indivíduos por cm²;
- (n) denota o número total de indivíduos contados;
- (1000 e 10⁶) denotam fatores de correção de unidades;
- (V) denota o volume total da amostra contendo o perifíton removido do substrato, em mL;
- (f) denota o fator de diluição da amostra, quando necessário;
- (S) denota a superfície raspada do substrato, em cm²;
- (V_c) denota o volume dos campos contados, em mL. Essa variável é terminada pela Equação 6, a seguir:

$$V_c = h \cdot A_c \cdot N_c \quad (7)$$

Em que:

- (h) denota a altura da câmara de sedimentação, em mm;
 - (A_c) denota a área do campo de contagem, em µm²;
 - (N_c) denota número de campos contados.
- Biomassa da comunidade algal: a extração da clorofila-a, corrigida para feopigmentos deverá ser feita em etanol 90% aquecido por 5 minutos, não-macerado (Sartory & Grobbelaar 1984). Os cálculos devem ser feitos de acordo com Wetzel & Likens (1991), sendo as equações adaptadas para a comunidade perifítica (área do substrato) e as respectivas constantes corrigidas para o solvente orgânico utilizado na extração. A determinação de massa seca, massa seca livre de cinzas e cinzas deverá seguir Schwarzbald et al. (1990) e Ferragut (1999):



$$\text{Clorofila-a} = \frac{E_{\text{clor.}} \cdot 103 \cdot V}{83,4 \cdot S} \quad ; \quad E_{\text{clor.}} = 2,38 \cdot (U' - A') \quad (8)$$

$$\text{Feoftina} = \frac{E_{\text{feof.}} \cdot 103 \cdot V}{56 \cdot S} \quad ; \quad E_{\text{feof.}} = U' - E_{\text{clor.}} \quad (9)$$

Em que:

- k. (U') denota absorbância a 665 nm do extrato não acidificado corrigida da leitura a 750 nm (U665 – U750);
 - l. (A') denota a absorbância a 665 nm do extrato acidificado corrigida da leitura a 750 nm (A665 – A750);
 - m. (V) denota o volume do solvente, em mL;
 - n. (83,4) denota o coeficiente de absorção específico da clorofila-a em etanol 96 %;
 - o. (56) denota o coeficiente de absorção específico da feoftina (adotado o determinado em acetona 90 %);
 - p. (S) denota a área do substrato, em cm².
- Índices biológicos (nível específico) - devem ser calculados índices de diversidade de Shannon-Wiener (Shannon & Weaver, 1963), de equitatividade (Lloyd & Ghelardi, 1964), de dominância (Simpson, 1949) e de riqueza (Odum, 1983). O cálculo de tais índices está apresentado pelas equações 2, 3 e 4;
 - Espécies abundantes e dominantes - considerando espécies dominantes aquelas cujas densidades são maiores do que 50% da densidade total da comunidade e espécies abundantes aquelas cujas densidades superam a densidade média das populações de cada amostra, conforme Lobo & Leighton (1986);

Associação de espécies bioindicadoras – avaliada com base nas análises qualitativas e quantitativas das algas perifíticas, e com uso de literatura especializada como, Van Dam et al. (1994), Lowe & Pan (1996), Vercellino (2001), Ferragut (2004), Fermino (2006) entre outros.

3.1.4 Macroinvertebrados Bentônicos Dulcícolas

Para análise do material, as amostras de sedimento devem ser lavadas com água corrente em rede com malha 0,25 mm, reduzindo o volume da amostra ao eliminar partículas orgânicas e inorgânicas finas. O material coletado será submetido as seguintes análises:

- Análise taxonômica: a identificação dos organismos deverá ser feita com o auxílio de lupa e microscópio óptico até o menor nível taxonômico possível, de acordo com consultas a especialistas e bibliografia especializada, como: fauna de invertebrados geral: Brusca & Brusca 2002, Daly 1996, Ide & Costa, 2006; Ephemeroptera: Edmunds & Waltz 1996, Dominguez et al. 2006, Salles et al. 2004 a e b, Da-Silva et al. 2002, Dias et al. 2007; Odonata: Westfall & Tennessen 1996, Costa et al. 2004, Costa & Ide 2006; Trichoptera: Wiggins 1996, Morse & Holzenthal 1996, Angrisano & Korob 2001, Oliveira 2006; Plecoptera: Bispo & Crisci-Bispo 2006, Olifiers et al. 2004, Romero 2001, Stewart & Harper 1996; Coleoptera: White & Brigham 1996, Costa & Ide 2006, Archangelsky 2001; Diptera: Courtney et al. 1996, Coffiman & Ferrington 1996, Guimarães & Amorin 2006, Trivinho-Strixino & Strixino 1995, Pinder 1983, Pinder & Reiss 1983, Fittkau & Roback 1983, Cranston et al. 1983, Grosso 2001, Paggi 2001; Oligoquetos: Brinkhurst & Marchese 1989; Lopretto & Tell 1995. Além disso, devem ser utilizadas as referências indicadas pelo PMQQS (Lecci & Froehlich 2010, Mugnai et al. 2010, Salles 2009, Pinho 2008, Calor 2007, Dias et al. 2007, Mariano 2007, Souza et al. 2007, Dias et al. 2006, Pes et al. 2005, Olifiers et al. 2004, PAPROCKI et al. 2004, Da-SILVA et al. 2002, Fernadéz & Domingues 2001, Flint et al. 1999, Nieser & Melo 1997, Péres 1996, Domingues et al. 1994, Merritt & Cummins, 1984);



- Aplicação do Índice Multimétrico Bentônico (IBM): avaliando um conjunto de métricas bentônicas como: riqueza, % Oligochaeta, % CHOL (Chironomidade + Oligochaeta), % EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), % Coletores-catadores e BMWP-CETEC (Biological Monitoring Working Party - Centro Tecnológico de Minas Gerais), segundo Ferreira (2009). As porcentagens representam as proporções dos organismos utilizados para compor o índice em relação à fauna total segundo Ferreira et al. (2012). A métrica BMWP-CETEC corresponde ao escore atribuído a cada família de acordo com a lista de Junqueira et al. (1998). A classificação em grupos tróficos deve ser obtida segundo Merritt & Cummins (1996) e Cummins, Merritt e Andrade (2005). Para cada métrica que integra o índice deve ser feita a classificação em escores (1, 3 ou 5) de acordo com as respostas dos organismos frente aos impactos, segundo Ferreira (2009). O somatório dos resultados dos escores atribuídos às métricas deve ser dividido em quatro categorias, que refletem as condições da qualidade da água. Assim um resultado de 6-12 reflete condição de água "ruim"; 13-18 água "regular"; 19-24 água "boa" e 25-30 água "muito boa";

Análises estatísticas: devem ser realizadas análises de correspondência canônica (ACC) utilizando-se o conjunto de variáveis ambientais e dos macroinvertebrados e análise de agrupamento, em base à similaridade - matriz de correlação simples/coeficiente de correlação r de Pearson, aplicada aos dados de composição/abundância dos macroinvertebrados bentônicos, de modo a explorar a relação entre os dados químicos coletados e as abundâncias de invertebrados.

3.1.5 Fauna Bentônica Marinha

Os procedimentos de análise da fauna bentônica são divididos entre aqueles relacionados a procedimentos laboratoriais (**Seção 3.1.5.1**) e de análise de dados (**Seção 3.1.5.2**).

3.1.5.1 Procedimentos Laboratoriais

Em laboratório, o procedimento analítico deve seguir padronizações de triagem e identificação taxonômicas. Tendo em vista o longo período de estudo proposto no monitoramento, é importante realizar um controle da qualidade de triagem laboratorial, tendo em vista que muitos técnicos devem se alternar durante o andamento do projeto potencialmente introduzindo erros significativos no reconhecimento de animais bentônicos. Esse controle de qualidade deve ser supervisionado por profissional com boa experiência, e continuamente reportado para que eventuais correções e treinamentos sejam rapidamente realizados. O controle de qualidade da triagem será realizado separando-se 10% das amostras triadas por cada profissional, as quais terão o resíduo conferido por profissional experiente. Caso os resíduos de triagem contenham organismos não identificados, estes organismos devem ser devidamente acondicionados nos respectivos frascos com os demais organismos já triados. O controle de qualidade deverá aceitar a triagem da amostra caso encontre até 10% do número de organismos nos resíduos. A triagem das amostras de um profissional deverá ser rejeitada caso sejam encontrados mais de 10% do número de organismos totais de uma amostra nos rejeitos triados. Nesse caso, serão aleatoriamente checadas outras 10% de rejeitos de amostras do mesmo profissional para verificar a qualidade, e caso erros sejam verificados medidas de treinamento e correção dos erros devem ser adotadas. No caso de profissionais com menos de 6 meses de experiência, 100% de suas amostras deverão ser checadas até que o mesmo atinja < 10% de animais encontrados em 90% dos rejeitos de triagem.

As amostras de meiofauna (< 63 μ m) preservadas em formol 4% devem ser elutriadas em laboratório seguindo os métodos de extração com sílica coloidal ou Ludox (Burgess, 2001). O material separado com os animais será colocado em placa de Petri para centrifugação manual, sendo o sobrenadante vertido em placas de Döflfus, composta de 200 quadrados de 0,25 cm² cada. Em estereomicroscópio, será realizada a contagem dos grandes grupos zoológicos e separação de Nematoda, Tardigrada e Copepoda Harpacticoidea, com auxílio de estilete. Os espécimes serão quantificados e acomodados em tubos de Eppendorf, com formol a 4%. A classificação taxonômica deverá ser baseada em referências usuais e chaves padronizadas, preferencialmente a nível taxonômico de gênero (Sommerfield & Clarke, 1995; De Ley, 2006).

As amostras de macrofauna (> 63 μ m e < 1,0 cm) preservadas em formol devem ser novamente lavadas em água corrente em laboratório e transferidas para álcool 70%. As amostras serão triadas por



estereomicroscópio e os organismos triados e identificados ao nível de família (Filo Annelida e Filo Mollusca) e ordem (Sub-filo Crustacea e outros). Este nível de classificação é suficiente para análises estatísticas convencionais posteriores e elimina grande esforço taxonômico na identificação de espécies (Somerfield & Clarke, 1995). Diversos guias e chaves taxonômicas podem ser usadas para a identificação da macrofauna bentônica a nível de família, e muitas referências foram publicadas sob a forma de livro no Brasil ou em jornais especializados (e.g., Fauchald, 1977; Amaral *et al.*, 2006).

Organismos pertencentes a grupos dominantes ou de especial interesse taxonômico poderão ser encaminhados a especialistas para uma identificação ao menor nível possível, sendo mantidos em suas coleções, ou encaminhados para coleções cadastradas no CRIA (e.g., Museu de Zoologia da USP, UNICAMP).

3.1.5.2 Análise de dados

A análise dos dados de organismos da meiofauna e macrofauna bentônica deve considerar os seguintes parâmetros: i) a densidade e biomassa total de organismos (padronizada por metro quadrado m^{-2}) e desvio padrão das réplicas num determinado sítio ou ponto amostral; ii) índices de diversidade (Simpson e Shannon H') e equitatividade de Pielou J' (e seus erros entre réplicas) (Magurran, 2004); iii) a composição faunística predominante em cada área (e.g., ranque de dominância de grupos) com sua respectiva densidade. Devem ser realizadas também (iv) comparações entre pontos e períodos amostrais a partir dos dados anteriores, em 2 ou mais áreas e/ou 2 ou mais períodos de tempo; e (v) analisadas relações entre a variação de densidade de organismos com variáveis ambientais.

Os dados de densidade e biomassa total de organismos devem ser obtidos pela contagem e medição de peso úmido de organismos presentes em cada amostra, separados por nível taxonômico (i.e., Família, Ordem). A densidade de cada área amostral (área superficial do amostrador utilizado) é convertida para 1 metro quadrado e a média das réplicas de cada ponto amostral são calculadas juntamente com seu desvio padrão. Ao se estimar a biomassa, deve-se utilizar balança analítica com precisão suficiente, e o peso úmido anotado após um intervalo de tempo pré-definido (e.g. 10 segundos). Tendo em vista que os organismos estarão condicionados em álcool 70%, o peso irá diminuir constantemente pela evaporação do álcool e não é desejável que os animais ressequem no processo. As amostras de meiofauna somente deverão ser quantificadas, sem necessidade de medida de biomassa. Os testes estatísticos devem apenas testar hipóteses através de técnicas de estatística inferencial bem conhecidas: estatística paramétrica (testes t, F, ANOVA, Qui2, Correlação-regressão), ou não paramétrica (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney, Spearman). Todos estes testes e índices de diversidade podem ser rotineiramente calculados por pacotes estatísticos amplamente disponíveis, incluindo o software PRIMER® (Clarke & Warwick, 2001). Para descrever a estrutura de populações e assembleias, ou as características ambientais de um determinado ecossistema e testar as inter-relações biota x meio físico e os fatores que regulam essas estruturas, devem-se empregar métodos multivariados e analisar de maneira integrada os dados abióticos e bióticos.

Para descrever a estrutura das associações bêmicas (meiofauna ou macrofauna) entre áreas/pontos, deve-se realizar o agrupamento de amostras (modo Q) a partir dos dados quantitativos de organismos e espécies. Os dados podem ser pré-tratados por transformações (e.g., raiz quadrada) para balancear a importância de espécies dominantes e raras, e normalmente estas análises são realizadas no pacote estatístico PRIMER® (Clarke & Gorley, 2006). Os dados transformados são então utilizados para calcular a distância euclidiana a partir de índices de dissimilaridade de Bray-Curtis, e ordenados em gráficos MDS. Após a ordenação MDS, análises estatísticas multivariadas (e.g., PERMANOVA) podem ser aplicadas para se testar diferenças espaciais e temporais desejadas, e a análise SIMPER permite a identificação das variáveis (e.g., dominância de espécies) responsáveis pelos agrupamentos encontrados (Anderson *et al.*, 2008). A PERMANOVA pode ser empregada, baseada na matriz de semelhança de Bray Curtis, para verificar diferenças espaciais ou temporais nas assembleias bentônicas a partir de tratamentos definidos a-priori (e.g. entre estuários, entre áreas, entre zonas com presença ou ausência de rejeitos, etc). Como a amostragem deverá ser desbalanceada, isto é, com diferente número de réplicas e amostras entre áreas, as PERMANOVAS deverão ser realizadas separadamente para cada região de interesse (Clarke & Warwick, 2001; Clarke & Gorley, 2006). Métodos de regressão múltipla podem ainda ser aplicados para examinar a influência de variáveis



ambientais na estrutura de assembleias, após tratamentos e testes de auto-correlação necessários (Anderson, 2006; Anderson et al., 2008).

No caso em questão, em que os dados pré-impacto são inexistentes, escassos ou foram realizados por métodos distintos, é de suma importância testar o comportamento temporal das assembleias por métodos não-normais multidimensionais (N-MDS - Somerfield & Clarke, 1995). Estas técnicas são relevantes para identificar comportamentos "anômalos" de assembleias ao longo do tempo, que poderiam estar relacionadas a impactos de longo termo na sucessão ecológica de assembleias expostas a algum agente externo, se comparados com assembleias supostamente sem interferência daqueles agentes (Clarke et al., 2006). Desta forma, o uso de MDS de segundo estágio será empregado para avaliar a evolução temporal das comunidades nos pontos de estudo.

Todos os testes acima descritos podem ser realizados no pacote PRIMER versão 6.0 e os detalhes metodológicos das análises consultados nos manuais indicados (Clarke & Gorley, 2006; Anderson et al., 2008).

3.2 Ensaios ecotoxicológicos

Os métodos para a realização dos ensaios de ecotoxicidade incluídos no programa de testes estão relacionados na Tabela 2, tanto para amostras de água (rio Doce) quanto para amostras de sedimento (rio Doce).

Tabela 2: Ensaios ecotoxicológicos propostos.

Matriz	Ensaio	Método ¹
Água – rio Doce	Toxicidade crônica - <i>Ceriodaphnia</i> spp	ABNT NBR 13.373
	Toxicidade crônica – <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> spp	ABNT NBR 12.648
	Toxicidade aguda - <i>Daphnia</i> spp.	ABNT NBR 12.713
	Toxicidade aguda – <i>Danio Rerio</i> spp	ABNT NBR 15.088
Sedimento – rio Doce	Toxicidade crônica - <i>Ceriodaphnia</i> spp	ABNT NBR 13.373

¹ Serão consideradas as revisões mais atualizadas para a realização dos ensaios propostos.

A análise das amostras deve ser realizada por laboratórios acreditados nos termos da ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

Princípio dos métodos:

Todos os métodos de ensaio mencionadas na **Tabela 2** seguem os mesmos princípios. Os organismos-testes são submetidos a diferentes diluições da amostra coletada por um determinado período de tempo, conforme apresentado na **Tabela 2**.

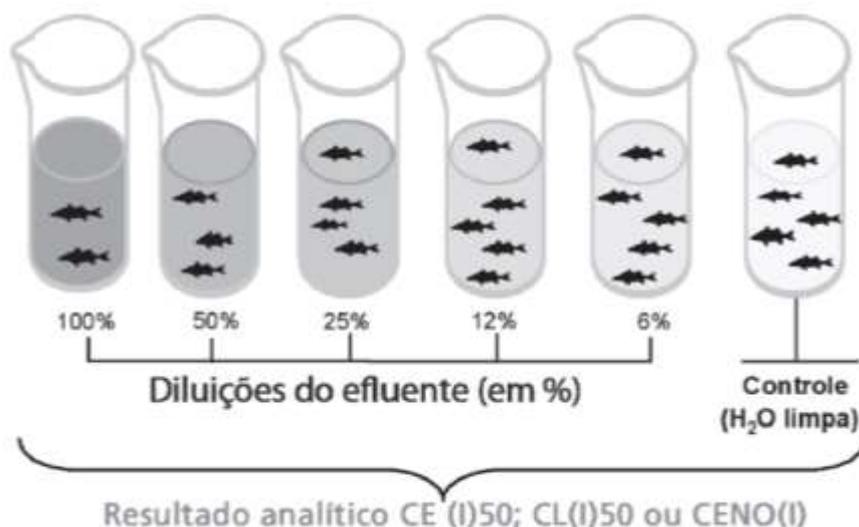


Figura 3: Esquema de um ensaio ecotoxicológico.

Fonte: Bertoletti, 2008

Após o período de exposição, deverá ser registrada a porcentagem de efeito tóxico medido em cada uma das diluições e, em seguida, deverá ser calculado o resultado do ensaio ecotoxicológico, o qual deve ser expresso em:

- CE(I)50;48h = concentração da amostra que causa efeito agudo (imobilidade) a 50% de uma população do micro crustáceo *Daphnia similis*, em 48 horas de exposição, expressa em %. O método analítico para obtenção desse resultado deve ser a norma técnica ABNT NBR 12713;
- CL(I)50;96h = concentração do efluente que causa efeito agudo (letalidade) a 50% de uma população dos peixes *Danio rerio* ou *Pimephales promelas*, em 96 horas de exposição, expressa em %. O método analítico para obtenção desse resultado deve ser a norma técnica ABNT NBR 15088;
- CENO(I);7dias = concentração do efluente que não causa efeito crônico observável a uma população do micro crustáceo *Ceriodaphnia dubia* (na sobrevivência ou reprodução), em 7 dias de exposição, expressa em %. O método analítico para obtenção desse resultado analítico deve ser a norma técnica ABNT NBR 13.373. Alternativamente, pode ser utilizado o método analítico com peixes ou com algas segundo ABNT NBR 15.499 (Ensaio com peixes – ecotoxicidade crônica) ou ABNT NBR 12.648, respectivamente.

Estes valores deverão ser utilizados para estimar o potencial efeito tóxico da amostra analisada. Devem ainda serem apresentados os dados brutos referentes a cada ensaio, além dos respectivos dados, iniciais e finais, de pH e oxigênio dissolvido.

Preservação da amostra:

Água: frasco de vidro ou plástico (polietileno de alta densidade, polipropileno ou outro polímero inerte). Resfriar por até 12h ou manter abaixo de 10°C sem congelar por até 48h ou congelar abaixo de 10°C em até 48h após a coleta por até 60 dias

Sedimento: frasco ou saco plástico de boca larga (polietileno de alta densidade). Manter abaixo de 10°C sem congelar por até 60 dias.

Prazo de validade da amostra:

Dependente da preservação.



Interferentes:

O congelamento das amostras pode ser considerando uma interferência, por tanto, é recomendado que seja adotada a refrigeração, considerado o melhor procedimento de preservação, pois pouco altera as características da amostra (USEPA, 1982, 2002a, 2002b).

3.3 Parâmetros Físico-Químicos e Bacteriológicos

Os métodos analíticos incluídos no programa estão relacionados nas seções abaixo. São apresentados os parâmetros de qualidade (determinados em campo e/ou laboratório), tanto para amostras de água (doce e marinha) quanto para amostras de sedimento.

Os métodos apresentados nos itens a seguir são normalizados por referências técnicas especializadas em análises químicas. O laboratório contratado deverá comprovar que opera adequadamente os métodos normalizados propostos, fornecendo evidência de atendimento às especificações relativas aos parâmetros de desempenho especificados no método de ensaio de acordo com as matrizes para as quais o método é aplicado.

3.3.1 Medições em Campo

Todas as medições efetuadas durante a realização dos serviços de amostragem deverão provenientes do uso de equipamentos e instrumentos de medição com comprovação de calibração.

Esta calibração deverá ser realizada por laboratórios externos acreditados à Rede Brasileira de Calibração (RBC). Todo certificado de calibração fornecido deverá analisado criticamente pelo responsável pela amostragem, quanto ao atendimento dos requisitos da norma ABNT ISO/IEC 17025 e aos requisitos metrológicos especificados pelo fabricante.

Além da calibração, todos os equipamentos e instrumentos de medição deverão ser verificados com Materiais de Referência (MR), quando possível Certificados (MRC) de acordo com a ABNT ISO GUIA 34: 2012.

3.3.1.1 Faixas de Uso

Para os parâmetros físico-químicos foram estabelecidos faixas de uso, que devem estar de acordo com os certificados de calibração dos equipamentos a serem utilizados. A **Tabela 3** apresenta as faixas de uso consideradas aptas a atender o PMQQS proposto.

Tabela 3: Faixas de uso para as análises em campo

Mensurando	Matriz	Método	Faixa de Uso
pH	Água e sedimento	SMEWW 4500-H ⁺ B	0 a 14
Condutividade	Água	SMEWW 2510 B	0 a 2000 µS/cm
Oxigênio Dissolvido	Água	SMEWW 4500-O G	0 a 10 mg/L 0 a 100%
Potencial de oxirredução	Água e sedimento	SMEWW 2580 B	-2000 a + 2000 mV
Turbidez	Água	SMEWW 2130 B	0 a 60.000 UNT ^(a)
Temperatura	Água	SMEWW 2550 B	0 a 55°C
Salinidade	Água	SMEWW 2520 D	0 a 70

SMEWW - *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*; ^(a) Pode ser necessário diluir a amostra de água coletada para permitir que este limite superior de faixa de uso seja atingido.



Para o estabelecimento destas faixas foi realizada consulta em Manuais Técnicos ou de Operação das Multiparâmetros comercializadas e conhecimento adquirido sobre as características do ambiente desde o rompimento da barragem até o momento, conforme orientações dos documentos elaborados pela Comissão de Química para atendimento aos requisitos de amostragem para a NBR ISO/IEC 17025.

3.3.1.2 Medição de pH - Método SMEWW 4500-H⁺ B

Princípio do método:

A determinação da atividade dos íons H⁺ (a_{H^+}) é geralmente realizada através de potenciômetro acoplado com eletrodos padrão (i.e., eletrodo de vidro) e de referência, e dispositivo compensador de temperatura. A Força eletromotriz (mV) produzida no eletrodo de vidro é função linear do cologarítimo da atividade dos íons H⁺, que corresponde ao pH (i.e., $pH = -\log a_{H^+}$). A curva linear de calibração, com *input* no potenciômetro, é obtida através de soluções tampões com valores certificados de pH, normalmente correspondentes a pH 4, 7 e 10 para amostras de sistemas naturais (APHA/AWWA/WEF, 2012).

Com o equipamento (potenciômetro) em funcionamento e estabilizado, os eletrodos são enxaguados com água reagente (deionizada) e secos delicadamente (i.e., sem fricção) com papel absorvente. Em sequência, o potenciômetro é calibrado (ou a calibração é verificada) através de soluções-tampão certificadas, e conforme orientação do fabricante. Após a calibração (ou sua verificação), os eletros são novamente enxaguados e secos. Os eletrodos são imersos na amostra, e o pH é obtido após a estabilização do valor mensurado (APHA/AWWA/WEF, 2012; ANA & CETESB, 2012). A leituras é realizada diretamente do visor do equipamento.

Preservação da amostra:

A amostra para análise de pH não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

Realizar o ensaio imediatamente no momento da coleta.

Interferentes:

O eletrodo de vidro é relativamente livre de interferências devidas a cor, turbidez, material coloidal, oxidantes, redutores, ou alta salinidade, exceto a um erro por sódio em $pH > 10$. Este erro pode ser reduzido usando um eletrodo especial com “baixo erro de sódio”. A medida de pH é afetada pela temperatura de duas formas: efeitos mecânicos, que são causados por mudanças nas propriedades do eletrodo, e efeitos químicos, causados pela mudança no equilíbrio. No primeiro caso, a “inclinação de Nernst” aumenta com o aumento da temperatura, e o eletrodo demora a alcançar o equilíbrio térmico. Isto pode causar erros na leitura em longo prazo. Uma vez que o equilíbrio químico afeta o pH, tampões padrão têm seu pH especificado a uma temperatura indicada. Deverá ser reportada a temperatura na qual o pH foi medido.

3.3.1.3 Medição de Condutividade Elétrica - Método SMEWW 2510 B

Princípio do método

A condutância específica ou condutividade elétrica (CE) corresponde à capacidade de uma solução aquosa conduzir corrente elétrica, e é função direta da presença de íons em solução, e da temperatura. Instrumentos de campo ou de laboratório carregam basicamente uma célula de condutividade e um dispositivo compensador de temperatura. O equipamento de medição é previamente calibrado com solução padrão certificada, geralmente uma solução de cloreto de potássio (KCl). Uma solução-padrão KCl 0,00100 M apresenta CE correspondente a 1412 $\mu S/cm$, a 25 °C (APHA/AWWA/WEF, 2012; ANA & CETESB, 2012).

Com o equipamento (potenciômetro) em funcionamento e estabilizado, a célula de condutividade é previamente enxaguada com água reagente e porções da solução padrão. A calibração é realizada conforme orientação do fabricante, com imersão da célula em outra alíquota desta última solução. Após a calibração, a medição é realizada diretamente no corpo d'água (em campo), ou em amostra imediatamente coletada. A CE



é registrada juntamente com a temperatura da solução. A leitura é realizada diretamente do visor do equipamento.

Preservação da amostra:

Não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

Realizar o ensaio imediatamente no momento da coleta.

Interferentes:

O método é praticamente isento de interferentes.

3.3.1.4 Medição de Oxigênio Dissolvido - Método SMEWW 4550-O G

Princípio do método

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) em águas naturais é função de fatores físicos, químicos e biológicos no corpo d'água. Existem usualmente dois métodos básicos estabelecidos na literatura para a determinação de OD: Método Winkler ou iodométrico (e suas modificações) e Método Eletrométrico. Neste programa de monitoramento será utilizado o Método Eletrométrico por Eletro de Membrana, que proporciona 'excelente' determinação de OD em águas poluídas, e altamente coloridas (APHA/AWWA/WEF, 2012). O método baseia-se na taxa de difusão de oxigênio molecular através da membrana seletiva do eletrodo.

O OD é determinado em oxímetro previamente calibrado, conforme orientação do fabricante, com imersão do eletrodo diretamente no corpo d'água, ou em uma amostra. A imersão é realizada de modo a evitar a formação de bolhas de ar no sistema. A leitura é realizada diretamente do visor do equipamento.

Preservação da amostra:

Não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

Realizar o ensaio imediatamente no momento da coleta.

Interferentes:

Filmes plásticos usados como sistemas de membrana são permeáveis a uma variedade de gases além do oxigênio, embora nenhum seja facilmente despolarizado no eletrodo indicador. O uso prolongado de eletrodos de membrana em águas contendo gases tal como o sulfeto de hidrogênio (H₂S) tende a diminuir a sensibilidade da cela. Eliminar esta interferência pela frequente troca e calibração da membrana do eletrodo.

3.3.1.5 Medição de Potencial Oxirredução - Método SMEWW 2580 B

Princípio do método

O potencial de oxidação e redução (ORP, do inglês "Oxidation Reduction Potential"), é também conhecido como potencial Redox (Eh) e serve para avaliar as reações químicas de um meio, pelo equilíbrio entre as reações de oxidação e redução. A determinação do ORP é realizada com eletrodo específico, utilizando-se um medidor de pH (pHmetro), ajustado em mV (mili Volts).

O ORP, permite avaliar o equilíbrio global das reações de oxidação-redução no meio aquoso. Tais reações envolve elementos redox-sensitivos como Fe, N, S, e C. As medidas eletrométricas são realizadas através de eletrodo específico através de potenciômetro. É determinado com o potenciômetro previamente calibrado, com imersão do eletrodo diretamente no corpo d'água, ou em uma amostra. A leitura é realizada diretamente do visor do equipamento.



Preservação da amostra:

Não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

Realizar o ensaio imediatamente no momento da coleta.

Interferentes:

Interferências específicas podem ocorrer devido à operação do eletrodo indicador ou de referência. A capacidade redox ou equilíbrio da amostra, a preservação e tratamento da amostra e temperatura de equilíbrio. Sorção e efeitos da contaminação na superfície do eletrodo, ponte salina ou eletrólito interno no caso de eletrodos de referência, pode conduzir a um fluxo excessivo ou a má resposta do eletrodo. Material orgânico, sulfeto e brometo podem causar estes problemas, particularmente no uso em longo prazo do eletrodo. Se variação excessiva ocorre durante leitura ou o desempenho irregular dos pares de eletrodos redox é observado nas soluções-padrão após a limpeza adequada, recarregar ou realizar os procedimentos de regeneração ou substituir o eletrodo defeituoso por um novo.

O equilíbrio da amostra irá reger a resistência da amostra a mudança no potencial redox, este fenômeno é análogo à resistência à mudança do pH proporcionado pela capacidade do tampão. Exceto em processos concentrados rios, lodos, lixiviados e águas altamente reduzidas ou tratadas, as concentrações de espécies oxidadas ou reduzidas podem ser bastante baixa. Sob estas condições, tomar cuidado para evitar a exposição ao oxigênio atmosférico quando manipular amostras de concentrações muito baixas.

3.3.1.6 Medição de Turbidez - Método SMEWW 2130 B

Princípio do método:

Turbidez é a redução da transparência da solução aquosa em função de partículas em suspensão. A determinação da turbidez, pelo Método Nefelométrico, é baseada na comparação da intensidade de luz espalhada pela amostra em um ângulo reto, em relação à luz incidente, com a luz espalhada por uma suspensão padrão (ANA & CETESB, 2012).

A turbidez é determinada com o auxílio de um turbidímetro previamente calibrado, conforme orientação do fabricante. Para a calibração, cada frasco contendo solução padrão (de determinada turbidez) é colocada na câmara de análise, e a turbidez é obtida. A medição na amostra é obtida de forma análoga, e deve ser realizada após sua imediata coleta. Os frascos de análise devem ser cuidadosamente manuseados, de forma a não alterar a transparência das paredes do recipiente, e interferir com o resultado analítico. A leitura é realizada diretamente do visor do equipamento.

Preservação da amostra:

Não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

Realizar o ensaio imediatamente no momento da coleta.

Interferentes:

A turbidez pode ser determinada em qualquer amostra de água que esteja livre de detritos e, caso existam sedimentos 'grosseiros' estes devem sedimentar rapidamente. Vidros sujos e a presença de bolhas de ar podem interferir nos resultados.



3.3.1.7 Medição de Temperatura – Método SMEWW 2550 B

Princípio do método:

A medição da temperatura da água na superfície pode ser realizada com termômetro de imersão parcial, submergindo-o diretamente no corpo d'água ou por sensores de temperatura dos equipamentos eletro métricos utilizados para os ensaios de pH, condutividade e oxigênio dissolvido ou termistores específicos disponíveis no mercado. Na impossibilidade de medir a temperatura diretamente no corpo d'água, realizar a medida em um balde de aço inox com volume de 5 litros a 10 litros de amostra ou frasco descartável imediatamente após a coleta. Para a determinação da temperatura em profundidade, utilizar um dos equipamentos eletrométricos citados acima, com sonda de profundidade e sensor de temperatura, utilizando como resultado da medição o valor expresso no display do equipamento. A determinação de temperatura do ar pode ser realizada com os sensores acima, mantendo o termômetro ou sensor na posição vertical, evitando incidência direta da luz solar.

Preservação da amostra:

Não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

Realizar o ensaio imediatamente no momento da coleta.

Interferentes:

Não se aplica.

3.3.1.8 Medição de Salinidade – Método SMEWW 2520 D

Princípio do método:

A salinidade é uma importante propriedade unitária das águas industriais e naturais. Foi originalmente concebido como uma medida da massa de sais dissolvidos em uma determinada massa de solução. A determinação experimental do teor de sal por secagem e pesagem apresenta incertezas devido à perda de alguns componentes. O método proposto para determinar a salinidade, normalmente se utilizam métodos indiretos que envolvem a medição de parâmetros físicos como condutividade elétrica, densidade, velocidade do som ou índice de refração. A relação entre a salinidade e a propriedade física analisada para uma solução padrão é possível por meio de cálculos. Devido a facilidade de obtenção dos resultados o cálculo da salinidade com o uso do resultado de condutividade elétrica deverá ser utilizado, conforme descrito em detalhes no método SMEWW 2520.

Preservação da amostra:

Não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

Realizar o ensaio imediatamente no momento da coleta.

Interferentes:

Não se aplica.

3.3.2 Análises em Laboratório

A análise em laboratório deve ser realizada por laboratórios acreditados nos termos da ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

O laboratório deverá manter em arquivo, por 5 (cinco) anos, outros documentos pertinentes aos ensaios analíticos, tais como: cartas-controle, cromatogramas e resultados obtidos em ensaios de proficiência.



3.3.2.1 Limites de Quantificação

Os limites de quantificação (LQ) praticados pelos laboratórios a serem contratados na implementação do PMQQS deverão ser iguais ou inferiores aos limites previstos nas seguintes resoluções:

- Resolução COPAM 01/2008;
- Resolução CONAMA 357/2005; e,
- Resolução CONAMA 454/2012.

Considerando que a implementação do PMQQS se dará com a contratação de laboratórios comerciais brasileiros que possuem acreditação da ABNT NBR ISO 17025/2015 junto ao INMETRO, foi realizado um levantamento no site do INMETRO, especificamente no escopo de acreditação dos laboratórios comerciais, para verificação dos limites de quantificação de todos os parâmetros propostos pelo PMQQS. Neste levantamento, foram considerados os métodos analíticos e as matrizes de interesse apresentados no PMQQS. Posteriormente, foram compilados os LQs de três laboratórios comerciais diferentes, para cada método proposto, e foi escolhido o menor LQ praticado pelos laboratórios consultados, obrigatoriamente atendendo ao menor limite estabelecido pela legislação.

A **Tabela 4** apresenta os LQs que deverão ser praticados no PMQQS.

Conforme definido pelas Notas Técnicas nº 07 e 10 da CT-SHQA, para aqueles parâmetros que não possuem limite nas resoluções do COPAM e da CONAMA, citadas acima, os limites de quantificação devem ser compatíveis com os valores reportados pela literatura científica. Assim, foram consultadas outras diretrizes do Brasil, como o Padrão de Potabilidade (Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde), do Canadá, dos Estados Unidos da América, da União Europeia e da Colúmbia Britânica. Para a matriz água doce, foram encontrados limites para os parâmetros: alcalinidade (10 mg/L), cálcio (4 mg/L), carbono orgânico total (4,0 mg/L), dureza (500 mg/L), molibdênio (1 mg/L) e sódio (200 mg/L). Para águas salobras e salinas, foram encontrados limites para o antimônio (270 µg/L) e o vanádio (50 µg/L). Ressalta-se que todos os limites encontrados nestas diretrizes para a matriz água estão acima dos LQs propostos no PMQQS. Para sedimento, foram encontrados limites para antimônio (2 mg/Kg), ferro (21200 µg/g), HCH-alfa (0,006 µg/g), HCH-beta (0,005 µg/g), manganês (460 µg/g) molibdênio (5 mg/Kg) e prata (0,5 µg/g). Com exceção da prata, que possui LQ igual ao limite encontrado na diretriz da Colúmbia Britânica, todos os outros limites estão acima do LQ proposto no PMQQS.



ANEXO C
Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Tabela 4: Métodos e limites de quantificação propostos para as análises químicas, físicas e físico-químicas

Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Sólidos totais	Água (rio Doce)	USEPA 160.3	15,0 mg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Sólidos suspensos totais	Água (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 160.2	15,0 mg/L	100 mg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Sólidos sedimentáveis	Água (rio Doce)	USEPA 160.5	0,30 mL/L	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Sólidos dissolvidos totais	Água (Zona Costeira)	USEPA 160.1	15,0 mg/L	500 mg/L	500 mg/L	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
DBO, 5 dias, 20°C	Água (rio Doce)	SMEWW 5210B	3,0 mg/L	5,0 mg/L	3,0 mg/L	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Cor verdadeira	Água (rio Doce)	SMEWW 2120 C	6,00 Pt/L	75 mg Pt/L	75 mg Pt/L	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Carbono orgânico total e dissolvido	Água (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 9060A	2,0 mg/L (fração total)	Não referenciado	Não referenciado	3,0 mg/L (fração total)	Não aplicável	Não aplicável
Carbono orgânico total	Sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	EMBRAPA (2011) (por oxidação de carbono orgânico)	1,00%	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	10%	
Alcalinidade total	Água (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 310.1	6,0 mg CaCO ₃ /L	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Dureza Total	Água (rio Doce e Zona Costeira)	SMEWW 2340 B	5,0 mg CaCO ₃ /L	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Coliformes Termotolerantes ou <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	Água (rio Doce e Zona Costeira)	SMEWW 9223 B	1 NMP/100 mL	1000 NMP/100 mL	200 NMP/100 mL	1000 NMP/100 mL	Não aplicável	Não aplicável
Clorofila-a	Água (rio Doce e Zona Costeira)	SMEWW 10200 H	6,0 µg/L	30 µg/L	30 µg/L	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Feoftina	Água (rio Doce e Zona Costeira)	SMEWW 10200 H	3,0 µg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Cálcio	Água (rio Doce)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	200 µg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Cianeto livre	Água (rio Doce)	USEPA 335.1	0,001 mg/L	0,005 mg/L	0,005 mg/L	0,001 mg/L	Não aplicável	Não aplicável
Cloreto total	Água (rio Doce)	SMEWW 4500- Cl- B	0,5 mg/L	250 mg/L	250 mg/L	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Magnésio	Água (rio Doce)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	500 µg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Sódio	Água (rio Doce)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	200 µg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Sulfeto Total	Água (rio Doce)	SMEWW 4500 S2- G	5 mg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	Água (rio Doce e Zona Costeira)	SMEWW 4500 S2- H (cálculo)	0,002 mg/L	0,002 mg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Nitrato (como N)	Água (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 353.3	0,30 mg/L	10 mg/L	10 mg/L	0,40 mg/L	Não aplicável	Não aplicável
Nitrito (como N)	Água (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 354.1	0,02 mg/L	1 mg/L	1 mg/L	0,07 mg/L	Não aplicável	Não aplicável



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Nitrogênio Total Kjeldahl	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 351.3	0,4 mg/L 20 mg/kg	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	4800 mg/kg (valor de alerta)	
Nitrogênio orgânico	Água (rio Doce)	USEPA 350.2 / USEPA 351.3 (por cálculo – diferença entre TKN e N amoniacal)	0,40 mg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Nitrogênio Amoniacal Total	Água (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 350.2	0,20 mg/L	3,7 mg/L, para pH ≤ 7.5 2,0 mg/L, para 7.5 < pH ≤ 8.0 1,0 mg/L, para 8.0 < pH ≤ 8.5 0,5 mg/L, para pH > 8.5	3,7 mg/L, para pH ≤ 7.5 2,0 mg/L, para 7.5 < pH ≤ 8.0 1,0 mg/L, para 8.0 < pH ≤ 8.5 0,5 mg/L, para pH > 8.5	0,40 mg/L	Não aplicável	Não aplicável
Teor de Carbonatos	Sedimento (Zona Costeira)	Loring e Rantala (1992)	0,01%	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não referenciado
Mineralogia (Minerais pesados) e argilominerais	Sedimento (Zona Costeira)	Método de Rietveld	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não referenciado



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Fósforo total e dissolvido	Água (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,02 mg/L 5 mg/kg	P Total: até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico	0,1 mg/L (P total)	0,062 mg/L (salina) 0,124 mg/L (Salobra)	2000 mg/Kg (valor de alerta)	
Polifosfatos	Água (rio Doce e Zona Costeira)	SMEWW 4500 P-E / 4500 P-B	0,020 mg/L	Não referenciado	Não referenciado	0,031 mg/L (Salina) 0,062 mg/L (Salobra)	Não aplicável	Não aplicável
Alumínio	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,06 mg/L 5 mg/kg	0,1 mg/L (Al dissolvido)	0,1 mg/L (Al dissolvido)	1,5 mg/L Al dissolvido (salina) 0,1 mg/L Al dissolvido (salobra)	Não referenciado	Não referenciado



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Antimônio	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,005 mg/L 1,0 mg/kg	0,005 mg/L	0,005 mg/L (Sb total)	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado
Arsênio	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,01 mg/L 2,0 mg/kg	0,01 mg/L (As total)	0,01 mg/L (As total)	0,01 mg/L (As total)	5,9 mg/kg	19 mg/kg
Bário	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,02 mg/L 10,0 mg/kg	0,7 mg/L (Ba total)	0,7 mg/L (Ba total)	1,0 mg/L Ba total (salina)	Não referenciado	Não referenciado



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Berílio	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,005 mg/L 1,0 mg/kg	0,04 mg/L (Be total)	0,04 mg/L (Be total)	0,0053 mg/L Be total (salina)	Não referenciado	Não referenciado
Boro	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,2 mg/L 10,0 mg/kg	0,5 mg/L (B total)	0,5 mg/L (B total)	5,0 mg/L B Total (salina) 0,5 mg/L B total (salobra)	Não referenciado	Não referenciado
Cádmio	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,001 mg/L 0,25 mg/kg	0,001 mg/L (Cádmio total)	0,001 mg/L (Cádmio total)	0,005 mg/L Cd total	0,6 mg/kg	1,2 mg/kg



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Cromo	Água (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,01 mg/L 1,5 mg/kg	0,05 mg/L (Cromo total)	0,05 mg/L (Cromo total)	0,05 mg/L Cr total	37,3 mg/kg	81 mg/kg
Estrôncio	Sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	1,0 mg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não referenciado
Cobalto	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,05 mg/L 2,0 mg/kg	0,05 mg/L (Co total)	0,05 mg/L (Co total)	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Cobre	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,005 mg/L 1,5mg/kg	0,009 mg/L (Cu dissolvido)	0,009 mg/L (Cu dissolvido)	0,005 mg/L Cu dissolvido	35,7 mg/kg	34 mg/kg
Ferro - Especificação Fe ²⁺ e Fe ³⁺	Água (rio Doce)	Fe ²⁺ - SMEWW 3500 Fe B Fe ³⁺ – cálculo da diferença entre Fe Total e Fe ²⁺	0,10 mg/L Fe II	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Ferro	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,1 mg/L 15,0 mg/kg	0,3 mg/L (Fe dissolvido)	0,3 mg/L (Fe dissolvido)	0,3 mg/L (Fe dissolvido)	Não referenciado	Não referenciado
Chumbo	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,006 mg/L 1,0 mg/kg	0,01 mg/L (Pb total)	0,01 mg/L (Pb total)	0,01 mg/L (Pb total)	35 mg/kg	46,7 mg/kg



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Manganês	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,01mg/L 1,0 mg/kg	0,1 mg/L (Mn total)	0,1 mg/L (Mn total)	0,1 mg/L (Mn total)	Não referenciado	Não referenciado
Mercúrio	Água (Zona Costeira) e Sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 7470A (água) USEPA 7471 B (sedimento)	0,0002 mg/L 0,08 mg/kg	0,0002 mg/L (Hg total)	0,0002 mg/L (Hg total)	0,0002 mg/L (Hg total)	0,17 mg/kg	0,3 mg/kg
Molibdênio	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	10 µg/L 2,0 mg/kg	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado
Níquel	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,01 mg/L 1,0 mg/kg	0,025 mg/L (Ni total)	0,025 mg/L (Ni total)	0,025 mg/L (Ni total)	18 mg/kg	20,9 mg/kg



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Selênio	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,01 mg/L 2,0 mg/kg	0,01 mg/L (Se total)	0,01 mg/L (Se total)	0,01 mg/L (Se total)	Não referenciado	Não referenciado
Prata	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,01 mg/L 1,0 mg/kg	0,01 mg/L (Ag total)	0,01 mg/L (Ag total)	0,005 mg/L (Ag total)	Não referenciado	Não referenciado
Vanádio	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,015 mg/L 2,0 mg/kg	0,1 mg/L (V total)	0,1 mg/L (V total)	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Zinco	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,05 mg/L 2,0 mg/kg	0,18 mg/L (Zn total)	0,18 mg/L (Zn total)	0,09 mg/L (Zn total)	123 mg/kg	150 mg/kg
Distribuição granulométrica	Sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	EMBRAPA 2011	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Areia muito grossa (2 a 1 mm), Areia grossa (1 a 0,5 mm), Areia média (0,5 a 0,25mm), Areia fina (0,25 a 0,125mm), Areia muito fina (0,125 a 0,062mm), Silte (0,062 a 0,00394mm) e Argila (0,00394 a 0 0002mm)	
HCH (Alfa-HCH)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	0,67 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não aplicável
HCH (Beta-HCH)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	0,67 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não aplicável



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
HCH (Delta-HCH)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	0,67 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não aplicável
HCH (Gama-HCH/Lindano)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	0,67 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	0,94 µg/Kg	Não aplicável
Clordano (Alfa)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	0,67 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não aplicável
Clordano (Gama)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	0,67 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não aplicável
DDD	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	1,0 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	3,54 µg/Kg	Não aplicável
DDE	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	1,0 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	1,42 µg/Kg	Não aplicável



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
DDT	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	1,0 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	1,19 µg/Kg	Não aplicável
Dieldrin	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	0,67 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	2,85 µg/Kg	Não aplicável
Endrin	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	0,67 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	2,67 µg/Kg	Não aplicável
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8270 D	5,0 µg/kg (aplicável para cada HPA considerado na somatória)	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	1000 µg/Kg (somatória ¹)	Não aplicável
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (TPH fingerprint C8-C40 com clean up)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 8015C USEPA 3550C	30 mg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não aplicável



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Bifenilas Policloradas (PCBs)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8082 A USEPA 3620C USEPA 3660B	1,76 µg/kg (aplicável para cada congêneres considerado na somatória)	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	34,1 µg/Kg (somatória ²)	Não aplicável
Fenóis	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8270 D	2,7 mg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não aplicável

SMEWW - Standard Methods for Examination of Water and Wastewater

Para o estabelecimento destes limites de quantificação foram consultados os seguintes escopos de acreditação: CRL 0247, CRL 0212, CRL 0172

¹ Somatória HAPs (água doce): benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, criseno, dizenzo(a,h)antraceno, acenafteno, acenaftileno, antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, 2-metilnaftaleno, naftaleno, pireno.

² Somatória PCBs: congêneres 28, 52, 101, 118, 138, 153 e 180.



3.3.2.2 Análise de Sólidos Totais

Método: USEPA 160.3

Princípio do método:

Os sólidos totais fornecem uma descrição geral da qualidade da água e é um parâmetro associado à presença de partículas na água. Uma alíquota bem misturada da amostra é transferida quantitativamente para um recipiente de evaporação previamente e pesado. Procede-se com a evaporação a 103-105°C e posteriormente o material é pesado novamente. Estes resíduos são definidos como a soma dos materiais homogêneos suspensos e dissolvidos numa amostra.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Refrigeração ente 2 e 6°C, para minimizar a decomposição microbológica.

Prazo de validade da amostra:

7 dias (água)

Interferentes:

Partículas não representativas, como folhas, varas, peixes e pedaços de matéria orgânica em geral devem ser excluídas da amostra.

Eventual óleo flutuante, se presente devem ser incluídos na amostra e dispersos por um dispositivo misturador antes análise.

3.3.2.3 Análise de Sólidos Suspensos Totais

Método: USPEA 160.2

Princípio do método:

Os sólidos totais fornecem uma descrição geral da qualidade da água e é um parâmetro associado à presença de partículas na água. Uma amostra deve ser filtrada e o resíduo retido no filtro deve ser seco entre 103-105 °C. O resíduo não filtrado deve ser pesado para a determinação do resultado analítico.

Preservação da amostra:

Fraco: Vidro ou plástico

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

7 dias (água)

Interferentes:

Níveis elevados de resíduos: Amostras com alto teor de resíduo filtrável (sólidos dissolvidos), tais como águas salinas, salmouras e alguns resíduos, podem estar sujeitos a uma interferência positiva.

Filtros: Deve-se ter cuidado ao selecionar o aparelho de filtragem de modo que a lavagem do filtro e de quaisquer sólidos dissolvidos no filtro minimize uma potencial interferência.



3.3.2.4 *Análise de Sólidos Sedimentáveis*

Método: USEPA 160.5

Princípio do método:

Os sólidos totais fornecem uma descrição geral da qualidade da água e é um parâmetro associado à presença de partículas na água. Este método determina a matéria solúvel em águas superficiais e salinas, resíduos domésticos e industriais. A matéria solúvel é medida volumetricamente com auxílio de um cone Imhoff.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro ou plástico

Não requer refrigeração

Prazo de validade da amostra:

48 horas (água)

Interferentes:

Não se aplica.

3.3.2.5 *Análise de Sólidos Dissolvidos Totais*

Método: USEPA 160.1

Princípio do método:

Este método determina resíduo filtrável em água potável, superficial e salina; Resíduos domésticos e industriais. Uma amostra homogênea é filtrada e o filtrado é seco a 180°C para a determinação do resultado analítico.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro ou plástico

Refrigeração entre 2 e 6°C, para minimizar a decomposição microbológica.

Prazo de validade da amostra:

7 dias (água)

Interferentes:

Águas com concentrações significativas de cálcio, magnésio, cloreto e / ou sulfato podem ser higroscópicas e necessitarão de secagem prolongada, dessecação e pesagem rápida.

As amostras que contêm altas concentrações de bicarbonato requerem uma cuidadosa e possivelmente prolongada secagem a 180°C para garantir que todo o bicarbonato é convertido em carbonato.

O resíduo total deve ser limitado a cerca de 200 mg.

3.3.2.6 *Análise de DBO*

Método: SMEWW 5210B

Princípio do método:



O método consiste em encher um frasco apropriado e hermético com a amostra, até transbordar e incubá-lo à temperatura especificada durante 5 dias. O oxigênio dissolvido (OD) é medido inicialmente e após a incubação, e a DBO é calculada a partir da diferença entre OD inicial e final. Uma vez que o OD inicial é determinado logo após a diluição ser feita, toda a absorção de oxigênio que ocorre após esta medição está incluída na medição de DBO.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

48 horas

Interferentes:

Amostras para análise de DBO podem degradar-se significativamente durante o armazenamento entre a coleta e a análise, resultando em baixos valores de DBO. Minimize a redução da DBO analisando a amostra prontamente ou esfriando-a até a temperatura de congelamento durante o armazenamento. No entanto, mesmo a baixa temperatura, manter o tempo de retenção a um mínimo. Amostras refrigeradas aquecidas a 20 ± 3 ° C antes da análise.

3.3.2.7 Análise de Cor Verdadeira

Método: SMEWW 2120 C

Princípio do método:

A cor na água pode resultar da presença de íons metálicos naturais (ferro e manganês), materiais de húmus e turfa, plâncton, ervas daninhas e resíduos industriais. A cor é removida para tornar uma água adequada para aplicações gerais e industriais. As águas residuais industriais coloridas podem exigir a remoção de cor antes da descarga para os cursos de água.

A cor é determinada por comparação visual da amostra com concentrações conhecidas de soluções coloridas. A comparação também pode ser feita com discos de vidro especiais, devidamente calibrados. O método de cor de platina-cobalto é o método padrão, sendo a unidade de cor produzida por 1 mg de platina / L na forma do íon cloroplatinato. A proporção de cobalto para platina pode variar para coincidir com a tonalidade em casos especiais; A proporção apresentada abaixo é geralmente satisfatória para corresponder à cor das águas naturais.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

48 horas

Interferentes:

Mesmo uma ligeira turvação faz com que a cor aparente seja alterada. Portanto, remova a turbidez antes de aproximar a cor verdadeira por leitura diferencial com filtros de cor diferentes ou por medições de dispersão diferencial. Entretanto, nenhuma técnica atingiu o status de um método padrão. Remover a turvação por centrifugação ou pelo procedimento de filtração. Centrifugar durante 1 h, a menos que tenha sido demonstrado que a centrifugação sob outras condições realiza remoção de turvação satisfatória.



O valor de cor da água é extremamente dependente do pH e invariavelmente aumenta à medida que o pH da água é aumentado. Ao relatar um valor de cor, especifique o pH no qual a cor é determinada.

Para fins de investigação ou quando os valores de cor devem ser comparados entre os laboratórios, determinar a resposta de cor de uma dada água em uma ampla gama de valores de pH.

3.3.2.8 Análise de Carbono Orgânico Total e Dissolvido

Método: USEPA 9060A

Princípio do método:

O carbono orgânico é medido utilizando um analisador carbonáceo. Este instrumento converte o carbono orgânico numa amostra em dióxido de carbono (CO₂) por combustão catalítica ou oxidação química húmida. O CO₂ formado é então medido diretamente por um detector de infravermelhos ou convertido em metano (CH₄) e medido por um detector de ionização de chama. A quantidade de CO₂ ou CH₄ numa amostra é diretamente proporcional à concentração de material carbonáceo na amostra.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Preservante: HCl ou H₂SO₄, pH <2 (água)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Para a análise de fração dissolvida deve-se proceder com a filtração (0,45 µm) e preservação em campo.

Prazo de validade da amostra:

28 dias (água)

Interferentes:

Carbonato e bicarbonato de carbono representam uma interferência sob os termos deste teste e devem ser removidos ou contabilizados no cálculo final. A remoção de carbonato e bicarbonato por acidificação e purga com nitrogênio, ou outro gás inerte, pode resultar na perda de substâncias orgânicas voláteis.

Método: Embrapa, 2011

Princípio do método:

Oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e/ou aquecimento. O excesso de dicromato após a oxidação é titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr).

Cálculo:

$$C \text{ (g/kg)} = (40 - \text{volume gasto}) \times f \times 0,6 \quad (10)$$

$f = 40 / \text{volume sulfato ferroso gasto na prova em branco}$

A porcentagem de matéria orgânica é calculada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724. Este fator é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média do húmus, o carbono participa com 58%.

$$\text{Matéria orgânica (g/kg)} = C \text{ (g/kg)} \times 1,724 \quad (11)$$



Preservação da amostra:

Refrigerar entre 2 e 6°C, com ausência de luz (sedimento)

Prazo de validade da amostra:

28 dias (sedimento)

Interferentes:

Carbonato e bicarbonato de carbono representam uma interferência sob os termos deste teste e devem ser removidos ou contabilizados no cálculo final. A remoção de carbonato e bicarbonato por acidificação e purga com nitrogênio, ou outro gás inerte, pode resultar na perda de substâncias orgânicas voláteis.

3.3.2.9 Análise de Alcalinidade Total

Método: USEPA 310.1

Princípio do método:

Este método é aplicável a água potável, superficial e salina; resíduos domésticos e industriais. O método é adequado para todas as gamas de concentração de alcalinidade. No entanto, devem ser utilizadas alíquotas apropriadas para evitar um volume de titulação superior a 50 mL. Uma amostra inalterada é titulada para um ponto final determinado de pH 4,5. A amostra não deve ser filtrada, diluída, concentrada ou alterada de qualquer forma.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

14 dias (água)

Interferentes:

Substâncias, tais como sais de ácidos orgânicos e inorgânicos fracos presentes em grandes quantidades, podem causar interferência nas medições do pH.

3.3.2.10 Análise de Dureza Total

Método: SMEWW 2340 B

Princípio do método:

Método SMEWW 2340 A introduz o conceito de dureza e o Método SMEWW 2340 B o cálculo usado para análise do parâmetro.

Inicialmente, a dureza da água era uma medida da capacidade da água para precipitar o sabão. O sabão é precipitado principalmente pelos íons cálcio e magnésio presentes. Outros cátions polivalentes também podem precipitar sabão, mas muitas vezes estão em formas complexas, frequentemente, com constituintes orgânicos, e seu papel na dureza da água pode ser mínimo e difícil de definir. De acordo com a prática corrente, a dureza total é definida como a soma das concentrações de cálcio e magnésio, expressas em carbonato de cálcio, em miligramas por litro.

O método 2340 B é aplicável a todas as águas e produz a maior precisão. Se uma análise mineral é realizada, a dureza por cálculo pode ser relatada. O método determina a dureza a partir dos resultados de determinações separadas de cálcio e magnésio, Dureza é calculado pela seguinte equação:



$$\text{CaCO}_3/\text{L} = 2.497 [\text{Ca, mg/L}] + 4.118 [\text{Mg, mg/L}] \quad (12)$$

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico

Preservante: H₂SO₄ ou HNO₃, pH<2 (água)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

6 meses

Interferentes:

Não se aplica.

3.3.2.11 Análise de Coliformes Termotolerantes e *Escherichia coli* (*E. coli*)

Método: SMEWW 9223 B

Parâmetro que avalia a contaminação por fezes humanas e a presença potencial de outros organismos patogênicos da mesma origem.

Princípio do método:

- Bactérias coliformes totais: São utilizados substratos cromogênicos, tais como orto-nitrofenil-β-D-galactopiranosido (ONPG) ou clorofenol vermelho-β-D-galactopiranosido (CPRG) para detectar a enzima β-D-galactosidase, que é produzida por bactérias coliformes totais. A enzima β-D-galactosidase hidrolisa o substrato e produz uma alteração de cor, o que indica um teste positivo para coliformes totais a 24 h (ONPG) ou 28 h (CPRG) sem procedimentos adicionais. As bactérias não-coliformes, tais como as espécies *Aeromonas* e *Pseudomonas*, podem produzir pequenas quantidades da enzima β-D-galactosidase, mas são suprimidas e não produzirão uma resposta positiva dentro do tempo de incubação a menos que mais de 104 unidades formadoras de colônias (UFC) (106 UFC / 100 mL) estejam presentes.
- *Escherichia coli*: Um substrato fluorogênico, tal como 4-metilumbeliferil-β-D-glucuronido (MUG), é utilizado para detectar a enzima p-glucuronidase, que é produzida por *E. coli*. A enzima β-glucuronidase hidrolisa o substrato e produz um produto fluorescente quando observado sob luz ultravioleta (UV) de comprimento de onda longo (366 nm). A presença de fluorescência indica um teste de *E. coli* positivo. Algumas estirpes de *Shigella* spp. Também pode produzir uma resposta de fluorescência positiva. Porque *Shigella* spp. São patógenos abertos humanos, isto não é considerado um Detrimento para testar a qualidade sanitária da água.

O teste pode ser utilizado num formato de tubo múltiplo, multi-poço ou ausência-presença (amostra única de 100 mL).

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico (Estérel)

Preservante: Tiosulfato de Sódio 1,8%

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

24 h



Interferentes:

As amostras de água contendo material húmico ou outro podem ser coloridas. Se houver cor de fundo, compare os tubos inoculados com um tubo de controle contendo apenas amostra de água. Em certas águas, o alto teor de sal de cálcio pode causar precipitação, mas isso não deve afetar a reação.

Não use o teste de substrato enzimático para verificar culturas de coliformes presumíveis ou colônias de filtro de membrana, porque o substrato pode ser sobrecarregado pelo inóculo pesado de não-coliformes fracos produzindo β-D-galactosidase, causando resultados falso-positivos.

3.3.2.12 Análise de Clorofila-a e Feoftina

Método: SMEWW 10200 H

Princípio do método:

A concentração de pigmentos fotossintéticos é amplamente utilizada para estimar a biomassa do fitoplâncton. Todas as plantas verdes contêm clorofila-a, que constitui aproximadamente 1 a 2% do peso seco de algas planctônicas. Outros pigmentos que ocorrem no fitoplâncton incluem clorofilas b e c, xantofilas, ficobilinas e carotenos. Os importantes produtos de degradação da clorofila encontrados no ambiente aquático são as clorofilidas, os feofórbidos e as feofitinas. A presença ou ausência dos vários pigmentos fotossintéticos é utilizada, entre outras características, para separar os principais grupos de algas.

Os três métodos para determinar a clorofila-a no fitoplâncton são as técnicas espectrofotométricas, fluorométricas e de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). A fluorometria é mais sensível do que a espectrofotometria, requer uma quantidade menor de amostra e pode ser utilizada para as medições in situ. Estes métodos ópticos podem subestimar ou sobrestimar significativamente as concentrações de clorofila a, em parte devido à sobreposição das bandas de absorção e fluorescência dos pigmentos acessórios co-ocorrentes e dos produtos de degradação da clorofila.

A feoftina a é um produto de degradação da clorofila a, que pode interferir na determinação da clorofila a, pois absorve luz e fluoresce na mesma região do espectro que a clorofila a. Se estes feopigmentos estão presentes, erros significativos nos valores da clorofila serão reportados. Os feopigmentos podem ser medidos por espectrofotometria ou fluorometria, mas em ambientes marinhos e de água doce o método fluorométrico não é confiável quando ocorre a co-ocorrência de clorofila b. Após a acidificação da clorofila b, a emissão de fluorescência resultante da feoftina b coincide com a da feoftina a, produzindo assim subestimação e sobrestimação da clorofila a e dos feogêneses, respectivamente.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro âmbar

Preservante: Carbonato de Magnésio (1mL/L), proteger da luz

Refrigeração inferior a 4°C para amostras sem filtrar e -20°C para amostras filtradas

Prazo de validade da amostra:

24 h

Interferentes:

Testar cada lote de meios comprados para o desempenho por inoculação com três bactérias de controle: *Escherichia coli*, um coliforme total diferente de *E. coli* (por exemplo, *Enterobacter cloacae*) e um não coliforme. Adicione também um controle de água estéril. Se o controle de água estéril apresentar uma fraca fluorescência ou resultado coliforme positivo fraco, descarte e utilize um novo lote de substrato. Evite usar um inóculo pesado. Se *Pseudomonas* é usado como não-coliforme representativo, selecione uma espécie não fluorescente. Incubar estes controles a 35 ± 0,5 ° C como indicado acima.



3.3.2.13 *Análise de Metais Totais e Dissolvidos e Íons*

Método: USEPA 6010C (determinação)

Princípio do método:

Pode-se utilizar a espectrometria de emissão atômica acoplada por indução (ICP-OES) para determinar os elementos em solução. O método é aplicável a todos os elementos listados abaixo. Com exceção de amostras de água subterrânea, todas as matrizes aquosas e sólidas requerem digestão ácida antes da análise. As amostras de água que foram pré-filtradas e acidificadas não precisarão de digestão ácida. As amostras que não são digeridas requerem um padrão interno ou devem estar em conformidade com as normas. Se uma das opções for utilizada, o software do instrumento deve ser programado para corrigir as diferenças de intensidade do padrão interno entre amostras e padrões.

Elementos listados na **Tabela 4** em que o método se aplica: Ca, Mg, Na, P, Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Cr, Sr, Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Mo, Ni, Ag, V, Zn

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico

Preservantes: HNO₃ até pH<2 (água)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Para análise de Ag, a amostra deve ficar ao abrigo da luz (Sedimento)

Para a análise de fração dissolvida deve-se proceder com a filtração (0,45 µm) e preservação em campo.

Prazo de validade da amostra:

6 meses (exceto Hg)

Interferentes:

Interferências espectrais, interferências físicas associados à nebulização da amostra e aos processos de transporte, interferências químicas que incluem a formação de compostos moleculares, efeitos de ionização e efeitos de vaporização de soluto, interferências de memória ocorrem quando os analitos de uma amostra anterior contribuem para os sinais medidos numa nova amostra. Amostras com altas concentrações de sal podem causar supressões de sinal de analito e confundir testes de interferência.

Método: USEPA 3005 A (preparo – águas)

Princípio do método:

O método 3005 é um procedimento de digestão ácida utilizado para preparar amostras de água superficial e subterrânea para análise por espectroscopia de absorção atômica de chama (FLAA) ou por espectroscopia de plasma indutivamente acoplado (ICP).

Preservação da amostra:

Não aplicável

Prazo de validade da amostra:

Não aplicável

Interferentes:

O analista deve ser advertido que este procedimento de digestão pode não ser suficiente para destruir alguns complexos metálicos. A precipitação causará uma diminuição da concentração de prata e, portanto, uma análise imprecisa.



Método: USEPA 3050 B (preparo – sedimento)

Princípio do método:

O método 3050 é um procedimento de digestão ácida utilizado para preparar amostras de sedimento (ou sólidas) para análise por espectroscopia de absorção atômica de chama (FLAA) ou por espectroscopia de plasma indutivamente acoplado (ICP).

Preservação da amostra:

Não aplicável

Prazo de validade da amostra:

Não aplicável

Interferentes:

Não aplicável a sedimentos.

Método: USEPA 7470 A (preparo e análise Hg em água)

Princípio do método:

Este método determina a concentração de mercúrio em amostras aquosas. As amostras aquosas são digeridas com ácido sulfúrico, ácido nítrico, permanganato de potássio e persulfato de potássio para oxidar os compostos de organo-mercúrio para o íon mercúrio. Uma vez que as amostras digeridas tenham esfriado (arrefecido), adiciona-se sulfato de cloreto de sódio-hidroxilamina para reduzir o excesso de permanganato. O sulfato estanhoso é então adicionado às amostras para a redução em mercúrio elementar que é imediatamente medido por um espectrofotômetro de absorção atômica a vapor frio.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico (água) ou vidro (sedimento)

Preservante: HNO₃ até pH<2 (água)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

28 dias

Interferentes:

Interferências de matriz: o sulfeto de sódio pode interferir com o mercúrio, no entanto, permanganato de potássio é adicionado para eliminar interferências de concentrações de até 20 mg/L. O cobre também é conhecido por causar interferência, no entanto, concentrações tão elevadas quanto 10 mg / L mostraram não ter nenhum efeito sobre a recuperação de mercúrio.

As águas do mar, as salmouras e os efluentes industriais ricos em cloretos requerem quantidades adicionais de permanganato e sulfato de hidroxilamina para garantir a ausência de cloro livre que interfira com a detecção de mercúrio.

Determinados compostos orgânicos voláteis também podem causar interferência. Um teste preliminar sem reagentes deve determinar sua presença.

Método: USEPA 7471 (preparo e análise Hg em sedimento)

Princípio do método:



Este método determina a concentração de mercúrio em amostras sólidas. Este método utiliza absorção atômica de vapor frio e é baseado na absorção de radiação no comprimento de onda de 253,7 nm por vapor de mercúrio. O mercúrio é reduzido ao estado elementar e arejado da solução em um sistema fechado. O vapor de mercúrio passa através de uma célula posicionada no percurso de luz de um espectrofotômetro de absorção atômica. A absorvância (altura do pico) é medida em função da concentração de mercúrio

Preservação da amostra:

Não aplicável

Frasco:

Não aplicável

Prazo de validade da amostra:

Não aplicável

Interferentes:

Interferências de matriz: o sulfeto de sódio pode interferir com o mercúrio, no entanto, permanganato de potássio é adicionado para eliminar interferências de concentrações de até 20 mg/L. O cobre também é conhecido por causar interferência, no entanto, concentrações tão elevadas quanto 10 mg / L mostraram não ter nenhum efeito sobre a recuperação de mercúrio.

As águas do mar, as salmouras e os efluentes industriais ricos em cloretos requerem quantidades adicionais de permanganato e sulfato de hidroxilamina para garantir a ausência de cloro livre que interfira com a detecção de mercúrio.

Determinados compostos orgânicos voláteis também podem causar interferência. Um teste preliminar sem reagentes deve determinar sua presença.

Método: SMEWW 3500 Fe B

Princípio do método:

Fe II: Determinar o ferro ferroso no local de amostragem devido à possibilidade de mudança na relação ferro ferroso/ferro férrico com o tempo em soluções ácidas. Para determinar apenas o ferro ferroso, acidifique uma amostra separada com 2 mL de HCl concentrado/amostra de 100 mL no momento da coleta. Encha o frasco diretamente da fonte de amostragem e do bujão. Retirar imediatamente uma porção de 50 mL de amostra acidificada e adicionar 20 mL de solução de fenantrolina e 10 mL de solução de $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ com agitação vigorosa. Diluir para 100 mL e medir a intensidade da cor dentro de 5 a 10 min. Não exponha à luz solar. (O desenvolvimento da cor é rápido na presença de fenantrolina em excesso. O volume de fenantrolina administrado é adequado para menos de 50 μg de ferro total; Se estiverem presentes quantidades maiores, utilizar um volume correspondentemente maior de fenantrolina ou um reagente mais concentrado.)

Ferro Total: Misturar bem a amostra e medir 50,0 mL num frasco erlenmeyer de 125 mL. Se este volume de amostra contiver mais de 200 μg de ferro, use uma porção menor medida com precisão e diluada para 50,0 mL. Adicionar 2 mL de HCl concentrado e 1 mL de solução de $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$. Adicione algumas contas de vidro e aqueça até ferver. Para assegurar a dissolução de todo o ferro, continuar a ferver até que o volume seja reduzido para 15 a 20 mL. (Se a amostra tiver cinza, colete o resíduo em 2 mL de HCl concentrado e 5 mL de água). Arrefecer até à temperatura ambiente e transferir para um balão volumétrico de 50 ou 100 mL ou para um tubo nessler. Adicionar 10 mL de solução tampão $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ e 4 mL de solução de fenantrolina e diluir para marcar com água. Misture bem e permita um mínimo de 10 min para o desenvolvimento máximo da cor.

Fe III: Calcular ferro férrico subtraindo o ferro ferroso do ferro total.

Ferro Dissolvido: Imediatamente após a coleta, filtrar a amostra através de um filtro de membrana de 0,45 μm



em um balão de vácuo contendo 1 mL de amostra de HCl concentrada/100 mL. Analisar o filtrado para o ferro total dissolvido e/ou ferro ferroso dissolvido. Este procedimento também pode ser utilizado no laboratório se for entendido que a exposição normal da amostra ao ar durante o transporte pode resultar na precipitação de ferro. Calcular o ferro suspenso subtraindo dissolvido do ferro total.

Preservação da amostra:

Frasco: para Ferro II usar frasco OD (Água); para Ferro Total usar frasco plástico (água) ou vidro (sedimento)

Preservantes: para Ferro II usar 2mL HCl conc/100 mL (Água); para Ferro Total usar HNO₃ até pH<2

Refrigeração entre 2 e 6°C

Para a análise de fração dissolvida deve-se proceder com a filtração (0,45 µm) e preservação em campo.

Prazo de validade da amostra:

Ferro II: 24 horas

Ferro Total e dissolvido: 6 meses

Interferentes:

Entre as substâncias interferentes estão agentes oxidantes fortes, cianeto, nitrito e fosfatos (polifosfatos mais do que ortofosfato), cromo, zinco em concentrações superiores a 10 vezes a de ferro, cobalto e cobre em excesso de 5 mg / L e níquel superior a 2 mg / L. Bismuto, cádmio, mercúrio, molibdato e prata precipitam fenantrolina. A ebulição inicial com o ácido converte polifosfatos em ortofosfato e remove cianeto e nitrito, que por outro lado, interfeririam. A adição de excesso de hidroxilamina elimina os erros causados por concentrações excessivas de reagentes oxidantes fortes. Na presença de íons metálicos interferentes, use um excesso maior de fenantrolina para substituir o complexado pelos metais interferentes. Quando estão presentes concentrações excessivas de íons metálicos interferentes, pode utilizar-se o método de extração. Se houver quantidades visíveis de cor ou de matéria orgânica, pode ser necessário evaporar a amostra, suavemente tornar pó o resíduo e redissolver em ácido. A calcinação pode ser realizada em cadinhos de sílica, porcelana ou platina que tenham sido fervidos durante várias horas em HCl 6N. A presença de quantidades excessivas de matéria orgânica pode necessitar de digestão antes da extração.

3.3.2.14 Análise de Cianeto livre

Método: USEPA 335.1

Princípio do método:

Este método determina cianetos passíveis de cloração em água potável (cianeto livre), superficial e salina; resíduos domésticos e industriais. Uma porção da amostra é desclorada a pH > 11 para decompor cianetos passíveis de cloração (CATC). Os níveis de cianeto na amostra clorada e na amostra não clorada são determinados usando um procedimento de cianeto total (por exemplo, USEPA 335.2). CATC é determinado pela diferença de concentrações de cianeto na amostra não clorada e clorada.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico - frasco escuro (abrigo da luz)

Preservante: NaOH até pH >12

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

14 dias

Interferentes:

Não se aplica.



3.3.2.15 Análise de Cloreto

Método: SMEWW 4500 Cl- B

Princípio do método:

Cloreto (Cl⁻) é um dos íons majoritários comumente presente nos sistemas aquosos naturais. No Método Potenciométrico, empregado neste programa de monitoramento, o cloreto é determinado através da titulação com solução padronizada de nitrato de prata (AgNO₃), utilizando um sistema de eletrodo de vidro e prata cloreto de prata (AgCl).

O eletrodo é mergulhado em um volume quantitativo de amostra previamente acidificada. A titulação é realizada até seu ponto final, através do potenciômetro, conforme orientações do fabricante. O resultado é expresso em mg Cl/L.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

28 dias (Água)

Interferentes:

As formas oxidadas de manganês e outros agentes oxidantes interferem. Os agentes redutores, tais como os sulfuretos orgânicos, também interferem. Embora a titulação neutra minimize o efeito interferente dos íons férrico e nitrito, a titulação ácida é preferida porque algumas formas de cloro combinado não reagem a pH 7. Utilize apenas ácido acético para a titulação ácida.

3.3.2.16 Análise de Sulfeto Total

Método: SMEWW 4500 S2- G

Princípio do método:

O potencial de um eletrodo seletivo de íons prata / sulfeto (ISE) está relacionado a atividade do íon sulfeto. Adiciona-se um reagente antioxidante alcalino (AAR) à amostras e padrões para inibir a oxidação de sulfeto por oxigênio e para proporcionar uma força iônica e um pH constantes. A utilização do AAR permite a calibração em termos de concentração total de sulfeto dissolvido. Todas as amostras e padrões devem estar na mesma temperatura. As concentrações de sulfeto entre 0,032 mg / L (1×10^{-6} M) e 100 mg / L podem ser medidas sem pré-concentração. Para concentrações mais baixas, a pré-concentração é necessária.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro ou frasco de OD

Preservante: adicionar 4 gotas de Acetato de Zinco 2N/100 mL e NaOH, pH>9 (água)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

7 dias

Interferentes:

As substâncias húmicas podem interferir com as medições de Ag / S-ISE. Para água altamente colorida (alta concentração de substâncias húmicas), use o método de adições padrão para verificar os resultados. O sulfeto é oxidado por oxigênio dissolvido. A oxidação do sulfeto pode fazer com que as leituras potenciais tendem a concentração decrescente, isto é, para valores mais positivos. Lave a superfície das amostras e



padrões com nitrogênio para minimizar o contato com oxigênio atmosférico para medições de baixo nível. Mudanças de temperatura podem fazer com que os potenciais se desloquem para cima ou para baixo. Portanto, deixe padrões e amostras chegar à mesma temperatura. Se as amostras não puderem ser analisadas imediatamente, preservar o sulfeto dissolvido por precipitação com acetato de zinco

Método: SMEWW 4500S2 -D

Princípio do método:

O método do azul de metileno baseia-se na reação de sulfureto, cloreto férrico e dimetil-p-fenilenodiamina para produzir azul de metileno. O procedimento é aplicável a concentrações de sulfeto entre 0,1 e 20,0 mg/L. O método automatizado de azul de metileno (4500S2-E) é semelhante ao Método D. Uma técnica de diálise gasosa separa o sulfureto da matriz da amostra. A diálise gasosa elimina a maioria das interferências, incluindo turbidez e cor. A adição do ácido ascórbico antioxidante melhora a recuperação de sulfetos. O método é aplicável a concentrações de sulfeto entre 0,002 e 0,100 mg / L.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro ou frasco de OD

Preservante: adicionar 4 gotas de Acetato de Zinco 2N/100 mL e NaOH, pH>9 (água)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

7 dias

Interferentes:

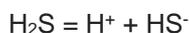
Ver Método 4500S2-G

3.3.2.17 Análise de Sulfeto (H₂S não dissociado)

Método: SMEWW 4500 S2- H

Princípio do método:

O sulfeto de hidrogênio (H₂S) e o íon bissulfeto (HS⁻), que em conjunto constituem sulfeto dissolvido, estão em equilíbrio com íons hidrogênio:



A constante condicional de ionização, que é válida para a temperatura e a força iônica da água de interesse, refere-se às concentrações de H₂S e HS⁻ (equação 13):

$$\frac{[H^+][HS^-]}{[H_2S]} \quad (13)$$

A constante condicional é usada para calcular a distribuição de sulfeto dissolvido entre as duas espécies. A constante de ionização condicional de H₂S é de aproximadamente 7,0. Difere de 7,0 por menos de 0,2 unidades logarítmicas para as forças iônicas e temperaturas que provavelmente serão encontradas na monitorização da qualidade da água.



Preservação da amostra:

Frasco: Vidro ou frasco de OD

Adicionar 4 gotas de Acetato de Zinco 2N/100 mL e NaOH, pH>9

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

7 dias

Interferentes:

Não se aplica.

3.3.2.18 Análise de Nitrato (como N)

Método: USEPA 353.3

Princípio do método:

Nitrato e nitrito: Uma amostra filtrada é passada através de uma coluna contendo granulado de cobre-cádmio para reduzir o nitrato em nitrito. O nitrito (originalmente na amostra e o nitrato reduzido) é determinado por processo de obtenção de sais (diazotação) com sulfanilamida e acoplamento com dicloridrato de N-(1-naftil)-etilenodiamina para formar um corante azo altamente colorido, que é medido com um espectrômetro.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

48 horas

Interferentes:

Materiais suspensos irão restringir o fluxo da amostra. Pré-tratamento por filtração da amostra através de um filtro de 0,45 µm.

Metais como ferro ou cobre podem produzir baixos resultados.

Óleo e graxa: óleo e graxa, que podem revestir a coluna e reduzir a eficiência, devem ser removidos pela pré-extração da amostra com um solvente orgânico.

3.3.2.19 Análise de Nitrito (como N)

Método: SMEWW 4500 NO₂- B

Princípio do método:

O nitrito (NO₂⁻) é determinado através da formação de um corante azo roxo avermelhado produzido a pH 2,0 a 2,5 por acoplamento de sulfanilamida diazotada com dicloridrato de N-(1-naftil)-etilenodiamina (dicloridrato de NED). O intervalo aplicável do método para medições espectrofotométricas é de 10 a 1000 µg NO₂⁻ N/L. Medições fotométricas podem ser feitas na faixa de 5 a 50 µg N / L se um caminho de luz de 5 cm e um filtro de cor verde forem usados. O sistema de cores obedece à lei de Beer até 180 µg N / L com um percurso de luz de 1 cm a 543 nm. Concentrações mais altas de NO₂ podem ser determinadas diluindo uma amostra.



Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

48 h (Água)

Interferentes:

A incompatibilidade química torna improvável a coexistência de NO_2^- , cloro livre e tricloreto de nitrogênio (NCl_3). NCl_3 dá uma cor vermelha falsa quando o reagente de cor é adicionado. Os seguintes íons interferem devido à precipitação em condições de ensaio e devem estar ausentes: Sb_3^+ , Au_3^+ , Bi_3^+ , Fe_3^+ , Pb_2^+ , Hg_2^+ , Ag^+ , cloroplatinato (PtCl_6^{2-}) e metavanadato (VO_3^{2-}). O íon cúprico pode causar baixos resultados catalisando a decomposição do sal de diazônio. Íons coloridos que alteram o sistema de cores também devem estar ausentes. Remover os sólidos em suspensão por filtração.

3.3.2.20 Análise de Nitrogênio Total Kjeldahl

Método: USEPA 351.3

Princípio do método:

A amostra é aquecida na presença de ácido sulfúrico, sulfato de potássio e sulfato mercúrico e evaporada até se obterem vapores de sulfito e a solução fica incolor ou amarelo pálido. O resíduo é arrefecido, diluído e é tratado e tornado alcalino com uma solução de hidróxido-tiosulfato. O amoníaco é destilado e determinado após destilação por potenciometria ou outro procedimento.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Preservante: H_2SO_4 até pH <2

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

28 dias (água), não determinado (sedimento)

Interferentes:

Níveis elevados de nitrato (> 10 vezes o nível TKN) resultam em baixos valores de TKN. A reação entre nitrato e amônia pode ser prevenida utilizando uma resina para remover o nitrato antes da análise TKN.

3.3.2.21 Análise de Nitrogênio Orgânico

Método: USEPA 351.3 - descrito na análise de Nitrogênio Total Kjeldahl

Método: USEPA 350.2

Princípio do método:

Este método determina a amônia, excluindo o nitrogênio de Kjeldahl, em água potável, superficial e salina; Resíduos domésticos e industriais. Uma amostra é tamponada a pH alcalino com tampão de borato para diminuir a hidrólise de cianatos e compostos orgânicos de azoto e é destilada numa solução de ácido bórico. O destilado de amoníaco é determinado colorimetricamente por Nesslerização, ou por outras opções dadas no método.



Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Preservante: H₂SO₄ até pH <2

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

28 dias (água), não determinado (sedimento)

Interferentes:

Muitos aromáticos, aminas alifáticas e outros compostos podem causar turbidez com o reagente de Nessler. A destilação é utilizada antes da análise para reduzir / eliminar interferências.

Os compostos alcalinos voláteis (algumas cetonas, aldeídos e álcoois) podem efetuar a Nesslerização. Alguns compostos (por exemplo, formaldeído) podem ser removidos antes da destilação por ebulição a pH baixo

O cianeto pode hidrolisar durante a destilação.

Cloro residual: Remover o cloro residual usando tiosulfato de sódio.

3.3.2.22 Análise de Nitrogênio Amoniacal

Método: USEPA 350.2 - descrito na análise de Nitrogênio Orgânico

3.3.2.23 Teor de Carbonatos

Método: Loring e Rantala (1992)

Princípio do método:

Para a determinação de carbonato de cálcio (CaCO₃), o sedimento é colocado num balão fechado, previamente pesado e adicionado HCl. Ao adicionar HCl em excesso ao CaCO₃, um certo volume de CO₂ é liberado. A perda de peso devido a liberação de CO₂ é determinada. Considerando a Lei de Boyle-Gay Lussac, os pesos são determinados, e o resultado é obtidos pela diferença de massas.

Preservação da amostra:

Não determinado.

Prazo de validade da amostra:

Não determinado.

Interferentes:

Não determinado.

3.3.2.24 Mineralogia (Minerais pesados) e Argilominerais

Método: Método de Rietveld.

Princípio do método:

O Método Rietveld é uma análise quantitativa de identificação de minerais por análise de difração de Raios X, é realizada com o auxílio de um programa de análise utilizado para determinara quantidade de diferentes



fases presentes em uma amostra multicomponente - Topas 4.2 (Bruker AXS). O método de Rietveld utiliza uma abordagem de mínimos quadrados para refinar um perfil de linha teórico até que os resultados correspondam aos padrões experimentais obtidos. O refinamento do método é obtido com a identificação de um conjunto de minerais na amostra. Os minerais não identificados pelo analista não são incluídos nos cálculos de refinamento para amostras específicas e são indicados com um traço. A mineralogia semi quantitativa em concentrados em até tamanho de 150um utiliza-se lupa binocular e para granulometria menor que 150um (argilominerais) é recomendada a difração de raios-X.

Preservação da amostra:

Não determinado.

Prazo de validade da amostra:

Não determinado.

Interferentes:

Não determinado.

3.3.2.25 Análise de Polifosfatos

Método: SMEWW 4500 P-E / 4500 P-B

Princípio do método:

O molibdato de amônio e o tartarato de antimônio de potássio reagem em meio ácido com ortofosfato para formar um ácido heteropólio ácido fosfomolibdico que é reduzido a azul de molibdênio intensamente colorido por ácido ascórbico. O método 4500 P-B apresenta o processo de preparação da amostra.

Preservação da amostra:

Frasco: plástico ou vidro.

Refrigerar entre 2 e 6°C.

Prazo de validade da amostra:

48 horas.

Interferentes:

Os arseniatos reagem com o reagente de molibdato para produzir uma cor azul semelhante à formada com fosfato. Concentrações tão baixas como 0,1 mg As / L interferem com a determinação de fosfato. Cromo hexavalente e NO₂⁻ interferem para dar resultados de cerca de 3% de baixo em concentrações de 1 mg/L e 10 a 15% de baixo a 10 mg/L. O sulfureto (Na₂S) e o silicato não interferem em concentrações de 1,0 e 10 mg/L.

3.3.2.26 Análise granulométrica

Método: EMBRAPA 2011.

Princípio do método:

Baseia-se na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Fixa-se o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico (soda ou calgon). Pipeta-se um volume da suspensão, para determinação da argila que seca em estufa é pesada. As frações grosseiras (areia fina e grossa) são separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100%. É obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original.



Cálculo: Calcular os valores das frações de acordo com as equações 14, 15, 16 e 17:

$$\text{Teor de argila} = [\text{argila fina (g)} + \text{dispersante (g)}] - \text{dispersante (g)} \times 1000 \quad (14)$$

$$\text{Teor de areia fina} = \text{areia fina (g)} \times 50 \quad (15)$$

$$\text{Teor de areia grossa} = [\text{areia fina (g)} + \text{areia grossa (g)}] - \text{areias fina} \times 50 \quad (16)$$

$$\text{Teor de silte} = 1000 - [\text{argila (g)} + \text{areia fina (g)} + \text{areia grossa (g)}] \quad (17)$$

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico.

Não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

Não determinado.

Interferentes:

Não se aplica.

3.3.2.27 Análise de Pesticidas Organoclorados

Método: USEPA 3550C.

Princípio do método:

Este método descreve um procedimento para extrair compostos orgânicos não voláteis e semivoláteis de sólidos, tais como solos, lamas e resíduos. O processo por ultrassons assegura o contato entre a matriz e o solvente de extração. Para amostras que são esperadas baixas concentrações deve-se misturar a amostra com sulfato de sódio anidro para formar um pó de fluxo livre. A mistura é extraída três vezes com solvente, utilizando extração por ultrassons. O extrato é separado da amostra por filtração sob vácuo ou centrifugação. O extrato está pronto para a concentração final e análise.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro âmbar com septo ou teflon (Água) e Vidro (Sedimento).

Refrigeração entre 2 e 6°C.

Prazo de validade da amostra:

7 dias (Água), 14 dias (Sedimento).

Interferentes:

Solventes, reagentes, vidros e outros materiais de processamento de amostras podem gerar interferências na análise da amostra. Todos estes materiais devem ser demonstrados como isentos de interferências sob as condições da análise, analisando branco dos métodos.

Método: USEPA 8081B.

Princípio do método:

Este método pode ser utilizado para determinar as concentrações de vários pesticidas organoclorados em extratos de matrizes sólidas e líquidas, utilizando colunas capilares tubulares abertas com detectores de captura de elétrons (ECD) ou detectores de condutividade eletrolítica (ELCD). Um volume ou peso medido da



amostra (aproximadamente 1 L para líquidos, 2 a 30 g para sólidos) é extraído utilizando a técnica de extração de amostras específica da matriz apropriada. Pode ser aplicada uma variedade de passos de limpeza ao extrato, dependendo da natureza das interferências da matriz e dos analitos alvo. Após a limpeza, o extrato é analisado por injeção de uma alíquota medida num cromatógrafo de gás com uma coluna capilar de sílica fundida de ângulo estreito ou largo e um detector de captura de elétrons (GC / ECD) ou um detector de condutividade eletrolítica (GC / ELCD).

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro âmbar com septo ou teflon (Água) e Vidro (Sedimento).

Refrigeração entre 2 e 6°C.

Prazo de validade da amostra:

7 dias (Água), 14 dias (Sedimento).

Interferentes:

Contaminação de amostras com solventes e gases portadores com analitos alvo (especialmente compostos comuns a laboratórios ambientais, como cloreto de metileno).

Contaminação de amostras com enxofre (principalmente presente em frações neutras de base).

Os ésteres de ftalato interferem na detecção de pesticidas através de detector de captura de elétrons.

Método: USEPA 3620C.

Princípio do método:

Este método descreve procedimentos para *cleanup* com Florisil (marca registrada de sílica usada em análises ambientais). Ele fornece a opção de usar técnicas de cromatografia em coluna tradicional ou cartuchos de extração em fase sólida. Geralmente, a técnica de cromatografia em coluna tradicional utiliza quantidades maiores de adsorvente e, por conseguinte, tem uma capacidade de limpeza maior.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro âmbar com septo ou teflon (Água) e Vidro (Sedimento).

Refrigeração entre 2 e 6°C.

Prazo de validade da amostra:

7 dias (Água), 14 dias (Sedimento).

Interferentes:

Solventes, reagentes, vidros e outros materiais de processamento de amostras podem gerar interferências na análise da amostra. Todos estes materiais devem ser demonstrados como isentos de interferências sob as condições da análise, analisando branco dos métodos.

Um branco reagente deve ser preparado e analisado para os compostos de interesse antes da utilização deste método. O nível de interferências deve satisfazer os critérios de aceitação de controle de qualidade estabelecido.

Podem ser necessários procedimentos mais extensos para atingir níveis aceitáveis de interferências para alguns analitos.

Os ftalatos criam problemas de interferência para todos os analitos do método, não apenas os ésteres de ftalato.



Método: USEPA 3660B.

Princípio do método:

A amostra a ser submetida ao *cleanup* é misturada com cobre ou TBA. A mistura é agitada e o extrato é removido do reagente de *cleanup*. O enxofre elementar é encontrado em muitas amostras de sedimentos (geralmente específicas para diferentes áreas do país), algas marinhas e alguns resíduos industriais. A solubilidade do enxofre em vários solventes é muito semelhante aos pesticidas organoclorados e organofosforados. Portanto, a interferência de enxofre acompanha os pesticidas através das técnicas normais de extração e limpeza.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro âmbar com septo ou teflon (Água) e Vidro (Sedimento).

Refrigeração entre 2 e 6°C.

Prazo de validade da amostra:

7 dias (Água), 14 dias (Sedimento).

Interferentes:

Deve ser tomado cuidado para remover todos os vestígios do ácido utilizado para preparar o cobre, a fim de evitar a degradação de alguns analitos.

3.3.2.28 Análise de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos e Fenóis

Método: USEPA 3550C está descrito nas análises de pesticidas.

Método: USEPA 8270 D.

Princípio do método:

As amostras são preparadas para análise por cromatografia gasosa / espectrometria de massa (GC / MS) utilizando a preparação apropriada da amostra e, se necessário, procedimentos de *cleanup* da amostra. Os compostos semivoláteis são analisados no GC / MS injetando o extrato de amostra no cromatógrafo de gás (GC) com uma coluna capilar de sílica fundida de orifício estreito. A coluna de GC é programada por temperatura para separar os analitos, que são então detectados com um espectrômetro de massa (MS) ligado ao cromatógrafo de gás. Os analitos eluídos da coluna capilar são introduzidos no espectrômetro de massa através de um separador de jato ou uma ligação direta. A identificação dos analitos alvo é conseguida comparando os seus espectros de massa com os espectros de impacto de elétrons de padrões autênticos. A quantificação é realizada comparando a resposta de um íon maior (quantitativo) com um padrão interno usando uma curva de calibração de cinco pontos.

Preservação da amostra:

Refrigeração entre 2 e 6°C.

Prazo de validade da amostra:

14 dias (sedimento).

Interferentes:

Interferências de matriz que são co-extraídas com a amostra.

Contaminação por transferência pode ocorrer sempre que as amostras de alta concentração e baixa concentração são analisadas sequencialmente. Para reduzir o acúmulo, a seringa de amostra deve ser



enxaguada com solvente entre as injeções de amostra. Sempre que uma amostra incomumente concentrada é encontrada, deve ser seguida pela análise do solvente para verificar a contaminação cruzada.

3.3.2.29 Análise de Hidrocarbonetos Totais de Petróleo

Método: USPEA 3550C - descrito nas análises de pesticidas.

Método: USEPA 8015C.

Este método pode ser utilizado para determinar as concentrações de vários compostos orgânicos voláteis não halogenados e compostos orgânicos semivoláteis por cromatografia gasosa. Também pode ser aplicável à análise de outros analitos, incluindo trietilamina e hidrocarbonetos de petróleo.

Princípio do método:

Os hidrocarbonetos do petróleo incluem produtos orgânicos provenientes da gasolina (GRO) e orgânicos provenientes do diesel (DRO). GRO corresponde à gama de alcanos de C6 a C10 e uma gama de ponto de ebulição de aproximadamente 60 °C - 170 °C. O DRO corresponde à gama de alcanos de C10 a C28 e uma gama de ponto de ebulição de aproximadamente 170 °C - 430 °C. Dependendo dos analitos de interesse, as amostras podem ser introduzidas no GC por uma variedade de técnicas.

As amostras a serem analisadas para produtos orgânicos provenientes do diesel podem ser preparadas por um método de extração com solvente apropriado. Os produtos orgânicos provenientes da gasolina podem ser introduzidos no GC / FID por “purge-and-trap” (Método 5030 e 5035), “automated headspace” (Método 5021), “vacuum distillation” (Método 5032), ou outra técnica apropriada.

Preservação da amostra:

Fraco: Vidro âmbar com septo teflon (Água) e Vidro (Sedimento).

Refrigeração entre 2 e 6°C.

Prazo de validade da amostra:

7 dias (Água), 14 dias (Sedimento).

Interferentes:

Solventes, reagentes, vidros e outros materiais de processamento de amostras podem gerar interferências na análise da amostra. Todos estes materiais devem estar livres de interferências sob as condições da análise por meio da análise do branco de método. Pode ser necessária uma seleção específica de reagentes e purificação de solventes por destilação em sistemas totalmente em vidro.

A contaminação por transferência pode ocorrer sempre que amostras de alta concentração e baixa concentração são analisadas em sequência. Para reduzir o potencial de transição, a seringa de amostra ou o dispositivo de purga necessita de ser enxaguado entre amostras com um solvente apropriado. Sempre que uma amostra incomumente concentrada for encontrada, ela deve ser seguida pela injeção de um solvente em branco para verificar a contaminação cruzada.

O detector de ionização de chama (FID) é um detector não-seletivo. Muitos compostos que não são de interesse, presentes nas amostras, tem potencial para interferir na análise. Existe também a possibilidade de os analitos serem mal resolvidos, especialmente em amostras que contêm muitos analitos. O usuário de dados deve considerar isso e pode desejar alterar a lista de analitos alvo em conformidade.



3.3.2.30 Análise de Bifenilas Policloradas

Métodos: USEPA 3550C, USEPA 3620C e USEPA 3660B - descritos nas análises de pesticidas organoclorados.

Método: USEPA 8082 A

Princípio do método:

Este método é utilizado para determinar as concentrações de PCBs (Aroclor ou congêneres individuais) em extratos de matrizes sólidas, teciduais e aquosas, utilizando colunas capilares tubulares abertas com detectores de captura de elétrons (ECD) ou detectores de condutividade eletrolítica (ELCD). Os compostos alvo incluem sete Aroclor e 19 congêneres PCB individuais. Estes compostos alvo podem ser determinados por um sistema de análise de uma ou duas colunas. O método também pode ser aplicado a outras matrizes, tais como óleos e amostras de limpeza, se forem utilizados procedimentos de extração de amostras apropriados.

Um volume ou peso medido da amostra (aproximadamente 1 L para líquidos, 2 a 30 g para sólidos) é extraído utilizando a técnica de extração de amostras específica da matriz apropriada. As amostras aquosas, sólidas e de tecido podem ser extraídas utilizando solventes, técnicas de separação ou métodos alternativos. Os extratos para análise de PCB podem ser submetidos a uma limpeza com ácido sulfúrico / permanganato de potássio concebido especificamente para estes analitos. Esta técnica de limpeza (cleanup) removerá muitos pesticidas monocomponentes organoclorados ou organofosforados. Portanto, o Método 8082A não é aplicável à análise desses compostos. Após a limpeza, o extrato é analisado por injeção de uma alíquota medida num cromatógrafo de gás com uma coluna capilar de sílica fundida de ângulo estreito ou largo e um detector de captura de elétrons (GC / ECD) ou um detector de condutividade eletrolítica (GC / ELCD). Os dados cromatográficos podem ser utilizados para determinar os sete Aroclor ou congêneres individuais de PCB selecionados ou PCBs totais.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro âmbar com septo ou teflon (Água), Vidro (Sedimento).

Refrigeração entre 2 e 6°C.

Prazo de validade da amostra:

7 dias (Água), 14 dias (Sedimento).

Interferentes:

As interferências co-extraídas das amostras variam consideravelmente de matriz para matriz. Embora as técnicas gerais de limpeza sejam referenciadas ou fornecidas como parte deste método, amostras únicas podem exigir abordagens de limpeza adicionais para alcançar graus desejados de discriminação e quantificação. As fontes de interferência neste método incluem compostos aos quais o detector responde, tais como pesticidas clorados monocomponentes (incluindo DDT, DDE, DDD), aromáticos clorados (por exemplo benzenos clorados), ftalatos e enxofre (S8). Qualquer composto recalitrante que contenha um elemento eletronegativo e elua na janela cromatográfica é um interferente potencial.

3.3.3 Avaliação da Biodisponibilidade de Metais

O método proposto para a avaliação da biodisponibilidade de metais, a ser adotado somente no *Plano de Amostragem Componente de Qualidade de Água e Sedimento do Programa de Monitoramento das Intervenções (Anexo D)*, é proposto por Allen et al. (1993). Em resumo, este método consiste na análise de metais extraídos simultaneamente (MES ou SEM - *Simultaneously Extracted Metal*) por meio da acidificação da amostra de sedimento, para que o sulfeto volatilizável seja arrastado por um gás. A suspensão restante



deste processo é filtrada e analisada para metais, conforme métodos descritos anteriormente. As quantificações de sulfeto volatilizável por acidificação (SVA ou AVS - *Acid Volatile Sulphide*) são realizadas pelo método azul de metileno, descrito pelo *Standards Methods* 4500S2-D (ver **Seção** 3.3.2.16).

A razão SEM / AVS, descrita por Di Toro et al. (1992), é utilizada considerando que os valores da razão indicam:

$$\frac{SEM}{AVS} > 1 \quad \text{Há potencial de biodisponibilidade de metais para o ambiente}$$
$$\frac{SEM}{AVS} < 1 \quad \text{Existem sulfetos suficientes para total complexação dos metais pesados existentes}$$

Posteriormente, para verificar a capacidade de ligação dos metais com o AVS mesmo quando as concentrações de SEM e AVS são baixas, calcula-se a diferença entre SEM e AVS, de acordo com Hansen et. al. (1996), na qual considera-se que:

$$SEM - AVS > 1,7 \mu\text{mol} \times \text{kg}^{-1} \quad \text{Há potencial de biodisponibilidade de metais para o ambiente}$$
$$SEM - AVS < 1,7 \mu\text{mol} \times \text{kg}^{-1} \quad \text{Não há biodisponibilidade de metais para o ambiente}$$

Ainda com relação à biodisponibilidade de metais, foi proposto pela USEPA (2000) e Di Toro et al. (2005) que a biodisponibilidade dos metais seja normalizada pela quantidade de carbono orgânico total, que influencia na partição de metais existentes no sedimento natural, promovendo uma correção na estimativa da biodisponibilidade de metais em sedimentos naturais de fundo, sendo que a toxicidade do sedimento natural é considerada como descrito abaixo:

$$\frac{(SEM - AVS)}{Foc} > 130 \mu\text{mol} \times \text{kg}^{-1} \quad \text{Significa que não existem sulfetos suficientes para total complexação e a toxicidade do sedimento natural pode ser considerada provável}$$
$$\frac{(SEM - AVS)}{Foc} < 130 \mu\text{mol} \times \text{kg}^{-1} \quad \text{Indica que não há potencial de biodisponibilidade e a toxicidade é considerada improvável.}$$

4.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBANO, F. M.; RAYA-RODRIGUEZ, M. T. Validação e Garantia da Qualidade de Ensaio Laboratoriais: Guia Prático. 2ª ed. Porto Alegre, RS. 130 p. 2015.

Agência Nacional de Águas (ANA). Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras. Água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília, 326p. 2012.

ALBUQUERQUE, C.S.; MENEZES, M. Algas flageladas clorofiladas da área de influência da BR364, Vilhena – Ouro Preto D'Oeste, sudeste do Estado de Rondônia, Brasil. *Hoehnea* v. 24, n. 2, p. 116. 1997.

ALLEN, H.E.; FU, G.; DENG, B. 1993. Analysis of Acid Volatile Sulphide (AVS) and simultaneously extracted metals (SEM) for the estimation of potential toxicity in aquatic sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12(8):1441-1453.

AMARAL, A.C.Z., RIZZO, A.E., ARRUDA, E.P.. Manual de identificação de invertebrados marinhos da região sudeste-sul do Brasil. EDUSP. 2006.



- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington, DC, USA. 2012.
- ANDERSON, M.J. Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics* 62, 245-253. 2006.
- ANGRISANO, E. B.; KOROB, P. G. Trichoptera. In: FERNÁNDEZ, H. R. & DOMINGUEZ, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán, 2001.
- APHA. Standard methods for the examination of water and waste water, 21st edn. American Public Health Association, Washington, DC, 2005.
- AQEM - The Development and Testing of an Integrated Assessment System for the Ecological Quality of Streams and Rivers throughout Europe using Benthic Macroinvertebrates. Manual for the application of the AQEM System, v. 1, 202p., 2002.
- ARCHANGELSKY, M. Coleoptera. In: FERNÁNDEZ, H. R. & DOMINGUEZ, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán. 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). NBR 12.648:2011. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com algas (Chlorophyceae). 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). NBR 12.713:2016. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* spp (Crustacea, Cladocera). 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). NBR 13.373:2016. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustacea, Cladocera). 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). NBR 15.088:2011. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com peixes. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). NBR 9.898:1987. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). NBR ISO/IEC 17025:2005 Versão Corrigida 2:2006. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). Norma ABNT NBR 15.469:2015. Ecotoxicologia - Coleta, preservação e preparo de amostras. 2015.
- BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J.B. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, second edition. EPA, Washington, 1999.
- BERTOLETTI, E. Controle ecotoxicológico de efluentes líquidos no estado de Sao Paulo. Sao Paulo: CETESB. 2008. 36 p. (Serie Manuais)
- BICUDO, C.E.M. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, S.P. Algas, 18: Chlorophyceae. *Revista Brasileira de Botânica* v. 27, n.1, p. 85-102. 2004.
- BICUDO, C.E.M., BICUDO, D.C, FERRAGUT, C., LOPES, M.R.M. & PIRES, P.R. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, S.P. Algas, 17: Chrysophyceae. *Hoehnea* v. 30, n. 2, p. 127-153. 2003.
- BICUDO, D.C. Algas epífitas do Lago das Ninféias, São Paulo, Brasil, 2: Xantophyceae. *Revista Brasileira de Biologia* 49 (3): 851-860. 1989.
- BICUDO, D.C. Algas epífitas do Lago das Ninféias, São Paulo, Brasil, 3: Crysophyceae. *Revista Brasileira de Biologia* 50: 355-375. 1990a.



- BICUDO, D.C. Algas epífitas do Lago das Ninféias, São Paulo, Brasil, 3: Chlorophyceae, Oedogoniophyceae e Zygnemaphyceae. *Revista Brasileira de Biologia* v. 56, n.2, p. 345-374. 1996.
- BISPO, P. C.; CRISCI-BISPO, V. L. Ephemeroptera. In: COSTA, C., IDE, S. e SIMONKA, C. E. (Eds.) *Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação*. Holos, Editora. Ribeirão Preto. p. 55-60, 2006.
- BOTTRELL, HH.; DUNCAN, A.; GLIWICZ, Z.; GRYGIEREK, E.; HERZIG, A.; HILLBRICHT-ILKOWSKA, A.; KURASAWA, H.; LARSSON, P.; WEGLENSKA, T. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norwegian Journal of Zoology*, v.24: 419-56. 1976
- BRINKHURST, R. O.; M. R. MARCHESE. *Guide of the freshwater aquatic Oligochaeta of South and Central America*. Col. Climax 6, Santo Tomé: 179 pp, 1989.
- BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J., 2003. *Invertebrates*. 2. ed. Sinauer, Sunderland: 936pp, 2003.
- CALLISTO, M. et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensis*, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.
- CALOR, A.R. Trichoptera. In *Guia on-line: identificação de larvas de insetos aquáticos do Estado de São Paulo*. (C.G. Froehlich, org.), 17p., 2007. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/
- CARVALHO, N. O. *Hidrossedimentologia Prática*. Editora Interciência, Rio de Janeiro. 2008.
- CLARKE, K.R., GORLEY, R.N. *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. Plymouth. 2006.
- CLARKE, K.R., WARWICK, R.M. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. *PRIMER-E*. University of Plymouth, Plymouth. 2001.
- COFFIMAN, W. P.; FERRINGTON Jr., L. C. CHIRONOMIDAE. Cap. 26. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). *Fitoplâncton de água doce: métodos qualitativos e quantitativo – Método de ensaio*. São Paulo. Norma Técnica L5. 303. 23p. 2005.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), Resolução. 396/2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, 2008.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), Resolução. 420/2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, 2008.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), Resolução. 454/2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas, 2009.
- CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM). *Deliberação Normativa nº167, de 29 de junho de 2011*. Revisa e consolida as exigências para laboratórios que emitem relatórios de ensaios ou certificados de calibração referentes a medições ambientais.
- COSTA, C.; IDE, S. Odonata. In: COSTA, C., Ide, S. e SIMONKA, C. E. (Eds.) *Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação*. Holos, Editora. Ribeirão Preto. 61-66, 2006.
- COSTA, J. M.; SOUZA, L. O. I.; OLDRINI, B. B. *Chave para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: comentários e registros bibliográficos (Insecta, Odonata)*. Publicações Avulsas do Museu Nacional – n. 99 – Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2004.



COURTNEY, G. W.; TESKEY, H. J.; MERRIT, R. W.; FOOTE, B. A. Part One; Larvae of Aquatic Diptera. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3.ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.

CRANSTON, P. S., OLIVER, D. R. & SÆTHER, O. A. The larvae of Orthocladinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region- Keys and diagnoses. In: WIEDERHOLM, T (ed.). Chironomidae of the Holarctic region part 1. Larvae. Entomologica scandinavica supplement. Sandby, 1983.

CUMMINS, K. W.; MERRIT R. W.; ANDRADE, P.C.N. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in south Brasil. Studies on neotropical fauna and environment, v. 40, n.1, 2005.

DALY, H. V. General Classification and Key to the Orders of Aquatic Insects and Semiaquatic Insects. Cap. 9. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3.ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.

DA-SILVA, E.R., SALLES, F.F.; BAPTISTA, M.S. As brânquias do gênero Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro. Biota Neotropica, v.2: p.1-4, 2002.

DE LEY, PA quick tour of nematode diversity and the backbone of nematode phylogeny. In: Fitch, D.H.A. (Ed.), Wormbook, <http://www.wormbook.org>. 2006.

DI TORO, D.M; MAHONY, J.D.; HANSEN,D.J.; SCOTT, K.J.; HICKS, M.B.; MAYR, S.M.; REDMOND M.S. 1990. Toxicity of cadmium in sediments: the role of acid volatile sulfide. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **9**:1487-1502.

DIAS, L. G., MOLINERI, C.; FERREIRA, P.S.C. Ephemerelloidea (Insecta: Ephemeroptera) do Brasil. Papéis Avulsos de Zoologia v.47, n.19, p.213-244, 2007.

DIAS, L. G.; SALLES, F. F.; FRANCISCHETTI, C. N.; FERREIRA, P. S. F. Key to the genera of Ephemerelloidea (Insecta: Ephemeroptera) from Brazil. Biota Neotropica, v.6 n.1, p.1-6, 2006.

DOMÍNGUEZ, E.; C. Molineri; M. Pescador; M. Hubbard & C. Nieto. Aquatic Biodiversity in Latin America: Ephemeroptera of South America. Volume 2, Moscow, Pensoft, 646 p., 2006.

DOMÍNGUEZ, E.; HUBBARD, M. D., PESCADOR, M. L., RINGUELET, R. A. Los Ephemeroptera en Argentina. IN: Fauna Dulce de República Argentina. La Plata: 142 pp, 1994.

EDMUNDS Jr., G. F. and WALTZ R. D. Ephemeroptera. Cap. 11. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. p.126-163, 1996.

ELMOOR-LOUREIRO, LM. Manual de identificação de Cladóceros límnicos do Brasil. Brasília: Editora Universa. 156 p. 1997.

EMBRAPA. 2011. Análise Química para Avaliação e Fertilidade de Solos Tropicais – IAC – Instituto Agrônomo de Campinas, 2001/Manual de Métodos de Análise de Solo – EMBRAPA, 2a. Ed., Rio de Janeiro/RJ, 2011

FAUCHALD, K. The Polychaete worms, Natural History Museum of Los Angeles County. 1977.

FERMINO, F.S. Avaliação sazonal dos efeitos do enriquecimento por N e P sobre o perifíton em represa tropical rasa mesotrófica (Lago das Ninféias, São Paulo). Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. 121 p. 2006.

FERNADÉZ, H.R.; DOMINGUES E. Guía para la determinación de los artrópodos bentônicos Sudamericanos, Tucumán: Editorial, Universidad de Tucuman, 282p., 2001.

FERRAGUT, C. Efeito do enriquecimento por nitrogênio e fósforo sobre a colonização e sucessão da comunidade de algas perifíticas: biomanipulação em reservatório raso oligotrófico em São Paulo. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. 190 p. 1999.



- FERRAGUT, C. Respostas das algas perifíticas e planctônicas à manipulação de nutrientes (N e P) em reservatório urbano (Lago do IAG, São Paulo). Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. 184 p. 2004.
- FERRAGUT, C.; LOPES, M.R.M.; BICUDO, D.C.; BICUDO, C.E.M.; VERCELLINO, I.S. Ficoflórula perifítica e planctônica (exceto Bacillariophyceae) de um reservatório oligotrófico raso (Lago do IAG, São Paulo). *Hoehnea* 32: 137-184. 2005.
- FERREIRA, V.; GRAÇA, M. A. S.; FEIO, M. J.; MIEIRO, C. Water quality in Mondego river basin: pollution and habitat heterogeneity. *Limnetica*. v.23, n.3-4 p.295-306, 2012.
- FERREIRA, W.R. Índice Biótico Bentônico no Biomonitoramento da Bacia do Rio das Velhas. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Montes Claros, MG, 96p., 2009.
- FITTKAU, E. J. & ROBACK, S. S. 1983. The larvae of Tanyptodinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region- Keys and diagnoses. In: WIEDERHOLM, T (ed). Chironomidae of the Holarctic region part 1. Larvae. *Entomologica scandinavica supplement*. Sandby, 1983.
- FLINT JUNIOR, O.S., HOLZENTHAL, R.W.; HARRIS, S.C. Catalog of the Neotropical Caddisflies (Insecta: Trichoptera). Ohio Biological Survey, Columbus, 239p., 1999.
- GOMES E SOUZA, MB. 2008. Guia das tecamebas: Bacia do Rio Peruaçu. Subsídio para a conservação e monitoramento da Bacia do Rio São Francisco. Belo Horizonte. Editora UFMG. 159 p. GROSSO, M. L. Diptera: generalidades. In: FERNÁNDEZ, H. R. & DOMINGUEZ, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitária de Tucumán, 2001.
- GUIMARÃES, J. H. e AMORIN, D. S. 2006. Diptera. In: COSTA, C., IDE, S. e SIMONKA, C.E. (Eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto, 2006.
- HASLE, G.R. & FRYXELL, G.A. Diatoms: cleaning and mouting for light and electron microscopy. *Transactions of the American Microscopical Society* v.89, p.469-474. 1970.
- IDE, S. e COSTA C. Chave de Identificação para as Principais Ordens. Cap. 5. In: COSTA, C., IDE, S. e SIMONKA, C. E. (Eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto. p.51-54., 2006.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). Orientação sobre validação de métodos de ensaios químicos. DOQ-CGCRE-008 Revisão 05. 31p. 2016.
- JUNQUEIRA, V. M.; CAMPOS, S.C.M. 1998. Adaptation of the "BMWP" method for water quality evaluation to rio das velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). *Acta Limnol. Bras* v.10, n.2, p.125-135. 1998.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprocaryota, 1: Chroococcales. In: Huber-Pestalozzi, G. (ed.). *Das phytoplankton des sysswasser: Systematik und Biologie*, band 7. Schwarzerbart'sche Verlargsbuchhandlung, Stuttgart, 1044 p. 1999.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprocaryota 1. Teil Chroococcales. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (H.Ettl, G.Gärtner, H.Heynig & D.Möllenbauer eds.). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. vol.19/1. 548 p. 1998.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprocaryota 2. Teil: Oscillatoriales. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (B. Büdel G. Gärtner, L. Krientitz & M. Schagerl eds.). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. vol. 19/2. 759 p. 2005.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Modern approach to the classification system of cyanophytes, 4: Nostocales. *Algological Studies* 56:247-345. 1989.
- KOMÁREK, J.; FOTT, B. Chlorophyceae (Grynalgen), Ordnung: Chlorococcales. In: HUBERPESTALAZZI, G. (Ed.). *Das phytoplankton des Sysswassers: Systematic und Biologie*, Stuttgart: E. Schwarzerbart sche Verlags buchhandlung 7. 1044p. 1983.



- Koste, W. Rotatoria die radertiere mitteleuropas, Übeiordnung Monogononta. Berlim: Gebriider Bernträger, 1010 p. 1978.
- KOSTE, W. & ROBERTSON, BA. Taxonomics studies of the Rotifera (Phylum Aschelminthes) from a Central Amazonian varzea lake, Lago Camaleão (Ilha de Marchantaria, Rio Solimões, Amazonas, Brazil). Amazoniana, v.8, n.2: 225-254. 1983.
- KOSTE, W. & SHIEL, R.J. Rotifera from Australian Inland waters I. Bdelloidea (Rotifera: Digononta). Australian Journal of Marine and Freshwater Research, v.37: 765-792. 1986.
- KRAMMER, K.; LANGE-BERTALOT, H. Bacillariophyceae, 1: Naviculaceae, In: Ettl, H., Gerloff, F. & Heynig, H. (eds.). Stuswasserflora von Mitteleuropa. Band 2(1). Gustav Fischer, Stuttgart, 876 p. 1986.
- LECCI, L.S.; FROEHLICH, C.G. Taxonomic revision of Gripopteryx (Pictet, 1841) (Plecoptera: Gripopterygidae). Zootaxa, v.2792, p.1–21., 2011.
- LLOYD, M.; GHELARDI, R.J. A table for calculating the equitability component of species diversity. Journal of Animal Ecology 33: 217 – 225. 1964.
- LOBO, A .E.; LEIGHTON, G . Estruturas de las fitocenosis planctônicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. Revista de Biología Marina v.22, p.143-170. 1986.
- LOPRETTO, E. C; TELL, G. Ecosistemas de aguas continentales. Metodologias para su estudio. Tomo II. Ediciones Sur. La Plata, 1995.
- LOWE, R.L.; PAN, Y. Benthic algal communities as biological monitors. In: STEVENSON, R.J., BOTHWELL, M .L., LOWE, R .L. (ed.). Algal Ecology: freshwater benthic ecosystems. Academic Press, USA. p.705-739. 1996.
- LUND, J.W.G., KIPLING, C.; LÊ-CREN, E.D. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. Hidrobiologia v.11, p.143-170. 1958.
- MAGURRAN, A. Measuring species diversity. Blackwell Science, Oxford. 2004.
- MANCA, B. B.; RUSSO, A. Handbook of Method Protocols: Procedures on CTD Data Colection, Caliration and Processing. 11p. 2007.
- MARIANO, R. Trichoptera. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.). 2007. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/
- MERRITT, R. W.; Cummins, K. W. Introduction. Cap. 1. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3 ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W. An introduction to the aquatic insects of North America. 2ª ed., Dubuque, Kendall/Hunt. 722 p., 1984.
- MILLARD, R. C.; YANG, K. CTD calibration and processing methods used at WHOI. Technical Reporto No. 93-44, pp 30. 1993.
- MORSE, J. C.; HOLZENTHAL, R. W. Trichoptera Genera. Cap. 18. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3.ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J.L.; BAPTISTA, D.F. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, 174p., 2010.
- NIESER, N.; MELO, A.L. Os heterópteros aquáticos de Minas Gerais, Guia introdutório com chave de identificação para as espéciesde Gerromorpha e Nepomorpha. Editora UFMG, Belo Horizonte, 180 p., 1997.



- NOGRADY, T. & SEGERS, H. Rotifera 6. The Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodinidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae. In.: Dumont, HJ. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World 18. (Eds) Backhuys Publishers BV, Dordrecht, The Netherlands. 264 p. 2002.
- NOGRADY, T.; WALLACE, RL.; SNELL, TW. Rotifera: biology, ecology and systematic. In: DUMONT, HJF. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. Netherlands: SPB Academic Publishing, v.1: 1- 142. 1993.
- NONNATO, L. V. CTD – Operação e processamento de dados. Versão 1.1. Laboratório de Instrumentação Oceanográfica, Departamento de Oceanografia Física, Instituto de Oceanografia da Universidade de São Paulo (IOUSP). 2004. Disponível em: <<ftp://ftp.io.usp.br/lado/IOF5850/ApresCTD2005.pdf>>. Acessado em: Nov/2016.
- ODUM, E.G. Ecologia. Editora Guanabara, Rio de Janeiro. 434 p. 1983.
- OLIFIERS, M.H., DORVILLÉ, L.F.M.; NESSIMIAN, J.L.; HAMADA, N. A key to brazilian genera of Plecoptera (Insecta) based on nymphs. Zootaxa, 652, p. 1-15, 2004.
- OLIVEIRA, L. G. Trichoptera. In: COSTA, C., IDE, S. e SIMONKA, C. E. (eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto, 2006.
- PAGGI, C. Diptera: Chironomidae. In: FERNÁNDEZ, H. R. & DOMINGUEZ, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán. 2001.
- PAPROCKI, H; HOLZENTHAL, R.W. e BLAHNIK. Checklist of the Trichoptera (Insecta) of Brazil. Biota Neotropica, v.4 n.1, 22p., 2004.
- PÉREZ, G.R. Guía para el estudio de los macro-invertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo Fen Colombia, Colciencias, Universidad de Antioquia, 217p., 1996.
- PES, A.M.O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.L. Chave de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. Rev. Bras. Entomol. 49, p. 181-204, 2005.
- PINDER, L. C. V.; REISS, F. The larvae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region-Keys and diagnoses. In: WIEDERHOLM, T (ed.). Chironomidae of the Holarctic region part 1. Larvae. Entomologica scandinavica supplement. Sandby, 1983.
- PINHO, L.C. Diptera. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.), 20p., 2008. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/.
- REID, JW. Chave de identificação para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da Ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). Boletim de Zoologia, v.9: 17- 143. 1985.
- ROMERO, F. Plecoptera. In: FERNÁNDEZ, H. R. & DOMINGUEZ, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán. 2001.
- ROUND, F. E., CRAWFORD, R. M. & MANN, D. G. The diatoms: biology and morphology of the genera. Cambridge: Cambridge University Press. 1990.
- ROUND, F.E. The biology of the algae. Edward Arnold, London. 1965.
- ROUND, F.E. The taxonomy of the Chlorophyta II. British Phycological Journal v.6, n.2, p.235-264. 1971.
- SANTOS-SILVA, EN. Calanoid Copepods of the Families Diaptomidae, Pseudodiaptomidae, and Centropagidae from Brazil. Biologia Geral e Experimental, v.8: p. 3-67. 2008.



- SALLES, F. F.; DA- SILVA, E, SERRÃO, J. E. & FRANCISCHETTI C. N. Baetidae (Ephemeroptera) na região sudeste do Brasil: novos registros e chave para os gêneros no estágio ninfal. *Neotropica entomology*. v.33, n.5, p.725-735, 2004a.
- SALLES, F. F.; DA- SILVA, E.; HUBBARD, M. D. & SERRÃO, J. E.. 2004 (B). As espécies de Ephemeroptera (Insecta) registradas para o Brasil. *Biota neotropica*. v.4, n.2, 2004b.
- SALLES, F.F. Lista das espécies de Ephemeroptera registradas para o Brasil. 2009 Disponível em: <http://ephemeroptera.br.googlepages.com/home>.
- SANT'ANNA, C .L.; AZEVEDO, M .T.P.; SORMUS, L.. Fitoplâncton do Lago das Garças. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil: estudo taxonômico e aspectos ecológicos. *Hoehnea* 16: 89-131. 1989.
- SANTOS, C. R. Índice de Qualidade Laboratorial (IQL): uma proposta para laboratórios de controle ambiental. Tese de Doutorado. Faculdade de Saúde Pública de São Paulo, São Paulo, SP. 144 p. 2009.
- SARTORY, D.P.; GROBBELAAR, J.U. Extraction of Chlorophyll a from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis. *Hydrobiologia* 114: 177-187. 1984.
- SCHADEN, R. Manual de técnicas para a preparação de coleções zoológicas, 10: Rotifera. Sociedade Brasileira de Zoologia, São Paulo, 17p. 1985.
- SCHWARZBOLD, A., ESTEVES, F.A. & PANOSSO, R.F. Relações entre peso seco e clorofila-a do perifiton em função de diferentes idades e épocas de coletas de pecíolos de *Eichhornia azurea* (Sw) Künth. *Acta Limnologica Brasiliensia* 3: 493-515. 1990.
- SEGERS, H. Rotifera: the Lecanidae (Monogononta) In: Dumont, H.J.F. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. Netherlands: SPB Academic, v.2. 226 p. 1995.
- SEGERS, H. & SHIEL, RJ. Microfaunal diversity in a biodiversity hotspot: new rotifers from Southwestern Australia. *Zoological Studies*, v.42, n.4: 516-521. 2003.
- SHANNON, C.E.; WEAVER, W. The mathematical theory of communication. Urbana: Illinois University Press. 177 p. 1963.
- SHIEL, RJ. & KOSTE, W. Rotifera from Australian inland waters VIII. Trichocercidae (Monogononta). *Transact. Royal Society of South Australia*, v.116, n.1: 1- 27. 1992.
- SHIEL, RJ. & KOSTE, W. Rotifera from Australian waters. IX. Gastropodidae, Synchaetidae, Asplanchnidae (Rotifera: Monogononta). *Transact. Royal Society of South Australia*, v.117: 111-139. 1993.
- SILVA, WM. Diversidade dos Cyclopoida (Copepoda, Crustacea) de água doce do estado de São Paulo: taxonomia, ecologia e genética. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. Tese de Doutorado. 154 f. 2003.
- SIMPSON, E.H. Measurement of diversity. *Nature* 163:688. 1949.
- SINEV, AY. Redescription of *Alona glabra* Sars, 1901, a South American species of the pulchella-group (Branchiopoda: Anomopoda: Chydoridae). *Arthropoda Selecta*, v.10, n.4: 273-280. 2001.
- SMIRNOV, N.N. Fauna of the U.S.S.R. Crustacea. Chydoridae, v. 1, n. 2. Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem. 1974.
- SOMERFIELD, P.J., CLARKE, K.R., Taxonomic levels in marine community studies, revisited. *Marine Ecology Progress Series* v.127, p.113-119. 1995.
- SOUZA, L. O. I.; COSTA, J. M.; OLDRINI, B. B. Odonata. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.), 23p. 2007. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/



STEWART K. W.; HARPER, P. P. Plecoptera. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3. ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: Guia de identificação e diagnóstico dos gêneros. PPG- ERN/ UFSCAR, São Carlos. 1995.

TUCCI, A. Sucessão da comunidade fitoplânctonica de um reservatório urbano e eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2002.

UNESCO. The acquisition, calibration and analysis of CTD data. A Report of SCOR Working Grupo 51. Technical Paper in Marine Science, 38, 59p. 1988.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual. EPA-823-B-01-002. United States Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC, USA. 2001.

USEPA. Handbook for sampling and sample preservation of water and wastewater. Cincinnati, Ohio, 1982. 402 p. (EPA-600/4-82-029).

USEPA. Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. 5 th ed. Washington, D.C., 2002a. 266 p. (EPA-821-R-02-012).

USEPA. Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. 4 th ed. Washington, D.C., 2002b. 335 p. (EPA-82-R-02-013).

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommen der quantitativen Phytoplankton: methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie 9:1-38. 1958.

VAN DAM, H., MERTENS, A.; SINKILDAM, J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. Journal of Aquatic Ecology 28: 117-133. 1994.

VAN DAMME, K.; KOTOV, AA.; DUMONT, HJ. Redescription of *Leydigia parva* Daday, 1905 and assignment to *Parvalona* gen. nov. (Cladocera: Anomopoda: Chydoridae). Journal of Natural History, v.39, n.23: 2125-2136. 2005.

VAN DAMME, K.; KOTOV, AA.; DUMONT, HJ. A checklist of names in *Alona Baird* 1843 (Crustacea: Cladocera: Chydoridae) and their current status: an analysis of the taxonomy of a lump genus. Zootaxa, v.2330: 1-63. 2010.

VAN-DER-HOEK, C.; MANN, D. G.; JAHNS, H. M. An introduction to phycology. Cambridge University Press, Cambridge, 627p. 1997.

VERCELLINO, I. S. Sucessão da comunidade de algas perifíticas em dois reservatórios do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo: influência do estado trófico e período climatológico. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 176 p. 2001.

VERCELLINO, I.S. Respostas do perifíton aos pulsos de enriquecimento em níveis crescentes de fósforo e nitrogênio em represa tropical mesotrófica (Lago das Ninfeias, São Paulo). Tese (doutorado), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 105 p. 2007.

WESTFALL Jr., M. J.; TENNESSEN K. J. Odonata. In: MERRITT, R. W. & CUMMINS K. W. (eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3 ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. 164-211. 1996.

WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. Limnological Analyses. New York: Springer-Verlag. 331pp. 1991.

WHITE, D. S.; BRIGHAM, W. U. Aquatic Coleoptera. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3. ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. p.399-473. 1996.



WIGGINS, G. B. Trichoptera Families. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3 .ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. p.309-349,1996.

XAVIER, M.B. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas 5: Euglenophyceae (Euglenaceae pigmentadas). Hoehnea v.21, n.1/2, p.47-73. 1994.

XAVIER, M.B. O gênero Euglena Ehrenberg de lagos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. Hoehnea v.15, p.65-87. 1988.

XAVIER, M.B. O gênero Lepocinclis Perty de lagos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. Hoehnea v.16: 133-147. 1989a.

XAVIER, M.B. O gênero Phacus Dujardin de lagos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. Hoehnea v.16: 149-164. 1989b.

q:\3-projetos\2015\2-meio ambiente\159-515-2282_samarco\3-relatorio\rt - relatório técnico\rt-029_159-515-2282_09-j\2-anexos\anexo c.docx



ANEXO D

Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções.



Abril, 2017

PLANO DE AMOSTRAGEM

Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções

Preparado para:

Fundação Renova



RELATÓRIO

Número do Relatório: RT_038-159-515-2282_03-J

Distribuição:

01 e-cópia Fundação Renova.

01 cópia Golder Associates Brasil Consultoria e
Projetos Ltda.





Sumário Executivo

Este documento foi preparado pela Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. (Golder) para a Fundação Renova (Fundação), e apresenta um plano de monitoramento de qualidade de água e sedimento para acompanhamento dos efeitos das obras de intervenções que visam o controle e mitigação dos impactos resultantes do rompimento da barragem de Fundão. O plano visa atender aos requisitos mínimos relacionados especificamente ao monitoramento da qualidade da água e sedimentos estabelecidos no Ofício nº 38/2016/AP-GF-ANA (Deliberação CIF nº 17), Nota Técnica nº 08 da bem como fornecer dados de qualidade de água e sedimento para auxiliarem no atendimento à Cláusula 178 do Termo de Transição de Ajustamento de Conduta (TTAC).

O plano de monitoramento foca na área situada entre a mina da Samarco e o reservatório da barragem de Candonga. Tais áreas e as justificativas para a escolha de cada uma encontram-se detalhadas na Seção 3.

Ao todo, o plano de monitoramento de qualidade de água contém 176 pontos de amostragem, dentre os quais 22 foram sugeridos pela Deliberação CIF nº 17 e 114 pela Nota Técnica nº 08 da CT-SHQA, além de 31 pontos complementares sugeridos pela Câmara Técnica de Restauração Florestal e Produção de Água (CT-FLOR). Os 176 pontos de amostragem estão divididos em quatro categorias, as quais consistem em:

- Pontos PMQQVAI - Plano de Monitoramento Quali-quantitativo de Vigilância para Avaliação de Impactos (22 pontos). Estes pontos foram determinados pela Deliberação CIF nº 17 (ver Seção 4.2.1);
- Pontos Tipo 1 – T1 (8 pontos). Estes pontos foram propostos com intuito de monitorar a carga de sedimentos na área de estudo. Dois desses pontos são coincidentes com os pontos PMQQVAI (ver Seção 4.2.2);
- Pontos Tipo 2 – T2 (3 pontos). Estes pontos foram propostos como complementação aos pontos PMQQVAI (ver Seção 4.2.3);
- Pontos Operação Águas (145 pontos):
 - 114 pontos: definidos na Nota Técnica nº 08 da CT-SHQA (ver Seção 4.2.4);
 - 31 pontos: adicionados por solicitação da CT-FLOR (ver Seção 4.2.4).

Os pontos Tipo 3 – T3, propostos na primeira versão deste plano, foram removidos, tendo em vista que a adição dos pontos Operação Águas propostos pela CT-SHQA e de responsabilidade da CT-FLOR inclui o monitoramento em tributários afluentes do córrego Santarém, rio Gualaxo do Norte e rio do Carmo, gerando desnecessária sobreposição. Dessa forma, a malha e esforço amostral com os 176 pontos propostos na atual versão deste documento são suficientes para avaliação e acompanhamento da qualidade de água e sedimentos nas áreas de intervenções.

As amostras serão coletadas com intuito de avaliar a qualidade da água e do sedimento, bem como para as comunidades biológicas (i.e., macroinvertebrados betônicos, fitoplâncton e zooplâncton). A frequência de amostragem e os parâmetros a serem analisados em cada ponto de amostragem estão definidos na Seção 4.

A Seção 5 faz referência ao **Anexo C**, o qual apresenta os principais procedimentos de coleta e análise a serem adotados em campo pela equipe de coleta, assim como descreve como as anotações de campo serão realizadas e armazenadas, bem como dá instruções de como os dados de campo serão manuseados. Essa informação é complementada pelo **Anexo A**, no qual fica estabelecido o protocolo de controle de segurança da qualidade dos dados (QA/QC) para procedimentos realizados em campo e em laboratório. A Seção 6 descreve a frequência de elaboração de relatórios técnicos de avaliação dos resultados medidos em campo e analisados em laboratório.



ÍNDICE

1.0	INTRODUÇÃO	1
2.0	REQUISITOS E OBJETIVOS DO PLANO DE MONITORAMENTO	2
2.1	Requisitos	2
2.2	Objetivos	2
3.0	ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA INTERVENÇÃO	2
4.0	PLANO DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA E SEDIMENTO	7
4.1	Contextualização	7
4.2	Localização dos Pontos de Amostragem	7
4.2.1	Justificativa para Pontos PMQQVAI	20
4.2.2	Justificativa para Pontos Tipo 1	20
4.2.3	Justificativa para Pontos Tipo 2	21
4.2.4	Justificativa para Pontos Operação Águas	21
4.3	Frequência de Amostragem	22
4.3.1	Pontos PMQQVAI e Tipo 2	22
4.3.2	Pontos Tipo 1	22
4.3.3	Pontos Operação Águas	22
4.4	Parâmetros a Serem Monitorados	22
4.4.1	Parâmetros, Químicos, Físico-Químicos e Bacteriológicos	26
4.4.1.1	Pontos PMQQVAI e Tipo 2	26
4.4.1.2	Pontos Tipo 1	28
4.4.1.3	Pontos Operação Águas	28
4.4.2	Medição de Descarga Líquida	28
4.4.3	Avaliação de Macroinvertebrados Bentônicos	28
4.4.4	Avaliação do Fitoplâncton	28
4.4.5	Avaliação do Zooplâncton	29
5.0	COMUNICAÇÃO E GESTÃO DE INFORMAÇÕES	29
5.1	Documentação de Campo	29
5.2	Gestão de Informações no Laboratório	29
5.3	Comunicação dos Dados	29
6.0	RELATÓRIOS	29
7.0	EQUIPE TÉCNICA	30



8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 31

TABELAS

Tabela 1: Áreas prioritárias recomendadas e atividades de recuperação.....	3
Tabela 2: Pontos de amostragem definidos para o Programa de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções.....	14
Tabela 3: Parâmetros e frequência de amostragem para qualidade de água e sedimento.	24
Tabela 4: Medições de campo para monitoramento da qualidade da água.....	26
Tabela 5: Parâmetros para monitoramento da qualidade de água.	27
Tabela 6: Parâmetros para monitoramento da qualidade de sedimento.....	28

FIGURAS

Figura 1: Áreas Prioritárias de para Acompanhamento das Intervenções (Figura 1 de 2).....	5
Figura 2: Áreas Prioritárias de para Acompanhamento das Intervenções (Figura 2 de 2).....	6
Figura 3: Localização dos pontos de amostragem de qualidade de água e sedimento do Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções (Figura 1 de 5).....	9
Figura 4: Localização dos pontos de amostragem de qualidade de água e sedimento do Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções (Figura 2 de 5).....	10
Figura 5: Localização dos pontos de amostragem de qualidade de água e sedimento do Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções (Figura 3 de 5).....	11
Figura 6: Localização dos pontos de amostragem de qualidade de água e sedimento do Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções (Figura 4 de 5).....	12
Figura 7: Localização dos pontos de amostragem de qualidade de água e sedimento do Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções (Figura 5 de 5).....	13

ANEXOS

Nenhuma entrada de sumário foi encontrada.



1.0 INTRODUÇÃO

Este documento foi preparado pela Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. (Golder) para a Fundação Renova (Fundação), e apresenta um plano de monitoramento de qualidade de água e sedimento para acompanhamento dos efeitos das obras de intervenções que visam o controle e mitigação dos impactos resultantes do rompimento da barragem de Fundão.

O presente plano de monitoramento será conduzido de forma integrada com monitoramentos de controle de erosão e vegetação na região de estudo.

O plano visa atender aos requisitos mínimos relacionados especificamente ao monitoramento dos impactos na qualidade da água das intervenções na Área Ambiental 1¹ estabelecidos no Ofício nº 38/2016/AP-GF-ANA (parte do anexo da Deliberação do Comitê Interfederativo – CIF nº 17, de 18 de agosto de 2016), emitido em 4 de novembro de 2016 pela Câmara Técnica de Segurança Hídrica e Qualidade de Água (CT-SHQA), definidos dentro do item **VII – Plano de Monitoramento Quali-quantitativo de Vigilância para Avaliação de Impactos**. Nesse sentido, a primeira versão do plano foi protocolada em 30 de dezembro de 2016.

Do dia 16 a 20 de janeiro de 2017, foi realizada uma visita de campo com objetivo de avaliar as condições de acesso aos pontos e de segurança quando da amostragem. Um relatório de campo foi elaborado pela Golder com uma série de recomendações (e.g., realocação de pontos) e as mesmas subsidiaram algumas alterações na segunda versão do plano. Além disso, foram incorporados os pontos de amostragem solicitados na Nota Técnica nº 08 da CT-SHQA emitida em 10 de fevereiro de 2017.

O plano atual corresponde à terceira versão que, de maneira complementar, visa atender às solicitações constantes na Nota Técnica nº 10 da CT-SHQA, de 27 de março de 2017. As alterações consistem na adequação do título, na revisão dos parâmetros a serem analisados nos pontos da Operação Águas e na inclusão da CT-FLOR no recebimento de dados de qualidade desses pontos. Além disso, conforme sugestão da CT-FLOR, foram incluídos ainda outros 31 pontos de amostragem.

A seguir são descritos os conteúdos das principais seções deste documento:

Seção 2 – Requisitos e Objetivos do Estudo: Esta seção descreve os requisitos constantes na cláusula 178 do TTAC e na Deliberação CIF nº 17, assim como a finalidade do plano de monitoramento de intervenções.

Seção 3 – Áreas das Intervenções Prioritárias: Esta seção apresenta as áreas selecionadas como prioritárias para as intervenções.

Seção 4 – Plano de Amostragem de Água e Sedimento: Esta seção descreve a localização dos pontos de monitoramento, bem como apresenta as justificativas para a escolha de cada um, frequência e parâmetros a serem analisados.

Seção 5 – Comunicação e Gestão de Informações: Esta seção estabelece critérios para a apresentação de dados analíticos por parte do laboratório e da análise dos resultados e dados por parte da Fundação.

Seção 6 – Relatórios: Esta seção descreve a frequência de elaboração de documentos técnicos e como as informações poderão ser avaliadas.

O programa de monitoramento, de uma maneira geral, está centrado nas obras de engenharia fluvial concluídas e previstas ao longo do rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo, rio Doce e seus tributários.

¹ De acordo com o TTAC, a ÁREA AMBIENTAL 1 refere-se às “áreas abrangidas pela deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, considerando os respectivos trechos de seus formadores e tributários, bem como as regiões estuarinas, costeiras e marinha na porção impactada pelo EVENTO”.



2.0 REQUISITOS E OBJETIVOS DO PLANO DE MONITORAMENTO

2.1 Requisitos

O programa de monitoramento das intervenções prioritárias tem como intuito atender a cláusula 178 do TTAC e engloba os requisitos mínimos estabelecidos na Deliberação CIF nº 17. A cláusula 178 do TTAC especifica:

... a FUNDAÇÃO deverá planejar e implementar um plano de monitoramento quali-quantitativo das águas do Rio Doce e seus tributários, em função das intervenções da FUNDAÇÃO que vierem a ser realizadas para detectar, acompanhar e registrar eventuais impactos de intervenções estruturais implementadas pela FUNDAÇÃO na ÁREA AMBIENTAL 1, para atender operações de remoção ou recuperação ambiental de áreas ou trechos do Rio Doce e sua planície de inundação, tais como dragagens e remoção de resíduos e demais intervenções decorrentes deste Acordo.

Além disso, a Deliberação CIF nº 17, também contém requisitos específicos às áreas prioritárias para intervenções na calha dos rios Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce, assim como detalhado na Atualização do Plano de Recuperação Ambiental Integrado (PRAI). Assim, na Seção VII - Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo de Vigilância para Avaliação de Impactos (PMQQVAI) dessa deliberação, fica definido o número mínimo de pontos de amostragem de parâmetros de qualidade de água e sedimento, bem como as localizações e a frequência de amostragem.

2.2 Objetivos

O objetivo geral deste Plano é descrever as informações que permitam estabelecer o monitoramento da qualidade da água e do sedimento para avaliar de forma sistemática, a variabilidade temporal e espacial da qualidade da água e do sedimento nas áreas prioritárias e demais áreas situadas desde a mina da Samarco até a UHE Risoleta Neves (Barragem Candonga).

3.0 ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA INTERVENÇÃO

Com base em análises geomorfológicas realizadas pela Golder, 16 áreas de prioridade de recuperação foram definidas no trecho entre a barragem de Fundão e a barragem de Candonga. Das 16 áreas prioritárias, 13 foram consideradas na concepção do programa de monitoramento de qualidade de água e sedimento. As Áreas Prioritárias 1, 2 e 12 não foram consideradas uma vez que o reservatório do Dique S4 inunda a Área 1, o reservatório do Dique S3 inunda a Área 2 e a Área 12 se localiza a montante do Dique S3. As demais 13 áreas estão listadas na **Tabela 1**, e apresentadas na **Figura 1** e **Figura 2**. As atividades de recuperação em andamento ou previstas também foram incluídas na **Tabela 1**.



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



Tabela 1: Áreas prioritárias recomendadas e atividades de recuperação.

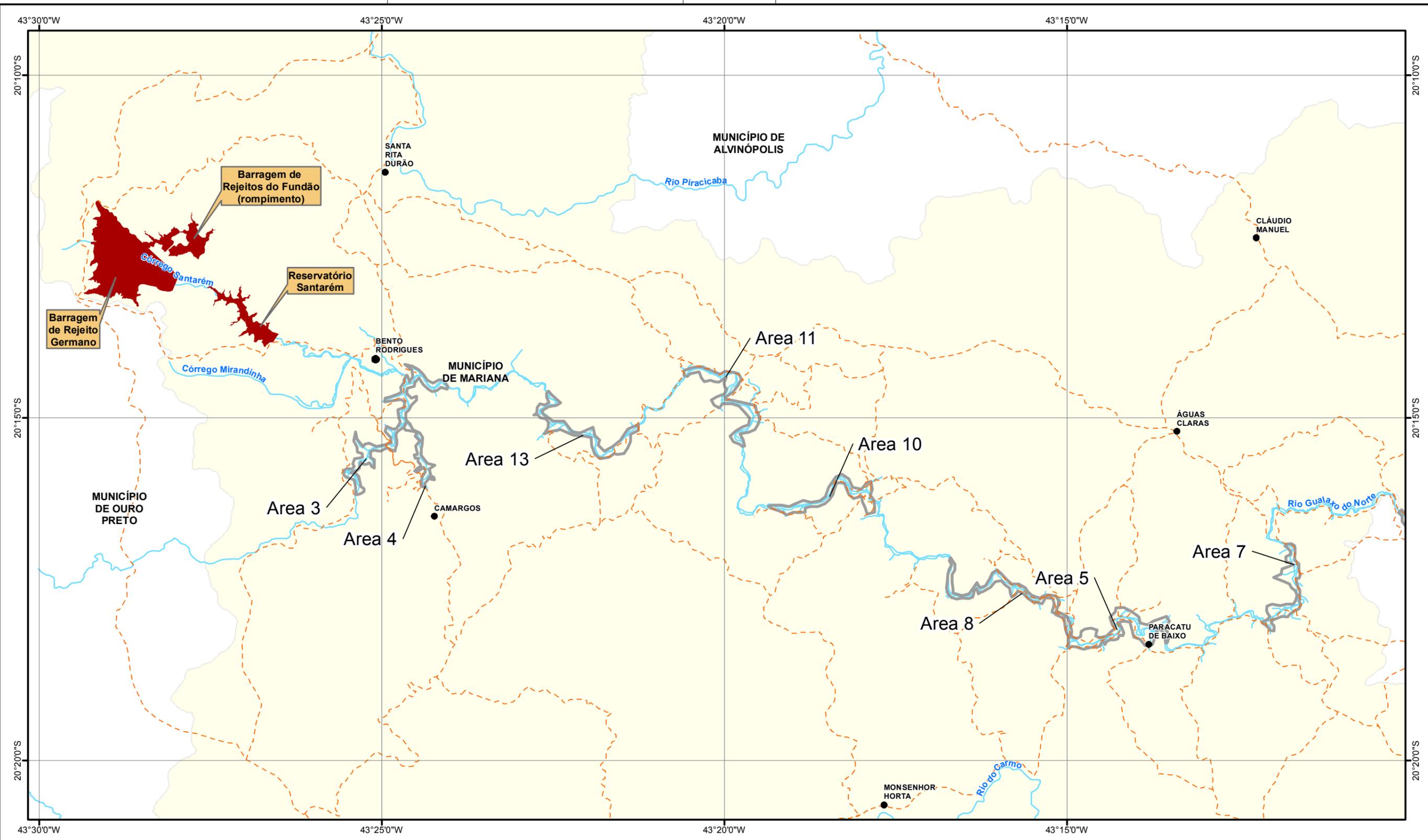
Prioridade número	Áreas Prioritárias	Atividades de Recuperação em Andamento
3	Canal e planície de inundação do alto Rio Gualaxo do Norte	<ul style="list-style-type: none">■ Estabilização e proteção das margens do alto Rio Gualaxo do Norte;■ Estabilizar a extremidade da área de impacto do fluxo de detritos a montante e ligar o canal ao canal não afetado a montante;■ Reconfigurar o contorno da planície de inundação, instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal, e revegetar a planície de inundação do Alto Rio Gualaxo do Norte;■ Restabelecer tributários, revestir ou dessaorear os canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
4	Canal e planície de inundação do Rio Camargo	
8	Planície de inundação BFS-10 do Rio Gualaxo do Norte	<ul style="list-style-type: none">■ Reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação e as paredes de vales;
9	Planície de inundação BFS-26 do Rio Gualaxo do Norte	<ul style="list-style-type: none">■ Revestir as margens em todos os trechos expostos e impactados;■ Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
10	Planície de inundação BFS-08 do Rio Gualaxo do Norte	
11	Planície de inundação NR-06 do Rio Gualaxo do Norte	
5	Planície de inundação BFL-11 do Rio Gualaxo do Norte	<ul style="list-style-type: none">■ Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação;
6	Planície de inundação BFL-27 do Rio Gualaxo do Norte	<ul style="list-style-type: none">■ Instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal;■ Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;
7	Planície de inundação BFL-17 do Rio Gualaxo do Norte	<ul style="list-style-type: none">■ Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.



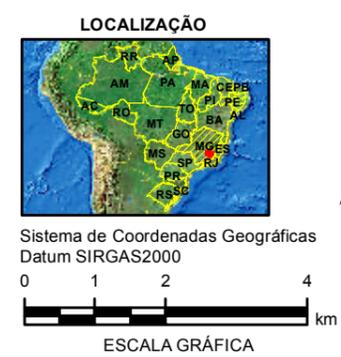
PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



Prioridade número	Áreas Prioritárias	Atividades de Recuperação em Andamento
13	Planícies de inundação NR-04 e CF-05 do Rio Gualaxo do Norte	<ul style="list-style-type: none">Retirar os rejeitos do rio e revegetar a planície de inundação e as paredes de vales;Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;Restabelecer tributários e revestir canais de tributários em áreas impactadas pelos rejeitos, onde necessário.
14	Planície de inundação a montante do Rio Carmo	<ul style="list-style-type: none">Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação;Instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal;Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos;Estabilizar a extremidade de impacto do fluxo de detritos a montante, onde necessário.
15	Planície de inundação BFS-BFL-33 do Rio Carmo	<ul style="list-style-type: none">Retirar os rejeitos do rio, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação;Instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal;Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
16	Reservatório de Candonga	<ul style="list-style-type: none">Gerenciar o armazenamento de rejeitos e criar áreas de armazenagem adicionais, onde viável, para sedimentos trazidos de áreas a montante.



- LEGENDA**
- Distritos
 - - - Estradas de Acesso
 - Curso D'Água
 - Corpo D'Água
 - Barragens
 - Áreas prioritárias

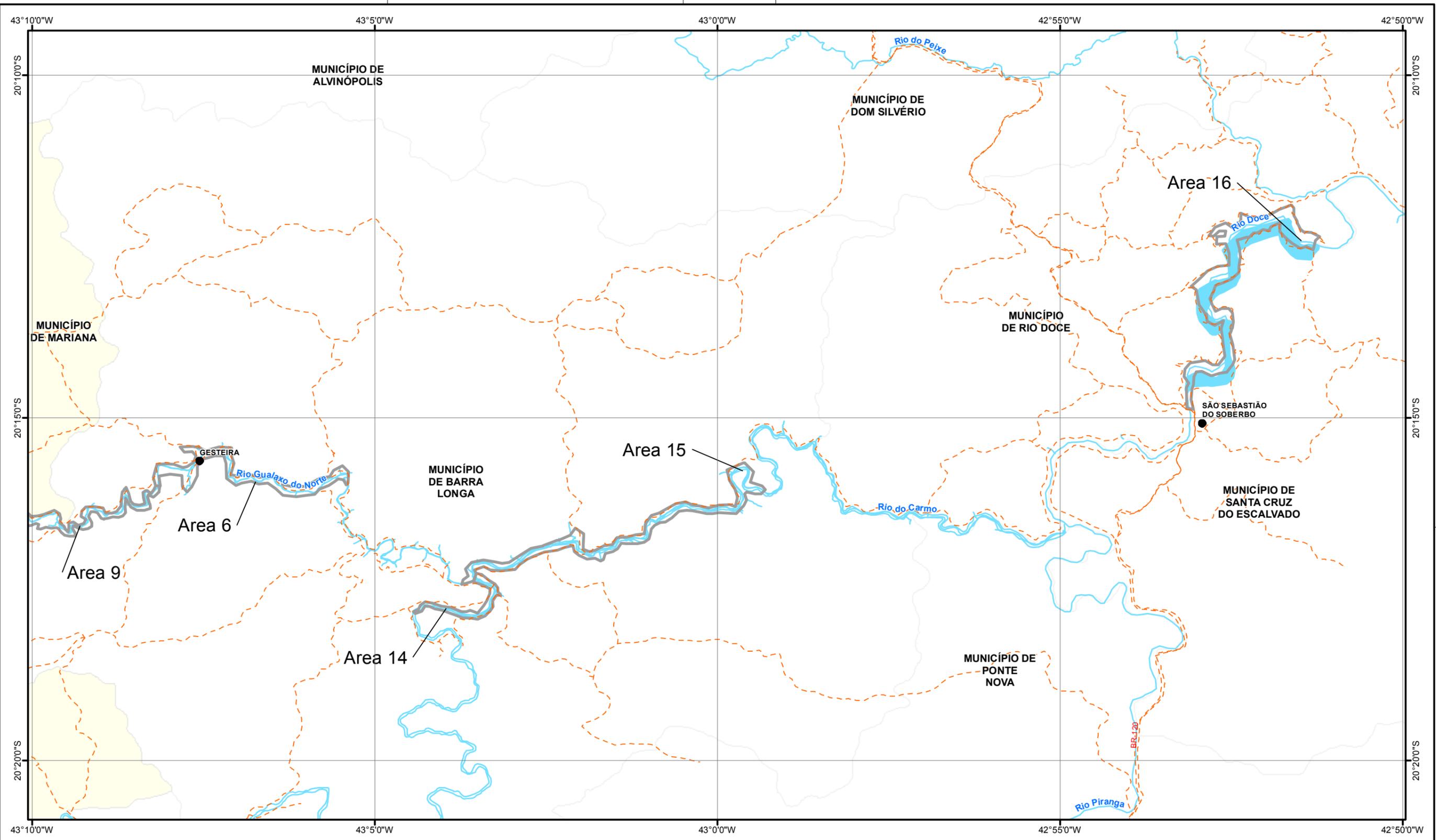


PROJETO:
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO: RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

TÍTULO:
ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA ACOMPANHAMENTO DAS INTERVENÇÕES (FIGURA 1 DE 2)

PROJETO: 169-515-2282		ESCALA: 1:100.000
GIS	FPS	dez/2016
REV	HD	00

Figura 1



- LEGENDA**
- Estradas de Acesso
 - Curso D'Água
 - Corpo D'Água
 - Áreas prioritárias



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000

ESCALA GRÁFICA



PROJETO: ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO: RECUPERAÇÃO AMBIENTAL			
TÍTULO: ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA ACOMPANHAMENTO DAS INTERVENÇÕES (FIGURA 2 DE 2)			
PROJETO: 169-515-2282		ESCALA: 1:100.000	
GIS	FPS	dez/2016	Figura 2
REV	HD	00	





4.0 PLANO DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA E SEDIMENTO

4.1 Contextualização

O monitoramento da qualidade da água nos tributários, em uma escala mais abrangente, iniciou-se após o rompimento da barragem de Fundão, no dia 06 de novembro de 2015, em alguns pontos de amostragem situados no rio do Carmo e no rio Doce (e.g., em Barra Longa e na cidade de rio Doce). Essa informação já coletada pode fornecer uma ideia do potencial efeito do conjunto de atividades e obras implementadas para controlar os impactos na qualidade da água. Em julho de 2016, a Fundação iniciou um monitoramento focado em 10 tributários selecionados, com o intuito de avaliar as condições de turbidez em pontos de amostragem específicos. Este monitoramento ocorre em 2 pontos distintos em cada um dos tributários, um no trecho a montante e outro no trecho a jusante das intervenções.

O programa de monitoramento proposto foi desenvolvido de forma a reunir informações adicionais à atualmente coletada visando o atendimento aos requisitos da Cláusula 178 e aos requisitos mínimos estabelecidos na Deliberação CIF nº 17, assim como dar suporte aos demais estudos (i.e., vegetação e controle de erosão).

Nesse contexto, o monitoramento de qualidade de água e sedimento visa avaliar a eficácia das obras de intervenções a partir de resultados de amostras coletadas a montante, a jusante e no trecho da intervenção, principalmente. Demais pontos de amostragem foram proposto de forma complementar àqueles estabelecidos como requisitos mínimos, e estão detalhados a seguir.

4.2 Localização dos Pontos de Amostragem

A definição da localização dos pontos de amostragem baseou-se, principalmente, nas recomendações mínimas constantes na Deliberação CIF nº 17, na seção “VII - Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo de Vigilância para Avaliação de Impactos” (PMQQVAI). Além disso, pontos de amostragem complementares foram definidos de forma a fornecerem dados e informações suficientes para a avaliação integrada das intervenções, ou seja, em suporte aos componentes do monitoramento de vegetação, controle de erosão e também como informações adicionais para avaliação da qualidade de água.

De forma geral, foram definidos quatro tipos de pontos de amostragem, sendo que cada um possui uma justificativa para sua inclusão no plano. Os quatro tipos definidos estão descritos a seguir:

- Pontos PMQQVAI: incluídos por estarem definidos como requisitos mínimos na Deliberação CIF nº 17;
- Pontos Tipo 1 – T1: definidos para determinação da carga de sólidos suspensos totais (SST), a partir do monitoramento de vazão e concentração de SST, em áreas não afetadas e afetadas;
- Pontos Tipo 2 – T2: definidos de forma a adicionarem informação a montante e a jusante de cada Área Prioritária, de forma complementar aos pontos PMQQVAI;
- Pontos Operação Águas: 114 constantes na Nota Técnica nº 08 da CT-SHQA e 31 definidos posteriormente por representantes da CT-FLOR.

Na **Figura 3** até a **Figura 7** estão apresentadas as localizações dos pontos de amostragem.

A nomenclatura para definição dos códigos dos pontos de amostragem definidos para avaliação das intervenções nos tributários e rios principais foi proposto de maneira a possibilitar a indicação do nome ou tipo de curso d'água, a saber.

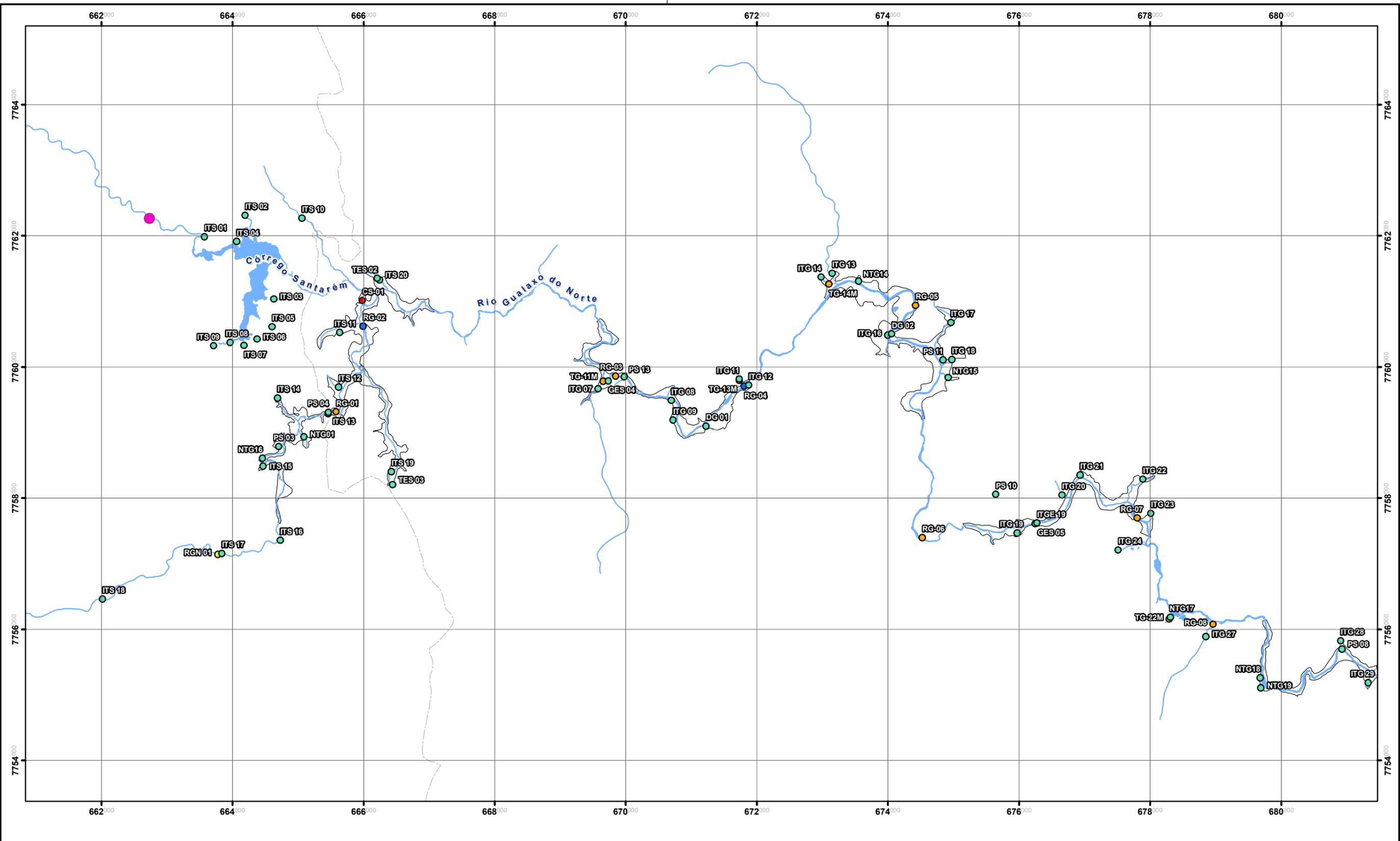
- Para aqueles pontos coincidentes com os pontos definidos no Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático (PMQQS), também apresentados também na Deliberação CIF nº 17, optou-se por utilizar a nomenclatura proposta no PMQQS (e.g., RGN 01 e RCA 01);
- Para aqueles pontos definidos na Nota Técnica nº 08 da CT-SHQA, optou-se por manter a nomenclatura igual àquelas utilizadas pela CT-FLOR, tendo em vista que são pontos existentes;



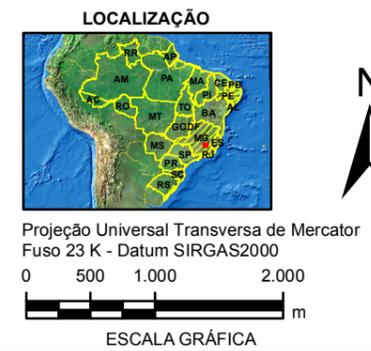
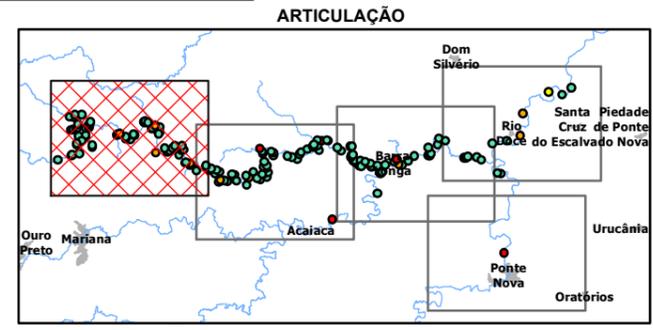
- Para os demais pontos, aqueles situados no rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo, rio Doce, rio Piranga e córrego Santarém foram nomeados como “RG”, “RC”, “RD”, “RP” e “CS”, respectivamente. Aqueles pontos localizados em tributários do rio Gualaxo do Norte e rio do Carmo foram nomeados como “TG” e “TC”;
- Tais siglas serão seguidas por um número provindo de uma sequência numérica (crescente) aplicada a partir do ponto mais a montante na bacia até o ponto mais a jusante. Ressalta-se que a sequência numérica foi interrompida quando da mudança de curso de água e reiniciada em um.

A **Tabela 2** apresenta informações mais detalhadas com relação à localização dos pontos, frequência e parâmetros a serem medidos. Quando da localização exata dos pontos em campo, alguns critérios foram levados em consideração, a saber:

- Permitir um acesso seguro em todo o intervalo de vazões do curso d’água;
- Estar localizado em um trecho onde a seção do curso d’água apresenta-se na forma de um canal único bem definido, com profundidade razoavelmente uniforme e com linhas de fluxo paralelas ao longo da largura do canal;
- Conter margens estáveis, sem erosão e, preferencialmente, com controles naturais (afloramento rochoso) para medidas adequadas de vazão;
- Não conter vegetação que possa interferir na vazão;
- Sem efeito de remanso.



- LEGENDA**
- Ponto PMQQVAI
 - Ponto PMQQVAI e Tipo 1
 - Ponto Tipo 1
 - Ponto Tipo 2
 - Pontos Operação Augias
 - UHE em operação
 - Barragem de Santarem
 - Via rodoviária
 - Drenagem
 - Lagos, lagoas
 - Áreas prioritárias
 - Mancha urbana



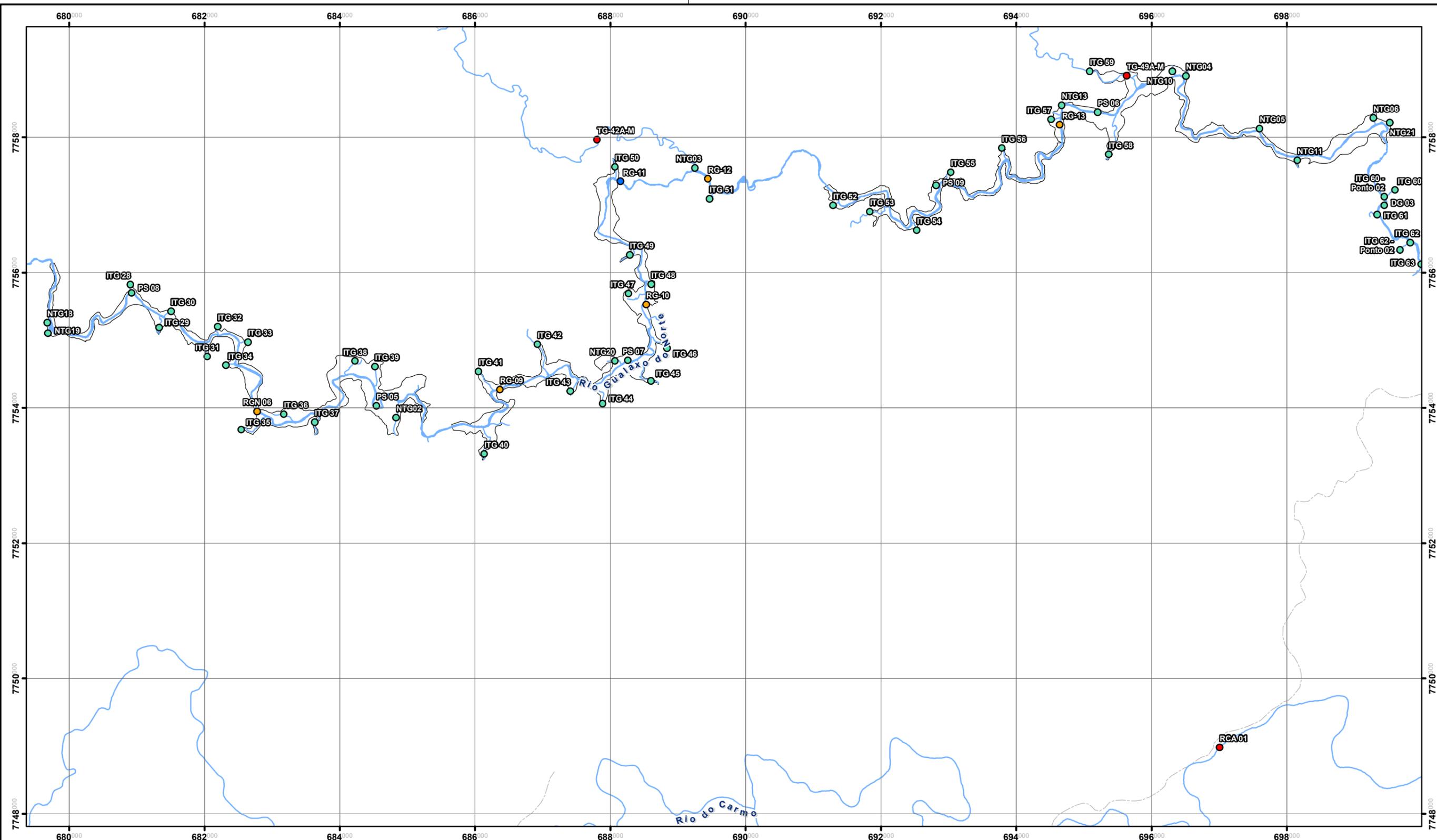
PROJETO:
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

TÍTULO:
LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO DO PLANO DE MONITORAMENTO PARA ACOMPANHAMENTO DAS INTERVENÇÕES

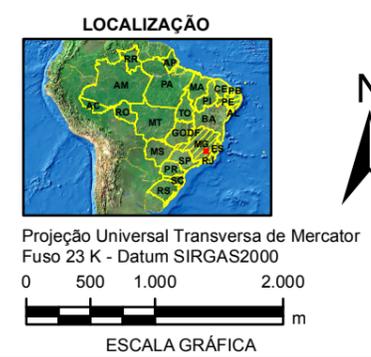
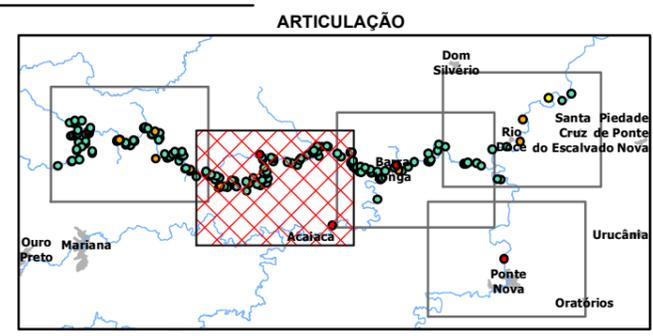
Nº PROJETO: 159-515-2282 ESCALA: 1:55.000

GIS	FPS	abr/2017
REV	HD	03

Figura 1 de 5



- LEGENDA**
- Ponto PMQQVAI
 - Ponto PMQQVAI e Tipo 1
 - Ponto Tipo 1
 - Ponto Tipo 2
 - Pontos Operação Augias
 - UHE em operação
 - Via rodoviária
 - ~ Drenagem
 - Lagos, lagoas
 - Áreas prioritárias
 - Mancha urbana



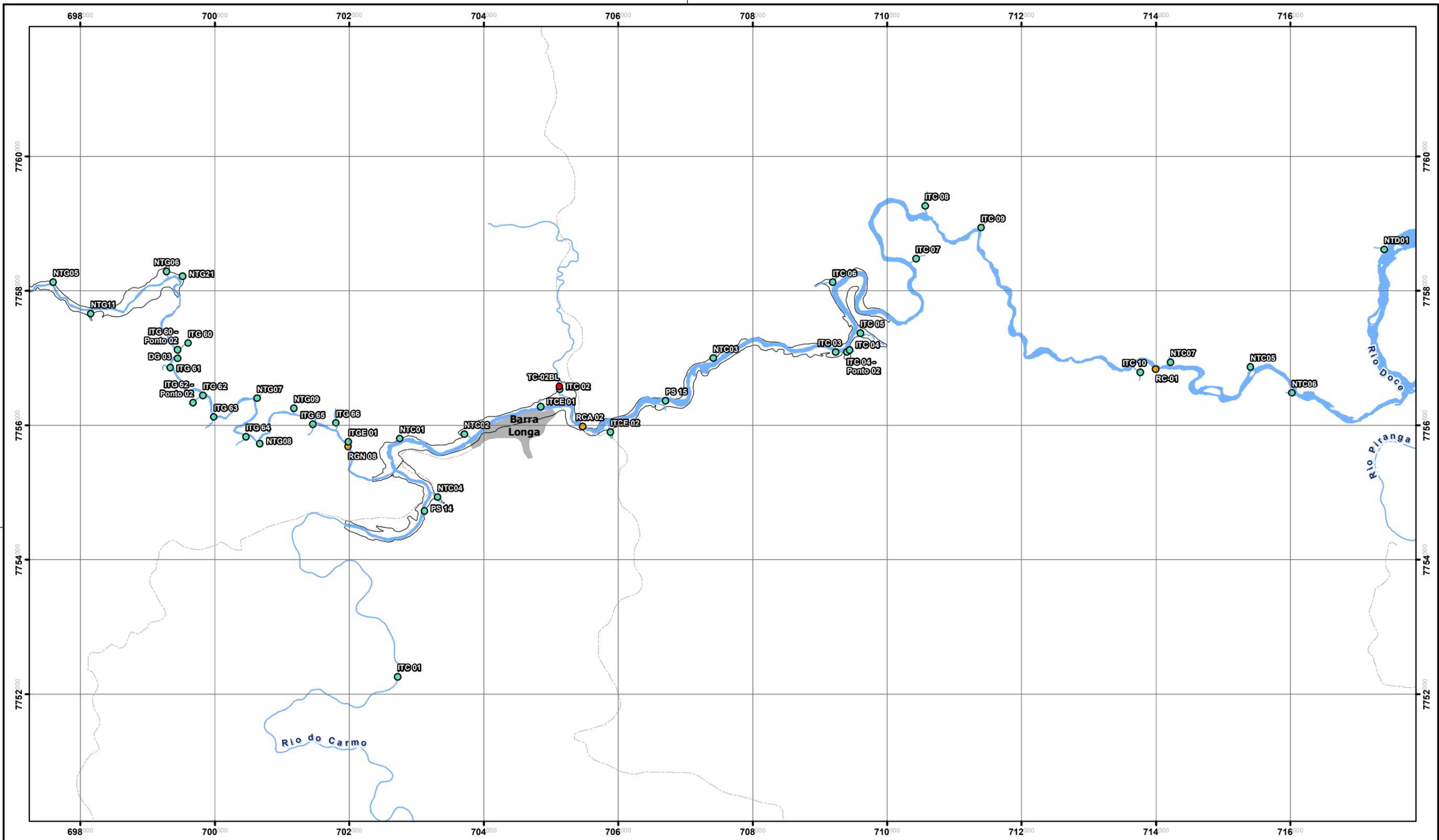
PROJETO:
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

TÍTULO:
LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO DO PLANO DE MONITORAMENTO PARA ACOMPANHAMENTO DAS INTERVENÇÕES

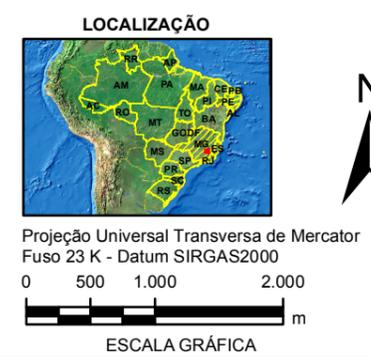
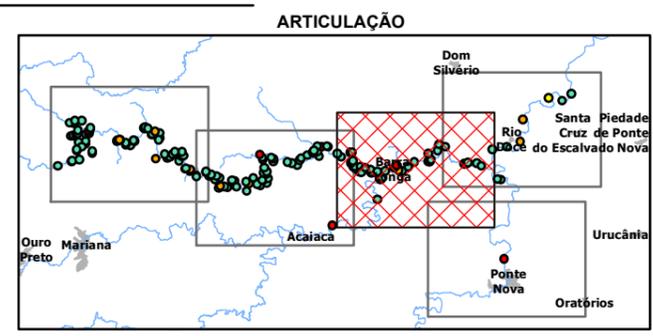
Nº PROJETO: 159-515-2282		ESCALA: 1:55.000
GIS	FPS	abr/2017
REV	HD	03

Figura 2 de 5

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_fisico\monitoramento_agua\AnexoD_PMQQS\plano_interv_qual_rev2_A3.mxd



- LEGENDA**
- Ponto PMQQVAI
 - Ponto PMQQVAI e Tipo 1
 - Ponto Tipo 1
 - Ponto Tipo 2
 - Pontos Operação Augias
 - UHE em operação
 - Via rodoviária
 - ~ Drenagem
 - ~ Lagos, lagoas
 - Áreas prioritárias
 - Mancha urbana

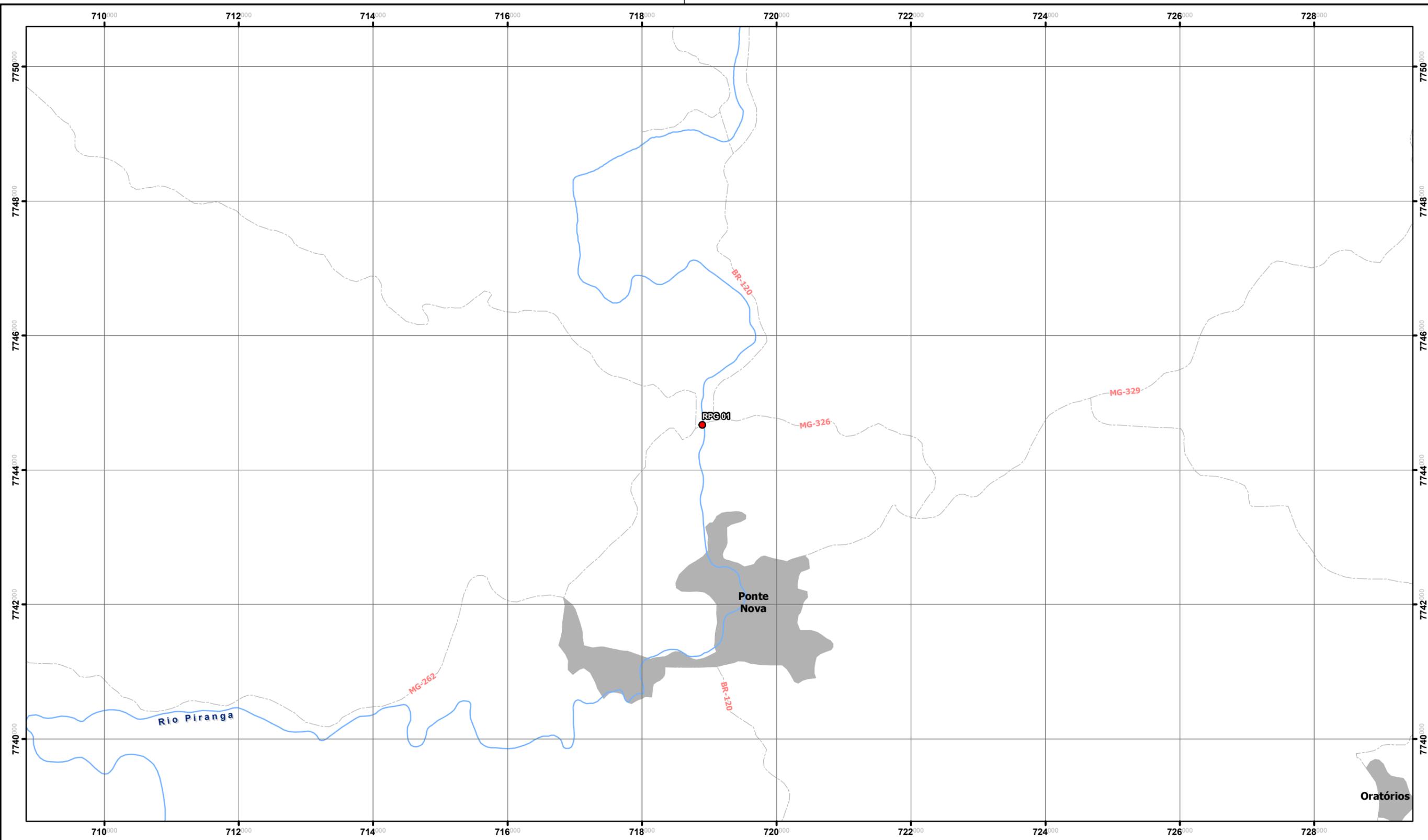


PROJETO:
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

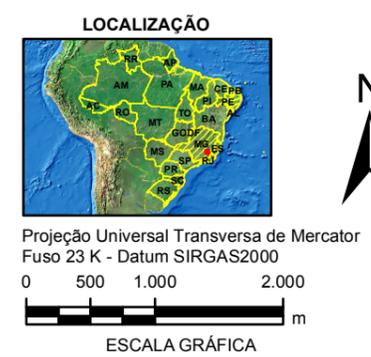
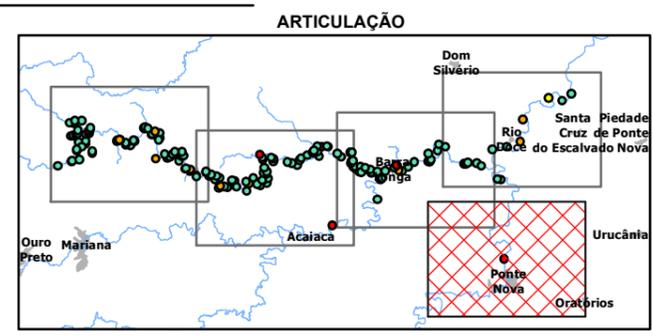
TÍTULO:
LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO DO PLANO DE MONITORAMENTO PARA ACOMPANHAMENTO DAS INTERVENÇÕES

Nº PROJETO: 159-515-2282		ESCALA: 1:55.000
GIS	FPS	abr/2017
REV	HD	03

Figura 3 de 5



- LEGENDA**
- Ponto PMQQVAI
 - Ponto PMQQVAI e Tipo 1
 - Ponto Tipo 1
 - Ponto Tipo 2
 - Pontos Operação Augias
 - UHE em operação
 - Via rodoviária
 - Drenagem
 - Áreas prioritárias
 - Mancha urbana

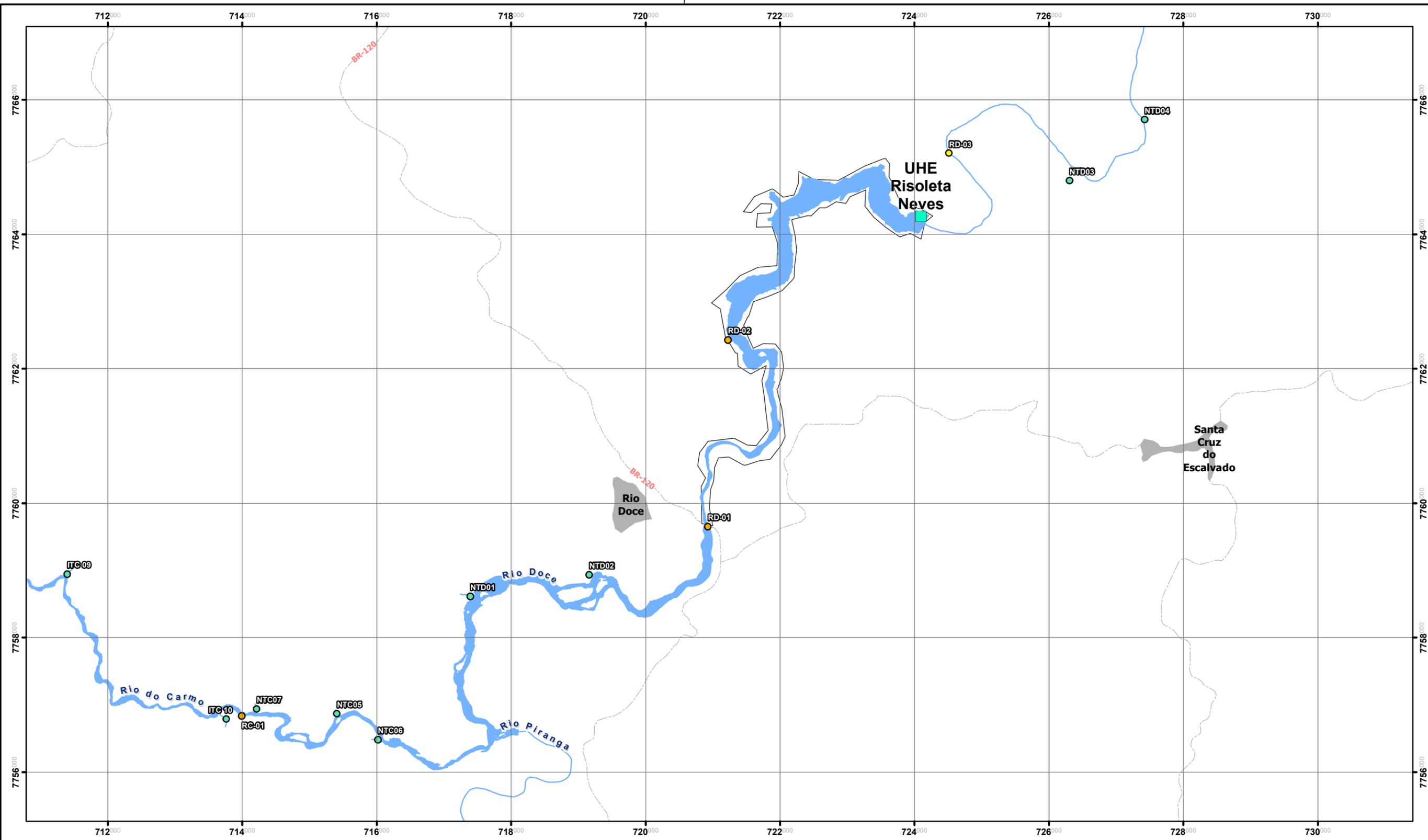


PROJETO:
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

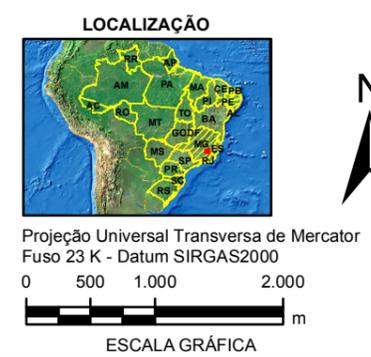
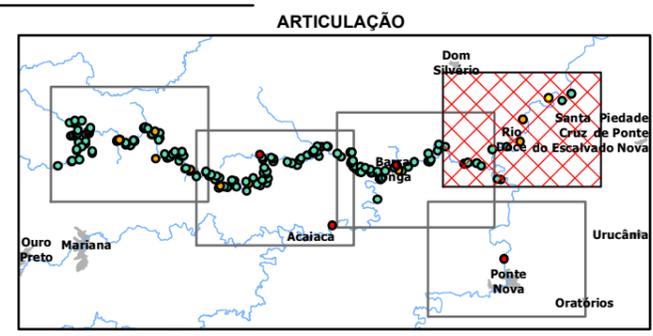
TÍTULO:
LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO DO PLANO DE MONITORAMENTO PARA ACOMPANHAMENTO DAS INTERVENÇÕES

Nº PROJETO: 159-515-2282		ESCALA: 1:55.000
GIS	FPS	abr/2017
REV	HD	03

Figura 4 de 5



- LEGENDA**
- Ponto PMQQVAI
 - Ponto PMQQVAI e Tipo 1
 - Ponto Tipo 1
 - Ponto Tipo 2
 - Pontos Operação Augias
 - UHE em operação
 - Via rodoviária
 - ~ Drenagem
 - Lagos, lagoas
 - Áreas prioritárias
 - Mancha urbana



PROJETO:
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

TÍTULO:
LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO DO PLANO DE MONITORAMENTO PARA ACOMPANHAMENTO DAS INTERVENÇÕES

Nº PROJETO: 159-515-2282		ESCALA: 1:55.000
GIS	FPS	abr/2017
REV	HD	03

Figura 5 de 5





Tabela 2: Pontos de amostragem definidos para o Programa de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções.

Curso d'água	Código	Descrição do Ponto de Amostragem ⁽¹⁾	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM ⁽²⁾		Tipo de Ponto
			Latitude	Longitude	Leste	Norte	
Tributário	ITS 01	Primeiro tributário após a barragem de Santarém	-20,2328	-43,4341	663574,77	7761983,54	Ponto Operação Águas
	ITS 02	Córrego do Fraga, a montante do reservatório do Dique S3	-20,2298	-43,4282	664194,36	7762309,78	Ponto Operação Águas
	ITS 03	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	-20,2413	-43,4239	664631,52	7761032,52	Ponto Operação Águas
	ITS 04	Afluente do córrego Santarém	-20,2334	-43,4294	664065,2	7761912,47	Ponto Operação Águas
	ITS 05	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	-20,2451	-43,4241	664606,62	7760612,08	Ponto Operação Águas
	ITS 06	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	-20,2468	-43,4263	664374,99	7760426,08	Ponto Operação Águas
	ITS 07	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	-20,2477	-43,4282	664175,55	7760328,34	Ponto Operação Águas
	ITS 08	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	-20,2473	-43,4302	663967,03	7760374,61	Ponto Operação Águas
	ITS 09	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	-20,2478	-43,4326	663715,77	7760321,63	Ponto Operação Águas
	ITS 10	No córrego Ouro Fino, tributário do rio Gualaxo do Norte	-20,2301	-43,4199	665061,25	7762268,32	Ponto Operação Águas
Córrego Santarém	CS-01	A montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte. Objetivo de monitorar a carga de sedimento natural proveniente da bacia do Córrego Santarém.	-20,2414	-43,4109	665986	7761012	Ponto Tipo 1
Rio Gualaxo do Norte	ITS 18	No rio Gualaxo do Norte em área de preservação permanente não afetada	-20,2828	-43,4485	662018,35	7756462,98	Ponto Operação Águas
	ITS 17 ⁽³⁾		-20,2764	-43,4311	663842,45	7757154,27	Ponto Operação Águas
	RGN 01 ⁽³⁾	A montante da Área Prioritária 3. Coincidente com ponto RGN01 (antigo MG 01) do PMQQS.	-20,2765	-43,4317	663779,25	7757143,14	Ponto PMQQVAI e Tipo 1
Tributário	ITS 16	Em tributário do rio Gualaxo do Norte em área com deposição de rejeitos. Ponto ITS 15 no tributário TG01A. (**)	-20,2745	-43,4226	664732,3	7757356,14	Ponto Operação Águas
	ITS 15		-20,2643	-43,4252	664471,47	7758487,82	Ponto Operação Águas
	NTG16	No tributário TG01B da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2632	-43,4253	664462,19	7758609,69	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 03	No rio Gualaxo do Norte trecho conhecido como "área intermediária" dentro de área em área prioritária para recuperação (**)	-20,2616	-43,423	664705,39	7758785,33	Ponto Operação Águas
Tributário	NTG01	No tributário TG01 da margem direita do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2602	-43,4193	665092,12	7758935,80	Ponto Operação Águas
	ITS 14	Corresponde à área totalmente reconformada no TG02, com açude a montante	-20,2549	-43,4232	664690,31	7759526,37	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	ITS 13	No rio Gualaxo do Norte em área de deposição de rejeitos próximo a ponte destruída em Camargos e Bento Rodrigues (**)	-20,257	-43,4158	665461,13	7759286,53	Ponto Operação Águas
Tributário	PS 04 ⁽⁴⁾	Localizado aproximadamente 400 m a jusante do ponto ITS 19	-20,2568	-43,4157	665468,02	7759307,27	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-01	Dentro da área 3 e a jusante da foz do TG02 e montante da foz do TG03.	-20,2567	-43,4146	665584	7759314	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITS 12	No tributário TG03 na confluência com o rio Gualaxo do Norte	-20,2533	-43,4143	665621,76	7759694,6	Ponto Operação Águas
	TES 03	No tributário TG04 da margem direita do rio Gualaxo do Norte	-20,2667	-43,4063	666443,21	7758203,24	Ponto Operação Águas
	ITS 19		-20,2649	-43,4065	666424,24	7758402,7	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-02	Imediatamente a jusante da foz do TG05 e a montante da confluência com o córrego Santarém.	-20,2449	-43,4108	665995	7760619	Ponto Tipo 2
Tributário	ITS 11	No tributário TG05	-20,2458	-43,4142	665640,16	7760524,71	Ponto Operação Águas
	TES 02	No tributário TG06, antigo sistema de captação de água da Samarco	-20,2383	-43,4088	666212,29	7761349,52	Ponto Operação Águas
	ITS 20		-20,2385	-43,4085	666243,42	7761327,08	Ponto Operação Águas
	ITG 07	Corresponde ao córrego Capitão, tributário TG11 do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2532	-43,3764	669581,21	7759667,27	Ponto Operação Águas



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



Curso d'água	Código	Descrição do Ponto de Amostragem ⁽¹⁾	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM ⁽²⁾		Tipo de Ponto
			Latitude	Longitude	Leste	Norte	
	TG-11M	Dentro da Área 13 e no tributário TG11, a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte.	-20,2522	-43,3757	669660	7759782	Ponto PMQQVAI
Rio Gualaxo do Norte	GES 04	No rio Gualaxo do Norte, recebendo a contribuição do córrego Capitão	-20,2521	-43,3749	669739,11	7759787,5	Ponto Operação Águas
	RG-03	Entre a Área 3 e 13. Próximo à foz do TG09 e corresponde a dois pontos definidos pela CIF (Ponto Jusante Trecho 3 e Ponto Montante Trecho 13).	-20,2514	-43,3738	669851	7759860	Ponto PMQQVAI
	PS 13	Planície de inundação na margem direita e de talude marginal na margem esquerda	-20,2515	-43,3726	669980,05	7759851,56	Ponto Operação Águas
	ITG 08	Calha do rio Gualaxo do Norte em área de planície de inundação	-20,2547	-43,3657	670697,39	7759490,22	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 09	No córrego Olaria, ou TG12A, confluência com o rio Gualaxo do Norte	-20,2574	-43,3654	670725,78	7759191,03	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	DG 01	Local indicado para instalação do Dique do Gualaxo 01	-20,2582	-43,3606	671226,34	7759097,51	Ponto Operação Águas
	RG-04	Próximo à foz do TG13, a jusante da Área 13 e a montante da Área 11.	-20,2526	-43,3551	671811	7759708	Ponto Tipo 2
Tributário	ITG 11	No TG13, primeiro tributário a jusante da PCH Bicas	-20,2517	-43,3558	671734,93	7759812,07	Ponto Operação Águas
	TG-13M	Dentro da Área 13 e no tributário TG13, a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte.	-20,2518	-43,3558	671736	7759797	Ponto PMQQVAI
Rio Gualaxo do Norte	ITG 12	Drenagem encaixada localizada à jusante da PCH Bicas	-20,2525	-43,3544	671880,31	7759722,06	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 14	No tributário TG14A a montante do rio Gualaxo do Norte	-20,2375	-43,344	672983,42	7761371,69	Ponto Operação Águas
	TG-14M	Dentro da Área 11 e no tributário TG14, a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte.	-20,2385	-43,3429	673100	7761261	Ponto PMQQVAI
	ITG 13	No tributário TG14 a montante do rio Gualaxo do Norte	-20,237	-43,3424	673151,14	7761425,37	Ponto Operação Águas
	NTG14	No tributário TG14B da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,238	-43,3385	673557,5081	7761310,588	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-05	Dentro da Área 11 e a montante da foz do tributário TG15.	-20,2413	-43,3302	674423	7760938	Ponto PMQQVAI
	DG 02	Local indicado para instalação do Dique do Gualaxo 02	-20,2453	-43,3336	674058,24	7760501,8	Ponto Operação Águas
	ITG 16	No rio Gualaxo do Norte a montante da foz do tributário TG15	-20,2454	-43,3342	673998,53	7760486,9	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 17	A montante das obras realizadas no tributário TG16	-20,2436	-43,325	674961,73	7760676,46	Ponto Operação Águas
	ITG 18	Tributário TG17 da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2487	-43,3248	674976,91	7760111,68	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 11	Após a foz do TG16 no rio Gualaxo do Norte	-20,2488	-43,3261	674841,02	7760105,31	Ponto Operação Águas
Tributário	NTG15	No tributário TG14B da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2512	-43,3253	674921,87	7759835,46	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-06	A montante da Área 10, jusante da Área 11 e corresponde a dois pontos definidos pela CIF (Ponto Jusante Trecho 11 e Ponto Montante Trecho 10).	-20,2733	-43,3289	674524	7757396	Ponto PMQQVAI
Tributário	PS 10 ⁽⁵⁾	Sem descrição (**)	-20,2672	-43,3182	675645,62	7758056,75	Ponto Operação Águas
	ITG 19	No tributário TG17A (**)	-20,2725	-43,315	675973,92	7757466,63	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	GES 05	Localizado nas margens do Rio Gualaxo do Norte	-20,2712	-43,3124	676246,98	7757607,77	Ponto Operação Águas
	ITGE 19	No rio Gualaxo do Norte a jusante da foz do TG17A (**)	-20,2711	-43,3121	676278,43	7757618,52	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 20	Tributário não mapeado afluente ao rio Gualaxo do Norte a montante da foz do TG17B (**)	-20,2672	-43,3085	676658,91	7758046,41	Ponto Operação Águas
	ITG 21	Tributário TG17B do rio Gualaxo do Norte na região da ponte do Gama	-20,2644	-43,3059	676933,68	7758353,59	Ponto Operação Águas
	ITG 22	No tributário TG18 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2649	-43,2967	677894,19	7758288,37	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-07	Dentro da Área 10 e imediatamente a jusante da foz do TG18.	-20,2703	-43,2975	677804	7757694	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITG 23	Tributário TG19 da margem esquerda do rio Gualaxo nas proximidades da ponte do Gama	-20,2696	-43,2955	678014,18	7757766,78	Ponto Operação Águas



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



Curso d'água	Código	Descrição do Ponto de Amostragem ⁽¹⁾	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM ⁽²⁾		Tipo de Ponto
			Latitude	Longitude	Leste	Norte	
	ITG 24	No tributário TG20 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2747	-43,3002	677517,41	7757207,26	Ponto Operação Águas
	TG-22M	No tributário TG21 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte.	-20,2842	-43,2927	678295	7756153	Ponto PMQQVAI
	NTG17 ⁽⁶⁾		-20,2839	-43,2925	678311,21	7756180,52	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-08	Próximo à foz do tributário TG22. A montante da Área 8.	-20,2848	-43,2863	678963	7756076	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITG 27	No tributário TG22 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2865	-43,2873	678851,38	7755887,08	Ponto Operação Águas
	NTG18	No tributário TG21A da margem direita do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2921	-43,2793	679680,52	7755258,46	Ponto Operação Águas
	NTG19	No tributário TG21B da margem direita do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2935	-43,2792	679689,35	7755103,37	Ponto Operação Águas
	ITG 28	No tributário TG23 da margem esquerda do Gualaxo do Norte	-20,2869	-43,2676	680908,59	7755821,34	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 08	No rio Gualaxo do Norte próximo à foz do TG23 (**)	-20,288	-43,2674	680928,21	7755699,35	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 29	No tributário TG24 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2926	-43,2635	681330,21	7755185,84	Ponto Operação Águas
	ITG 30	No tributário TG24A a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2904	-43,2618	681510,33	7755427,52	Ponto Operação Águas
	ITG 31	No tributário TG25 da margem esquerda do Gualaxo do Norte	-20,2964	-43,2566	682046,46	7754757,58	Ponto Operação Águas
	ITG 32	No tributário TG26 da margem esquerda do Gualaxo do Norte	-20,2924	-43,2552	682197,36	7755198,85	Ponto Operação Águas
	ITG 33	No tributário TG27 da margem esquerda do Gualaxo do Norte	-20,2944	-43,2509	682644,14	7754972,69	Ponto Operação Águas
	ITG 34	No tributário TG28 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2975	-43,254	682316,73	7754632,94	Ponto Operação Águas
	ITG 35	No tributário TG29 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,3061	-43,2517	682546,86	7753678,35	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RGN 06	Trecho mais a montante da Área 5 e a jusante da Área 8. A montante da foz do TG29. Coincidente com o ponto RGN 06 (antigo MG 02) do PMQQS.	-20,3037	-43,2495	682779,51	7753947,13	Ponto PMQQVAI
	ITG 36	No rio Gualaxo do Norte em área de deposição de sedimentos/rejeitos	-20,304	-43,2457	683175,97	7753904,17	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 37	No tributário TG30 da margem direita do Gualaxo do Norte	-20,305	-43,2413	683634,33	7753788,58	Ponto Operação Águas
	ITG 38	No tributário TG30A a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2968	-43,2357	684228,89	7754690,11	Ponto Operação Águas
	ITG 39	No tributário TG30B da margem esquerda do Gualaxo do Norte	-20,2975	-43,2329	684520,51	7754609,49	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 05	No rio Gualaxo do Norte em área prioritária para recuperação	-20,3027	-43,2326	684546,68	7754029,06	Ponto Operação Águas
Tributário	NTG02	No tributário TG31 da margem direita do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,3043	-43,2298	684836,22	7753853,23	Ponto Operação Águas
	ITG 40	No tributário TG32	-20,309	-43,2173	686136,11	7753318,87	Ponto Operação Águas
	ITG 41	No tributário TG33 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,298	-43,2182	686055,26	7754537,64	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-09	Trecho mais a montante da Área 7 e imediatamente a jusante da foz do TG33. Corresponde a dois pontos definidos pela CIF (Ponto Jusante Trecho 5 e Ponto Montante Trecho 7).	-20,3004	-43,2151	686372	7754269	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITG 42	No tributário TG34 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2943	-43,2099	686926,6	7754937,87	Ponto Operação Águas
	ITG 43	No tributário TG35 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,3005	-43,2052	687410,05	7754246,17	Ponto Operação Águas
	ITG 44	No tributário TG36 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,3021	-43,2006	687888,57	7754063,81	Ponto Operação Águas
	NTG20	No tributário TG37 da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2964	-43,1989	688073,00	7754692,90	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 07	No rio Gualaxo do Norte a jusante da foz do TG37 (**)	-20,2963	-43,1971	688261,13	7754701,91	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 45	No tributário TG38 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,299	-43,1938	688602,54	7754399,24	Ponto Operação Águas



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



Curso d'água	Código	Descrição do Ponto de Amostragem ⁽¹⁾	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM ⁽²⁾		Tipo de Ponto
			Latitude	Longitude	Leste	Norte	
Rio Gualaxo do Norte	ITG 46	No tributário TG39 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2946	-43,1916	688837,65	7754883,83	Ponto Operação Águas
	RG-10	Na Área 7, a jusante da foz do TG39 e montante da foz do tributário TG40.	-20,2888	-43,1946	688533	7755526	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITG 47	No tributário TG40 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2874	-43,1971	688271,89	7755687,19	Ponto Operação Águas
	ITG 48	No tributário TG40A a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2861	-43,1939	688607,71	7755827,46	Ponto Operação Águas
	ITG 49	No tributário TG41 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2822	-43,197	688288,61	7756262,75	Ponto Operação Águas
	TG-42A-M	No tributário TG42A a montante do rio Gualaxo do Norte, fora da Área 7. Sua bacia superior é, em sua maior parte, área de floresta, enquanto a bacia inferior consiste principalmente de campos.	-20,2669	-43,2018	687804	7757967	Ponto Tipo 1
	ITG 50	No tributário TG42 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2705	-43,1992	688072,92	7757560,51	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-11	Trecho mais a jusante da Área 7. Situado a montante da foz do TG42A e logo a imediatamente a jusante do TG42.	-20,2724	-43,1984	688150	7757349	Ponto Tipo 2
Tributário	NTG03	No tributário TG42A da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2705	-43,1879	689253,38	7757547,61	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-12	Entre a Área 7 e 9. Próximo à foz do TG43. Corresponde a dois pontos definidos pela CIF (Ponto Jusante Trecho 7 e Ponto Montante Trecho 9).	-20,2719	-43,1861	689443	7757386	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITG 51	No tributário TG43 afluente do rio Gualaxo do Norte	-20,2746	-43,1858	689467,77	7757091,31	Ponto Operação Águas
	ITG 52	Corresponde a uma estrutura de drenagem superficial (**)	-20,2753	-43,1683	691295,02	7756993,65	Ponto Operação Águas
	ITG 53	No tributário TG44 afluente do rio Gualaxo do Norte	-20,2761	-43,1631	691837,24	7756899,06	Ponto Operação Águas
	ITG 54	No tributário TG45 afluente do rio Gualaxo do Norte	-20,2785	-43,1564	692534,18	7756625,57	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 09	No rio Gualaxo do Norte em área de deposição de sedimentos/rejeitos	-20,2725	-43,1538	692815,34	7757291,18	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 55	No tributário TG46 da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2707	-43,1517	693034,8	7757483,6	Ponto Operação Águas
	ITG 56	No tributário TG47 afluente do rio Gualaxo do Norte	-20,2674	-43,1445	693791,07	7757840,51	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-13	Trecho mais a montante da Área 6. A montante da foz do TG47A e TG47B.	-20,2642	-43,1364	694643	7758186	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITG 57	Área afetada localizada nas imediações de Gesteira, no tributário TG47A	-20,2635	-43,1376	694516,77	7758264,17	Ponto Operação Águas
	NTG13	Tributário não identificado	-20,2616	-43,1361	694675,85	7758472,75	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 06	No rio Gualaxo do Norte, nas imediações de Gesteira	-20,2625	-43,131	695204,35	7758371,89	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 58	No tributário TG48 afluente do rio Gualaxo do Norte	-20,2681	-43,1294	695367,68	7757745,24	Ponto Operação Águas
	ITG 59	No tributário TG49 afluente do rio Gualaxo do Norte	-20,257	-43,1322	695089,05	7758977,41	Ponto Operação Águas
	TG-49A-M	No tributário TG49, a montante da confluência com o TG49A e o rio Gualaxo do Norte. A maior parte da bacia inferior consiste de campos.	-20,2575	-43,127	695634	7758912	Ponto Tipo 1
	NTG10	No tributário TG49C da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2569	-43,1205	696311,55	7758974,64	Ponto Operação Águas
	NTG04	No tributário TG49B da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2575	-43,1186	696509,31	7758905,95	Ponto Operação Águas
	NTG05	No tributário TG49D da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2644	-43,1081	697597,58	7758129,55	Ponto Operação Águas
	NTG11	No tributário TG49E da margem direita do rio Gualaxo do Norte	-20,2686	-43,1027	698156,40	7757658,10	Ponto Operação Águas
	NTG06	No tributário TG49F da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2628	-43,092	699281,65	7758287,36	Ponto Operação Águas
	NTG21	No tributário TG49G da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2634	-43,0897	699521,17	7758218,16	Ponto Operação Águas
	ITG 60	No tributário TG50 da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2724	-43,0888	699603,68	7757220,68	Ponto Operação Águas
	ITG 60 - Ponto 02		-20,2733	-43,0903	699445,83	7757122,85	Ponto Operação Águas



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



Curso d'água	Código	Descrição do Ponto de Amostragem ⁽¹⁾	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM ⁽²⁾		Tipo de Ponto
			Latitude	Longitude	Leste	Norte	
Rio Gualaxo do Norte	DG 03	Local indicado para instalação do Dique do Gualaxo 03	-20,2745	-43,0903	699444,43	7756992,76	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 61	No tributário TG51 afluente do rio Gualaxo do Norte	-20,2757	-43,0913	699338,29	7756858,35	Ponto Operação Águas
	ITG 62	Tributário TG52 localizado na margem direita do rio Gualaxo do Norte	-20,2794	-43,0866	699824,54	7756443,04	Ponto Operação Águas
	ITG 62 - Ponto 02		-20,2804	-43,088	699677,01	7756334,02	Ponto Operação Águas
	ITG 63	No tributário TG53 da margem direita do rio Gualaxo do Norte	-20,2823	-43,085	699987,96	7756120,05	Ponto Operação Águas
	NTG07	No tributário TG53A da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2797	-43,0789	700628,53	7756400,50	Ponto Operação Águas
	ITG 64	No tributário TG54 afluente do Gualaxo do Norte	-20,2849	-43,0804	700465,14	7755826,62	Ponto Operação Águas
	NTG08	No tributário TG54A da margem direita do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2858	-43,0784	700672,91	7755724,55	Ponto Operação Águas
	NTG09	No tributário TG54B da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,281	-43,0736	701180,51	7756250,13	Ponto Operação Águas
	ITG 65	No tributário TG55 afluente do Gualaxo do Norte	-20,2831	-43,0709	701459,85	7756014,34	Ponto Operação Águas
	ITG 66	No tributário TG56 da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2829	-43,0676	701804,83	7756032,46	Ponto Operação Águas
	ITGE 01	No tributário TG56B afluente do rio Gualaxo do Norte	-20,2854	-43,0658	701989,62	7755753,48	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RGN 08	A montante da confluência com o rio do Carmo e à montante das Áreas 14 e 15. Corresponde a dois pontos definidos pela CIF (Ponto Jusante Trecho 6 e Ponto Montante Trecho 15).	-20,2861	-43,0658	701984,6	7755681,56	Ponto PMQQVAI
Rio do Carmo	RCA 01	A montante da Área 14. Ponto também utilizado para monitorar a carga de sedimento natural afluente da bacia do rio do Carmo.	-20,3471	-43,1127	697008,13	7748979,39	Ponto Tipo 1
	ITC 01	No rio do Carmo a montante da área impactada	-20,3169	-43,0584	702721,62	7752256,97	Ponto Operação Águas
	PS 14	Na calha do rio do Carmo, à montante de sua confluência com o rio Gualaxo do Norte	-20,2946	-43,0549	703119,42	7754723,73	Ponto Operação Águas
Tributário	NTC04	No tributário TC01A afluente do rio do Carmo, a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2927	-43,053	703317,20	7754929,57	Ponto Operação Águas
	NTC01	No tributário TC01B afluente do rio do Carmo	-20,2849	-43,0585	702752,84	7755799,89	Ponto Operação Águas
	NTC02	No tributário TC01C afluente do rio do Carmo	-20,2842	-43,0493	703714,81	7755866,06	Ponto Operação Águas
	ITCE 01	No tributário TC01, a jusante do ponto PS 14 no rio do Carmo (**)	-20,2804	-43,0385	704848	7756273,42	Ponto Operação Águas
	TC-02BL	Trecho próximo à região de jusante da cidade de Barra Longa, dentro da Área 15. A maior parte da bacia inferior consiste de campos.	-20,2776	-43,0359	705127	7756577	Ponto Tipo 1
	ITC 02	No tributário TC02	-20,278	-43,0358	705133,21	7756535,78	Ponto Operação Águas
Rio do Carmo	RCA 02	Dentro da Área 15 e a jusante da cidade de Barra Longa.	-20,283	-43,0325	705472,67	7755982,85	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITCE 02	Tributário TC03 do Rio do Carmo que fica muito próximo da área urbana do município de Barra Longa	-20,2837	-43,0285	705888,3	7755895,63	Ponto Operação Águas
Rio do Carmo	PS 15	Área prioritária pela Samarco localizada nas proximidades de Barra Longa	-20,2794	-43,0207	706708,82	7756361,96	Ponto Operação Águas
Tributário	NTC03	Tributário TC03C da margem esquerda do rio do Carmo (**)	-20,2736	-43,014	707416,47	7756995,70	Ponto Operação Águas
Rio do Carmo	ITC 03	Eixo preferencial de escoamento da água devido à uma ravina	-20,2726	-42,9966	709235,62	7757084,48	Ponto Operação Águas
Tributário	ITC 04	Tributário da margem direita do rio do Carmo	-20,2723	-42,9946	709444,96	7757115,16	Ponto Operação Águas
	ITC 04 - Ponto 02		-20,2726	-42,995	709402,77	7757082,45	Ponto Operação Águas
	ITC 05	Tributário TC05 da margem direita do rio do Carmo	-20,27	-42,9931	709604,77	7757367,9	Ponto Operação Águas
	ITC 06	No tributário TC06 a montante da confluência com o rio do Carmo (**)	-20,2632	-42,9971	709195,99	7758125,83	Ponto Operação Águas



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



Curso d'água	Código	Descrição do Ponto de Amostragem ⁽¹⁾	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM ⁽²⁾		Tipo de Ponto
			Latitude	Longitude	Leste	Norte	
Rio do Carmo	ITC 07	Em tributário a jusante da confluência com o rio do Carmo (**)	-20,2599	-42,9853	710433,3	7758476,22	Ponto Operação Águas
	ITC 08	No tributário TC07 a montante da confluência com o rio do Carmo (**)	-20,2528	-42,9841	710568,25	7759260,77	Ponto Operação Águas
	ITC 09	No tributário TC08 a montante da confluência com o rio do Carmo (**)	-20,2556	-42,9761	711400,36	7758940,56	Ponto Operação Águas
	ITC 10	Tributário TC08A da margem direita do rio do Carmo (**)	-20,2748	-42,9532	713766,77	7756785,35	Ponto Operação Águas
Rio do Carmo	RC-01	A jusante da foz do TC08A e a montante da foz do TC09. Ponto a montante da confluência com o rio Piranga.	-20,2743	-42,951	713996	7756833	Ponto PMQQVAI
Tributário	NTC07	No tributário TC09 da margem esquerda do rio do Carmo (**)	-20,2734	-42,9489	714217,93	7756934,78	Ponto Operação Águas
	NTC05	No tributário TC09A da margem esquerda do rio do Carmo (**)	-20,2739	-42,9375	715408,25	7756864,60	Ponto Operação Águas
	NTC06	No tributário TC10 da margem direita do rio do Carmo (**)	-20,2773	-42,9316	716019,94	7756480,46	Ponto Operação Águas
Rio Piranga	RPG 01	A jusante da cidade de Ponte Nova e a montante da confluência com o rio Doce, antes da entrada para o reservatório da barragem de Candonga.	-20,3836	-42,9026	718899,86	7744668,22	Ponto Tipo 1
	ITC 11	No rio Piranga a montante da confluência com o rio do Carmo (**)	-20,2922	-42,9121	718036,32	7754805,11	Ponto Operação Águas
	ITC 12		-20,2929	-42,9083	718432,3	7754722,59	Ponto Operação Águas
Tributário	NTD01	No tributário TD01 da margem esquerda do rio Doce, a montante do reservatório da Barragem Candonga (**)	-20,2579	-42,9187	717394,69	7758611,49	Ponto Operação Águas
	NTD02	No tributário TD02 da margem esquerda do rio Doce, a montante do reservatório da Barragem Candonga (**)	-20,2548	-42,9018	719164,87	7758932,41	Ponto Operação Águas
Rio Doce	RD-01	Próximo à cidade de Rio Doce.	-20,2481	-42,885	720931	7759650	Ponto PMQQVAI
	RD-02	A jusante da cidade de Rio Doce, no início do reservatório da barragem de Candonga.	-20,223	-42,8825	721226	7762428	Ponto PMQQVAI
	RD-03	A jusante do maciço da barragem de Candonga.	-20,1975	-42,8514	724516	7765204	Ponto PMQQVAI e Tipo 1
Tributário	NTD03	No tributário TD03 da margem direita do rio Doce, a jusante da Barragem Candonga (**)	-20,201	-42,8342	726306,37	7764798,30	Ponto Operação Águas
	NTD04	No tributário TD04 da margem direita do rio Doce, a jusante da Barragem Candonga (**)	-20,1927	-42,8236	727426,44	7765702,80	Ponto Operação Águas

Notas:

(1) As descrições dos pontos de amostragem foram retiradas, em sua maioria, dos relatórios da Operação Águas, com exceção daqueles com (**);

(2) O datum é SIRGAS2000 e o fuso 23k;

(3) Os pontos RGN 01 e ITS 17 estão a cerca de 65 metros de distância um do outro. Como são pontos diferentes, os mesmos foram mantidos na tabela;

(4) O ponto PS 04 encontra-se no tributário TG04. A coordenada indicada refere-se à ponte removida sobre o rio Gualaxo do Norte, local situado cerca de 1.100 metros de distância do ponto PS 04;

(5) As coordenadas desse ponto (PS 10) devem ser verificadas.

(6) O ponto NTG17 está situado no tributário TG21, assim como o ponto TG-22M. Será avaliada a necessidade do ponto NTG17, tendo em vista que o monitoramento no ponto TG-22M já engloba os parâmetros e frequência a serem monitorados no ponto NTG17.



4.2.1 Justificativa para Pontos PMQQVAI

Os Pontos PMQQVAI foram adicionados ao programa de qualidade de água e sedimento porque foram definidos como requisitos mínimos pela CIF. Tais pontos estão especificados na Deliberação CIF nº 17 e consistem em 22 pontos de amostragem localizados a montante, em trecho intermediário e a jusante de áreas prioritárias para intervenção. Dentre esses 22 pontos, ressalta-se que cinco pares de pontos são redundantes, ou seja, possuem a mesma localização, já que representam tanto a parte a montante de uma área quanto a jusante de outra. Os pares de pontos redundantes são:

- Ponto Jusante Área 3 e Ponto Montante Área 13 (RG-03);
- Ponto Jusante Área 11 e Ponto Montante Área 10 (RG-06);
- Ponto Jusante Área 5 e Ponto Montante Área 7 (RG-09);
- Ponto Jusante Área 7 e Ponto Montante Área 9 (RG-12);
- Ponto Jusante Área 6 e Ponto Montante Área 15 (RGN 08).

Além disso, alguns pontos propostos para o PMQQVAI também têm suas localizações coincidentes com pontos do PMQQS. Dessa forma, adotou-se o código do ponto definido dentro do PMQQS. Os pontos coincidentes são:

- Ponto Montante Área 3 e RGN 01;
- Ponto Intermediário Área 5 e RGN 06;
- Ponto Jusante Área 6, Ponto Montante Área 15 e RGN 08;
- Ponto Intermediário Área 15 e RCA 02.

4.2.2 Justificativa para Pontos Tipo 1

Um rio está naturalmente sendo erodido, transportando e depositando sedimentos ao longo do seu curso. Esses processos fluviais naturais são função da disponibilidade de sedimento, limitações no transporte e no regime de vazões do rio. O SST transportado pelo rio dentro das áreas prioritárias de estudo é composto tanto por sedimento que tem sua origem em áreas não afetadas e sedimento disponibilizado dentro da área afetada.

O regime do transporte de sedimento dentro da área afetada foi alterado após o rompimento da barragem de Fundão, devido à erosão localizada em pontos ao longo das margens dos rios e à deposição de rejeitos na planície de inundação, os quais estão expostos à erosão fluvial (através de processos naturais dos rios) e à erosão pluvial. Para melhor descrever o (novo) regime de transporte de sedimentos dentro das áreas afetadas após o evento e monitorar a sua evolução ao longo dos próximos anos, é essencial ter o entendimento do regime natural de sedimentos nas bacias de contribuição fora da área afetada.

O conhecimento do regime de transporte de sedimentos nas bacias localizadas a montante da área afetada e nas bacias dos tributários (não afetados) pode permitir a estimativa de contribuição de sedimento local para o regime de sedimento dos rios nas áreas afetadas. A comparação entre o regime de transporte de sedimentos em rios fora da área afetada, que representam condições de referência, com o regime de sedimentos para seções de cursos d'água dentro das áreas afetadas pode mostrar como os processos fluviais naturais foram afetadas na região de estudo, e ainda como os rios estão se ajustando e respondendo às novas condições. Adiante, essa comparação irá permitir a descrição e quantificação adequada do novo regime de transporte de sedimentos, bem como o seu monitoramento ao longo da sua evolução.

O conhecimento do novo regime de transporte de sedimentos nas áreas afetadas irá fornecer dados e dar suporte técnico ao componente de controle de erosão do programa de monitoramento e também às medidas de proteção já realizadas.



A localização das estações Tipo 1 para monitoramento do SST nas bacias de contribuição fora da área afetada são apresentadas na **Tabela 2**. Os pontos listados a seguir estão localizados em trechos de rios a montante de áreas afetadas e tem como finalidade monitorar a carga de sedimento afluente às áreas afetadas, com exceção do ponto RD-03 que está localizado em área afetada (ponto a jusante da barragem de Candonga).

- RGN 01 (rio Gualaxo do Norte);
- RCA 01 (rio do Carmo);
- RPG 01 (rio Piranga);
- RD-03 (rio Doce).

Para uma análise completa do regime de transporte de sedimentos (i.e., transporte de carga de SST), informações adicionais a respeito das bacias de tributários locais que desaguam no rio Gualaxo do Norte (no trecho afetado) são necessárias. Essa informação irá descrever e quantificar como o regime de transporte de sedimentos nos tributários locais contribuem ou influenciam no regime de transporte ao longo da área afetada no rio Gualaxo do Norte. O monitoramento de SST é proposto nas três maiores bacias de contribuição de tributários, as quais estão listadas adiante:

- CS-01 (córrego Santarém);
- TG-42A-M (tributário TG42A);
- TG-49A-M (tributário TG49);
- TC-02BL (tributário TC02).

4.2.3 Justificativa para Pontos Tipo 2

Os Pontos Tipo 2 foram definidos de forma a melhor representar as variações espaciais quando complementados aos Pontos PMQQVAI. Mais especificamente, seguem as justificativas para adição de cada um desses pontos:

- RG-02 (rio Gualaxo do Norte): ponto de amostragem localizado imediatamente a montante da confluência com o córrego Santarém. Entende-se que esse ponto pode fornecer informações a respeito da região impactada localizada no rio Gualaxo do Norte antes da influência do córrego Santarém;
- RG-04 (rio Gualaxo do Norte): ponto de amostragem localizado em trecho a jusante da Área 13 e montante da Área 11. Nesse trecho, os pontos determinados pelo CIF estão localizados em tributários (i.e., TG-03 no TG11, TG-04 no TG13 e TG-05 no TG14) e, portanto, será incluído um ponto de amostragem que possa ser interpretado como uma condição após as intervenções da Área 13 e anterior à Área 11;
- RG-11 (rio Gualaxo do Norte): ponto de amostragem localizado em trecho a jusante da Área 7, a montante da confluência com o TG42A, no qual é proposto o monitoramento de área não afetada. Assim, esse ponto pode representar a condição anterior à influência desse tributário.

4.2.4 Justificativa para Pontos Operação Águas

Os pontos Operação Águas foram adicionados ao programa de qualidade de água e sedimento porque foram solicitados na Nota Técnica nº 08 da CT-SHQA. Posteriormente, foram adicionados mais 31 pontos de amostragem por solicitação da CT-FLOR, totalizando 145 pontos de amostragem.

As coordenadas de 114 pontos foram definidas com base nos pontos acessíveis das fases Hélios e Argos da Operação Águas a partir de visitas técnicas realizadas por grupos de trabalho do IBAMA, enquanto as coordenadas dos outros 31 pontos de amostragem foram fornecidas pela própria CT-FLOR. Antes do início do monitoramento, tais pontos serão validados e ajustes nos locais de amostragem poderão ser realizados.



4.3 Frequência de Amostragem

4.3.1 Pontos PMQQVAI e Tipo 2

Para os pontos de amostragem situados em rios principais (i.e., rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo e rio Doce), as amostras de água e sedimento serão coletadas a cada duas semanas (i.e., quinzenalmente) durante a execução das obras de intervenção e mensalmente após a construção estiver finalizada, de acordo com o estipulado na Deliberação CIF nº 17.

Para os pontos de amostragem posicionados em tributários, as amostras serão coletadas a cada duas semanas (i.e., quinzenalmente) durante a construção e após o término das obras, com amostragem semanal de turbidez, sólidos totais, sólidos totais em suspensão (SST) e sólidos dissolvidos totais (SDT).

Três meses após a finalização das obras e monitoramento da qualidade da água e sedimento, os resultados serão avaliados e a frequência amostral será revisada com base na variabilidade dos dados coletados até aquele momento. Essa avaliação dos dados também poderá resultar no interrompimento do monitoramento da intervenção.

4.3.2 Pontos Tipo 1

Para os pontos de amostragem Tipo 1 o monitoramento consiste na medição de nível de água, de descarga líquida (vazão) e SST. A frequência de monitoramento é estabelecida a seguir:

- Nível de água será medido utilizando equipamento automático com leitura a cada 15 ou 30 minutos;
- Descarga líquida será medida manualmente de 12 a 15 vezes ao ano. Tais medições serão realizadas em situações de alto e baixo nível d'água. Para tanto, 9 medidas serão programadas para ocorrerem durante o período chuvoso e durante eventos de precipitação, sendo as demais medições a serem realizadas no período seco quando as vazões dos cursos d'água são reduzidas;
- SST será analisado simultaneamente com as medições de descarga líquida.

4.3.3 Pontos Operação Águas

Para os pontos de amostragem da Operação Águas, o monitoramento de sólidos totais, sólidos totais em suspensão (SST), sólidos dissolvidos totais (SDT) e turbidez deve ser realizado semanalmente.

4.4 Parâmetros a Serem Monitorados

Nas seções a seguir são apresentados os parâmetros de qualidade a serem medidos em campo e avaliados em laboratório para amostras de água. Além dos parâmetros de qualidade propostos pela Câmara Técnica de Segurança Hídrica e Qualidade de Água, foi mantida a avaliação de metais nas amostras de água, nas formas totais e dissolvidas, já que, como as análises de metais são feitas por varreduras de amplo espectro, o esforço adicional para determinar vários metais é relativamente pequeno.

A seção 4.4.1 apresenta os parâmetros químicos, físico-químicos e bacteriológicos a serem avaliados nas amostras de água e sedimento. Já as seções 4.4.3, 4.4.4 e 4.4.5 apresentam os parâmetros biológicos, a saber: macroinvertebrados bentônicos, fitoplâncton, zooplâncton, respectivamente.

Os parâmetros e a frequência do plano de amostragem são apresentados de maneira resumida **Tabela 3**.



Tabela 3: Parâmetros e frequência de amostragem para qualidade de água e sedimento.

Locais de Amostragem	Matriz	Parâmetros ⁽¹⁾	Status das obras	Frequência de amostragem / medição
Pontos PMQVAI e Tipo 2 em Rios Principais				
RGN 06, RG-09, RG-10, RGN 08, RCA 02, RG-08, RC-01, RGN 01, RG-11, RG-12, RG-06, RG-07, RG-13, RG-01, RD-01, RG-04, RG-03, RG-02, RG-05, RD-02 e RD-03	Água superficial	Parâmetros físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton e zooplâncton) e bacteriológicos	Em andamento	Quinzenal
			Concluídas	Mensal
	Sedimento	Parâmetros físico-químicos e biomonitoramento de macroinvertebrados bentônicos	Em andamento	Quinzenal
			Concluídas	Mensal
Pontos PMQVAI e Tipo 2 em Tributários				
TG-22M, TG-11M, TG-13M e TG-14M	Água superficial	Parâmetros físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton e zooplâncton) e bacteriológicos	N/A	Quinzenal
		Parâmetros: turbidez, sólidos totais, sólidos totais em suspensão e sólidos dissolvidos totais		Semanal
	Sedimento	Parâmetros físico-químicos	N/A	Quinzenal
		Biomonitoramento de macroinvertebrados bentônicos		
Pontos Tipo 1				
RGN 01, RD-03, CS-01, TG-42A-M, TG-49A-M, RCA 01, TC-02BL e RPG 01	Água superficial	Nível de água	N/A	A cada 15 ou 30 minutos
		Descarga líquida		12 a 15 vezes ao ano
		SST		



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



Locais de Amostragem	Matriz	Parâmetros ⁽¹⁾	Status das obras	Frequência de amostragem / medição
Pontos Operação Águas				
ITS 01, ITS 02, ITS 03, ITS 04, ITS 05, ITS 06, ITS 07, ITS 08, ITS 09, ITS 10, ITS 18, ITS 17, ITS 16, ITS 15, NTG16, PS 03, NTG01, ITS 14, ITS 13, PS 04, ITS 12, TES 03, ITS 19, ITS 11, TES 02, ITS 20, ITG 07, GES 04, PS 13, ITG 08, ITG 09, DG 01, ITG 11, ITG 12, ITG 14, ITG 13, NTG14, DG 02, ITG 16, ITG 17, ITG 18, PS 11, NTG15, PS 10, ITG 19, GES 05, ITGE 19, ITG 20, ITG 21, ITG 22, ITG 23, ITG 24, NTG17, ITG 27, NTG18, NTG19, ITG 28, PS 08, ITG 29, ITG 30, ITG 31, ITG 32, ITG 33, ITG 34, ITG 35, ITG 36, ITG 37, ITG 38, ITG 39, PS 05, NTG02, ITG 40, ITG 41, ITG 42, ITG 43, ITG 44, NTG20, PS 07, ITG 45, ITG 46, ITG 47, ITG 48, ITG 49, ITG 50, NTG03, ITG 51, ITG 52, ITG 53, ITG 54, PS 09, ITG 55, ITG 56, ITG 57, NTG13, PS 06, ITG 58, ITG 59, NTG10, NTG04, NTG05, NTG11, NTG06, NTG21, ITG 60, ITG 60 - Ponto 02, DG 03, ITG 61, ITG 62, ITG 62 - Ponto 02, ITG 63, NTG07, ITG 64, NTG08, NTG09, ITG 65, ITG 66, ITGE 01, ITC 01, PS 14, NTC04, NTC01, NTC02, ITCE 01, ITC 02, ITCE 02, PS 15, NTC03, ITC 03, ITC 04, ITC 04 - Ponto 02, ITC 05, ITC 06, ITC 07, ITC 08, ITC 09, ITC 10, NTC07, NTC05, NTC06, ITC 11, ITC 12, NTD01, NTD02, NTD03 e NTD04	Água superficial	Parâmetros: turbidez, sólidos totais, sólidos totais em suspensão e sólidos dissolvidos totais	N/A	Semanal



Nota:

(1) Listas completas dos parâmetros são apresentadas nas Tabelas 4 a 6.

4.4.1 Parâmetros, Químicos, Físico-Químicos e Bacteriológicos

Nesta seção são apresentados os parâmetros a serem mensurados em campo e em laboratório para os Pontos PMQQVAI, Tipo 2 e Operação Águas (Seção 4.4.1.1) e Tipo 1 (Seção 4.4.1.2), conforme especificado no documento anexo à Deliberação da CIF nº 17. Os procedimentos de amostragem de água e sedimentos e análise dos parâmetros são apresentados no **Anexo C**. Neste anexo também são apresentados os limites de quantificação a serem atendidos pelos laboratórios.

4.4.1.1 Pontos PMQQVAI e Tipo 2

Parâmetros de Campo

A **Tabela 4** apresenta a lista de parâmetros que serão avaliados em campo nos pontos PMQQVAI, Tipo 2 e pontos Operação Águas.

Tabela 4: Medições de campo para monitoramento da qualidade da água.

Parâmetro	Unid.	Justificativa ^(a)
pH	Unid. pH	Parâmetro básico necessário para avaliação conjunta da toxicidade de outros elementos na água.
Condutividade elétrica	µS/cm	Permite avaliar indiretamente alterações na composição iônica da água.
Temperatura do ar	°C	Parâmetros básicos necessários para determinação de diversos outros parâmetros.
Temperatura da água	°C	
Oxigênio dissolvido	mg/L	Parâmetros básicos necessários para avaliar indiretamente a contaminação por substâncias biologicamente oxidáveis na água
Oxigênio dissolvido (saturação)	%	
Turbidez	UNT	Permite avaliar indiretamente a concentração de sedimento em suspensão na água

Nota: LQ = limite de quantificação; µS/cm = *microSiemens* por centímetro; mg/L = miligramas por litro; UNT = Unidades Nefelométricas de Turbidez.

(a) Justificativas conforme constam no documento anexo à Deliberação da CIF nº 17.

Análise Laboratorial

A análise das amostras será realizada por laboratórios acreditados nos termos da ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) e seguirá as instruções descritas no **Anexo C**.

Ressalta-se que os limites de quantificação em cada ensaio acreditado pelo INMETRO serão inferiores aos padrões de qualidade definidos para águas enquadradas como classe 2 segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 e da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008. Além disso, os limites de quantificação para as análises de metais em sedimentos serão também inferiores aos níveis de classificação estabelecidos na Resolução CONAMA nº 454/2012.

Para a realização das análises laboratoriais, o laboratório terá pessoal qualificado com formação técnica em química ou área correlata, para a realização de todas análises químicas, físico-químicas e bacteriológicas para as duas matrizes em questão (água e sedimento). O laboratório responsável pelas análises emitirá laudos individualizados para cada ponto de monitoramento, podendo os laudos agrupar todos os parâmetros daquele ponto específico. Todos os laudos de análises laboratoriais serão atestados por profissional habilitado junto ao Conselho Regional de Química (CRQ) ou ao Conselho Regional de Biologia (CRBio). Os laudos



originais de resultado de análises, bem como as memórias dos cálculos analíticos, serão arquivados pelo laboratório durante 05 (cinco) anos, de maneira acessível para posteriores avaliações técnicas da ANA.

Os parâmetros de qualidade da água a serem analisados incluem parâmetros convencionais, principais íons, nutrientes, metais totais e dissolvidos (**Tabela 5**). Os parâmetros de qualidade de sedimentos incluem parâmetros físico-químicos convencionais e metais totais (**Tabela 6**).

Tabela 5: Parâmetros para monitoramento da qualidade de água.

Parâmetro	Unid.	Justificativa ^(a)
pH	-	Parâmetro básico necessário para determinação de diversos outros parâmetros.
Condutividade elétrica	µS/cm	Permite avaliar indiretamente alterações na composição iônica da água.
Sólidos totais	mg/L	Fornece uma descrição geral da qualidade da água e é um parâmetro associado à presença de partículas na água
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	
Sólidos suspensos totais	mg/L	
Sólidos sedimentáveis	mL/L	Identificado como um parâmetro de interesse associado ao rompimento da barragem de Fundão ^(b)
Cor verdadeira	mg Pt/L	Fornece uma descrição geral da qualidade da água e é um parâmetro associado à presença de partículas na água
DBO, 5 dias, 20°C	mg/L de O ₂	Identificado como um parâmetro de interesse associado ao rompimento da barragem de Fundão ^(b)
Carbono orgânico total	mg/L	Parâmetro que avalia a presença de compostos oxidáveis biodegradáveis.
Clorofila-a	µg/L	Parâmetro complementar à DBO, avalia a presença de compostos orgânicos oxidáveis não biodegradáveis.
Nitrato	mg/L	Parâmetro utilizado para avaliar a ocorrência de florações de fitoplâncton.
Nitrito	mg/L	
Nitrogênio orgânico	mg/L	
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	
Fósforo total	mg/L	Parâmetros associados ao lançamento de esgotos sanitários e um dos parâmetros determinantes para a ocorrência de florações de fitoplâncton
Fósforo dissolvido	mg/L	
Alumínio dissolvido e total	mg/L	Possibilitam o monitoramento dos efeitos potenciais relativos ao replantio ^(b)
Arsênio total	mg/L	O Fósforo total foi identificado como parâmetro de interesse e os polifosfatos fornecem uma estimativa melhor das formas biodisponíveis ^(b)
Ferro dissolvido e total	mg/L	Inclui parâmetros associados a atividades de mineração que foram detectados em níveis elevados após a ruptura da barragem ^(a)
Manganês dissolvido e total	mg/L	
Mercúrio total	mg/L	Os resultados para metais dissolvidos fornecem estimativas melhores das formas biodisponíveis de cada metal ^(b)

Nota:

LQ = limite de quantificação; mg/L = miligramas por litro; µS/cm = microSiemens por centímetro; Pt = unidade de cor verdadeira; mg-N/L = miligramas de nitrogênio por litro; mg-P/L = miligramas de fósforo por litro; - = não aplicável.



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



- (a) Justificativas conforme constam no documento anexo à Deliberação da CIF nº 17.
- (b) Justificativa elaborada pela Golder.



Tabela 6: Parâmetros para monitoramento da qualidade de sedimento.

Parâmetro	Unid.	Justificativa
Distribuição granulométrica	%	Fornecem uma descrição geral da qualidade do sedimento
Carbono orgânico total	%	As concentrações de metais também tendem a ter uma correlação com o teor de carbono orgânico e tamanhos de partícula mais finos
Fósforo Total	mg/kg	Nutrientes associados a processos de floração de fitoplâncton
Nitrogênio (Kjeldahl) Total	mg/kg	
Alumínio	mg/kg	Inclui parâmetros de interesse (por exemplo, ferro e manganês)
Arsênio	mg/kg	
Ferro	mg/kg	
Manganês	mg/kg	
Mercúrio	mg/kg	
Biodisponibilidade de metais	-	

Nota:

mg/kg = miligramas por quilograma; µg/kg = miligramas por quilograma; - = não aplicável;

4.4.1.2 Pontos Tipo 1

A análise de SST será realizada conforme especificado na Seção 4.4.1.1.

4.4.1.3 Pontos Operação Águas

A análise de SST, SDT, sólidos totais e turbidez será realizada conforme especificado na Seção 4.4.1.1.

4.4.2 Medição de Descarga Líquida

A medição de descarga líquida será realizada somente nos Pontos Tipo 1.

Os procedimentos de amostragem a serem empregados para a medição de descarga líquida são descritos no **Anexo C**.

4.4.3 Avaliação de Macroinvertebrados Bentônicos

O biomonitoramento de macroinvertebrados bentônicos será realizado nos Pontos PMQQVAI com frequência definida na **Tabela 3**.

Os procedimentos de amostragem e análise de macroinvertebrados bentônicos são apresentados no **Anexo C**.

4.4.4 Avaliação do Fitoplâncton

O biomonitoramento de comunidades fitoplanctônicas será realizado nos Pontos PMQQVAI com frequência definida na **Tabela 3**.



Os procedimentos de amostragem e análise do fitoplâncton são apresentados no **Anexo C**.

4.4.5 Avaliação do Zooplâncton

O biomonitoramento de comunidades zooplancônicas será realizado nos Pontos PMQQVAI com frequência definida na **Tabela 3**.

Os procedimentos de amostragem e análise do zooplâncton são apresentados no **Anexo C**.

5.0 COMUNICAÇÃO E GESTÃO DE INFORMAÇÕES

5.1 Documentação de Campo

Os formulários de cadeia de custódia serão utilizados para relatar as condições de campo identificadas no momento da coleta, registro dos resultados das análises de campo além de rastrear o transporte das amostras até o laboratório.

As amostras serão entregues ao laboratório respeitando as devidas condições de preservação da amostra recomendadas para cada parâmetro (vide **Anexo C**), devidamente identificadas e acompanhadas das cadeias de custódias devidamente preenchidas conforme apresentado no **Anexo A**.

5.2 Gestão de Informações no Laboratório

A partir do recebimento das amostras no laboratório, estas amostras serão submetidas às respectivas análises conforme descritas no Anexo C.

Todos os resultados das análises de campo e de laboratório serão transcritos para uma planilha Excel para posterior carregamento no banco de dados Monitor Pro 5 (MP5).

5.3 Comunicação dos Dados

Os dados brutos de todas as amostragens manuais serão enviados aos órgãos ambientais participantes da CT-SHQA e ao CIF 10 dias após a emissão dos laudos pelo laboratório. Os resultados obtidos a partir do monitoramento dos pontos Operação Águas serão enviados também à CT-FLOR. Todos os dados serão disponibilizados via Sistema MP5 (Sistema atualmente utilizado pela Fundação Renova como banco de dados ambientais). Os dados serão continuamente alimentados no MP5, portanto, será enviado uma listagem quinzenalmente informando quais laudos de quais campanhas de amostragem foram carregados aos e-mails cadastrados a serem indicados posteriormente pela CT-SHQA.

6.0 RELATÓRIOS

Dado o início do monitoramento de qualidade de água e sedimento, relatórios trimestrais serão produzidos. Tais relatórios identificarão onde as amostragens ocorreram e onde as obras foram realizadas nesse período de três meses. Os dados disponíveis serão apresentados em formato tabular e alterações na qualidade da água ou sedimento será identificado.

Um relatório anual será elaborado contendo um resumo da amostragem realizada e uma atualização dos *status* das obras nas áreas prioritárias assim que as atividades de intervenção. Os padrões temporais e espaciais na qualidade da água e do sedimento também serão identificados e os resultados do monitoramento biológico serão discutidos.



7.0 EQUIPE TÉCNICA

Equipe técnica envolvida na elaboração do presente documento.

Nome	Formação
Helvécio Duarte	Engenheiro Ambiental
Augusto Oliveira	Analista Ambiental
Gabriela Mello	Engenheira Sanitarista, M.Sc.
Maurea Flynn (Consultora)	Especialista em Comunidades Biológicas, Ph.D.
J.P. Bechtold (Revisor)	Principal, Especialista de Qualidade de Água Sênior, M.Sc.
Antônio Freitas (Revisor)	Associate, Engenheiro Químico Sênior, Ph.D.

Equipe técnica da Fundação Renova responsável pela coordenação do PMQQS.

Nome	Instituição	Função
Thiago Marchezi Doelinger	Fundação Renova	Gerente Executivo de Programas Socioambiental
Yone Melo de F. Fonseca	Fundação Renova	Líder Programa de Programa Socioambiental
Allan Suhett Reis	Fundação Renova	Analista de Programa Socioambiental
Brígida Gusso Maioli	Fundação Renova	Especialista de Programa Socioambiental
Luciano França Rocha	Fundação Renova	Engenheiro de Automação
Mariana Barcelos C. Werneck	Fundação Renova	Analista de Meio Ambiente



8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, H.E.; Fu, G.; Boothman, W.; DiToro, D.M.; Mahony, J.D. 1991. Determination of acid volatile sulfide and selected simultaneously extractable metals in sediment. EPA. 1991.
- American Public Health Association (APHA). 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington, DC, USA. 2012.
- Angrisano, E. B. & Korob, P. G. Trichoptera. In: Fernández, H. R. & Dominguez, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán, 2001.
- APHA. Standard methods for the examination of water and waste water, 21st edn. American Public Health Association, Washington, DC, 2005.
- AQEM - The Development and Testing of an Integrated Assessment System for the Ecological Quality of Streams and Rivers throughout Europe using Benthic Macroinvertebrates. Manual for the application of the AQEM System, v. 1, 202p., 2002.
- AQEM consortium. 2002. Manual for application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0, February 2002.
- Archangelsky, M. 2001. Coleoptera. In: Fernández, H. R. & Dominguez, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán.
- Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT). 1987. NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. 1987.
- Barbour, M. T., Gerritsen, J.; Snyder, B. D. & Stribling, J.B. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, second edition. EPA, Washington, 1999.
- Bispo, P. C. e Crisci-Bispo, V. L. Ephemeroptera. In: Costa, C., IDE, S. e Simonka, C. E. (Eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto. 55-60, 2006.
- Bottrell, HH.; Duncan, A.; Gliwicz, Z.; Grygierek, E.; Herzig, A.; Hillbricht-Ilkowska, A.; Kurasawa, H.; Larsson, P.; Weglenska, T. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. Norwegian Journal of Zoology, v.24: 419-56.
- Brinkhurst, R. O. & M. R. Marchese. Guide of the freshwater aquatic Oligochaeta of South and Central America. Col. Climax 6, Santo Tomé: 179 pp, 1989.
- Brusca, R. C. & Brusca, G. J., 2003. Invertebrates. 2. ed. Sinauer, Sunderland: 936pp, 2003.
- Callisto, M. et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). Acta Limnologica Brasiliensis, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.
- Calor, A.R. Checklist dos Trichoptera (Insecta) do Estado de São Paulo. Biota Neotropica, v. 11 n.1, 2011.
- Calor, A.R. Trichoptera. In Guia on-line: identificação de larvas de insetos aquáticos do Estado de São Paulo. (C.G. Froehlich, org.),17p., 2007. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Fitoplâncton de água doce: métodos qualitativos e quantitativo – Método de ensaio. São Paulo. Norma Técnica L5. 303. 23p. 2005.
- Coffiman, W. P. and Ferrington Jr., L. C. 1996. Chironomidae. Cap. 26. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.



Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (CERH-MG). Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH no. 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário do Executivo "Minas Gerais", 20/05/2008.

Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), Resolução. 357/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, 2005.

Costa, C. & IDE, S. Odonata. In: Costa, C., Ide, S. e Simonka, C. E. (Eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto. 61-66, 2006.

Costa, J. M.; Souza, L. O. I. & Oldrini, B. B. 2004. Chave para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: comentários e registros bibliográficos (Insecta, Odonata). Publicações Avulsas do Museu Nacional – n. 99 – Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2004.

Courtney, G. W., Teskey, H. J., Merritt, R. W. and Foote, B. A. Part One; Larvae of Aquatic Diptera. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3.ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.

Cranston, P. S., Oliver, D. R. & Sæther, O. A. 1983. The larvae of Orthocladiinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region- Keys and diagnoses. In: Wiederholm, T (ed.). Chironomidae of the Holarctic region part 1. Larvae. Entomologica scandinavica supplement. Sandby, 2005.

Cummins, K. W.; Merritt R. W.; Andrade, P.C.N. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in south Brasil. Studies on neotropical fauna and environment, v. 40, n.1, 2005.

Daly, H. V. General Classification and Key to the Orders of Aquatic Insects and Semiaquatic Insects. Cap. 9. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3.ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.

Da-Silva, E.R., Salles, F.F. & Baptista, M.S. As brânquias do gênero Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro. Biota Neotropica, 2: 1-4, 2002.

Dias, L. G., Molineri, C. & Ferreira, P.S.C. Ephemerelloidea (Insecta: Ephemeroptera) do Brasil. Papéis Avulsos de Zoologia 47(19): 213-244, 2007.

Dias, L. G.; Salles, F. F.; Francischetti, C. N. & Ferreira, P. S. F. Key to the genera of Ephemerelloidea (Insecta: Ephemeroptera) from Brazil. Biota Neotropica, v.6 n.1, p.1-6, 2006.

Domínguez, E.; C. Molineri; M. Pescador; M. Hubbard & C. Nieto. Aquatic Biodiversity in Latin America: Ephemeroptera of South America. Volume 2, Moscow, Pensoft, 646 p., 2006.

Domínguez, E.; Hubbard, M. D., Pescador, M. L., Ringuet, R. A. Los Ephemeroptera en Argentina. IN: Fauna Dulce de República Argentina. La Plata: 142 pp, 1994.

Edmunds Jr., G. F. and Waltz R. D. Ephemeroptera. Cap. 11. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. 126-163, 1996.

Elmoor-Loureiro, LM. 1997. Manual de identificação de Cladóceros límnicos do Brasil. Brasília: Editora Universa. 156 p.

Fernadéz, H.R. & Domingues E. Guía para la determinación de los artrópodos bentônicos Sudamericanos, Tucumán: Editorial, Universidad de Tucuman, 282p., 2001.

Ferreira, V.; Graça, M. A. S.; Feio, M. J. & Mieiro, C. Water quality in Mondego river basin: pollution and habitat heterogeneity. Limnetica. 23(3-4): 295-306, 2012.



- Ferreira, W.R. Índice Biótico Bentônico no Biomonitoramento da Bacia do Rio das Velhas. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Montes Claros, MG, 96p., 2009..
- Fittkau, E. J. & Roback, S. S. 1983. The larvae of Tanypodinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region-Keys and diagnoses. In: Wiederholm, T (ed). Chironomidae of the Holarctic region part 1. Larvae. Entomologica scandinavica supplement. Sandby, 1983.
- Flint Junior, O.S., Holzenthal, R.W. & Harris, S.C. Catalog of the Neotropical Caddisflies (Insecta: Trichoptera). Ohio Biological Survey, Columbus, 239p.,1999.
- Gomes e Souza, MB. 2008. Guia das tecamebas: Bacia do Rio Peruaçu. Subsídio para a conservação e monitoramento da Bacia do Rio São Francisco. belo Horizonte. Editora UFMG. 159 p.
- Grosso, M. L. 2001. Diptera: generalidades. In: Fernández, H. R. & Dominguez, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitária de tucumán, 2001.
- Guimarães, J. H. e Amorin, D. S. 2006. Diptera. In: Costa, C., Ide, S. e Simonka, C.E. (Eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto, 2006.
- Ide, S. e Costa C. Chave de Identificação para as Principais Ordens. Cap. 5. In: Costa, C., Ide, S. e Simonka, C. E. (Eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto. 51-54., 2006.
- Junqueira, V. M. & Campos, S.C.M. 1998. Adaptation of the "BMWP" method for water quality evaluation to rio das velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). Acta Limnol. Bras 10(2): 125-135. 1998.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. Cyanoprokaryota 1. Teil Chroococcales. In Süßwasserflora von Mitteleuropa (H.Ettl, G.Gärtner, H.Heynig & D.Möllenbauer eds.). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. vol.19/1. 548 p. 1998.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales. In Süßwasserflora von Mitteleuropa (B. Büdel G. Gärtner, L. Krientitz & M. Schagerl eds.). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. vol. 19/2. 759 p. 2005.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. Modern approach to the classification system of cyanophytes, 4: Nostocales. Algological Studies 56:247-345. 1989.
- Koste, W. & Robertson, BA. 1983. Taxonomics studies of the Rotifera (Phylum Aschelminthes) from a Central Amazonian varzea lake, Lago Camaleão (Ilha de Marchantaria, Rio Solimões, Amazonas, Brazil). Amazoniana, v.8, n.2: 225-254.
- Koste, W. & Shiel, RJ. 1986. Rotifera from Australian Inland waters I. Bdelloidea (Rotifera: Digononta). Australian Journal of Marine and Freshwater Research, v.37: 765-792.
- Koste, W. 1978. Rotatoria die radertiere mitteleuropas, Übeiorndung Monogononta. Berlim: Gebriieder Berträger, 1010 p.
- Lecci, L.S. & Froehlich, C.G., 2011. Taxonomic revision of Gripopteryx (Pictet, 1841) (Plecoptera: Gripopterygidae). Zootaxa, 2792: 1–21., 2011.
- Lloyd, M. & Ghelardi, R.J. A table for calculating the equitability component of species diversity. Journal An. Ecology 33:217-225. 1964.
- Lobo, E. & Leighton, G. Estruturas comunitárias de lãs fitocenosis planctônicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de La zona centras de Chile. Ver.Biol. Mar. Valparaiso, v. 22, n.1, p. 1-29. 1986.
- Lopretto, E. C & G. Tell. Ecosistemas de aguas continentales. Metodologias para su estudio. Tomo II. Ediciones Sur. La Plata, 1995.
- Mariano, R. 2007. Trichoptera. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.). Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/



- Merritt, R. W. and Cummins, K. W. 1996. Introduction. Cap. 1. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3 ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- Merritt, R.W. & Cummins, K.W. An introduction to the aquatic insects of North America. 2ª ed., Dubuque, Kendall/Hunt. 722 p., 1984.
- Morse, J. C. and Holzenthal, R. W. 1996. Trichoptera Genera. Cap. 18. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3.ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- Mugnai, R., Nessimian, J.L. & Baptista, D.F. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, 174p., 2010.
- Nieser, N. & Melo, A.L. Os heterópteros aquáticos de Minas Gerais, Guia introdutório com chave de identificação para as espécies de Gerromorpha e Nepomorpha. Editora UFMG, Belo Horizonte, 180 p., 1997.
- Nogrady, T. & Segers, H. 2002. Rotifera 6. The Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodinidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae. In.: Dumont, HJ. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World 18. (Eds) Backhuys Publishers BV, Dordrecht, The Netherlands. 264 p.
- Nogrady, T.; Wallace, RL.; Snell, TW. 1993. Rotifera: biology, ecology and systematic. In: DUMONT, HJF. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. Netherlands: SPB Academic Publishing, v.1: 1- 142.
- Odum, E.G. 1983. Ecologia. Editora Guanabara, Rio de Janeiro. 434 p.
- Olifiers, M.H., Dorvillé, L.F.M.; Nessimian, J.L. & Hamada, N. A key to brazilian genera of Plecoptera (Insecta) based on nymphs. Zootaxa, 652, p. 1-15, 2004.
- Oliveira, A. T. R. A. DE. Comunidade fitoplanctônica no monitoramento de rios do estado de São Paulo. Universidade de São Paulo - Faculdade de Saúde Pública, 2012.
- Oliveira, L. G. Trichoptera. In: Costa, C., Ide, S. e Simonka, C. E. (eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto, 2006.
- Paggi, C. Diptera: Chironomidae. In: Fernández, H. R. & Dominguez, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán. 2001
- Paprocki, H; Holzenthal, R.W. e Blahnik. Checklist of the Trichoptera (Insecta) of Brazil. Biota Neotropica, v.4 n.1, 22p., 2004.
- Pérez, G.R. Guía para el estudio de los macro-invertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo Fen Colombia, Colciencias, Universidad de Antioquia, 217p., 1996.
- Pes, A.M.O., Hamada, N. & Nessimian, J.L. Chave de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. Rev. Bras. Entomol. 49, p. 181-204, 2005.
- Pinder, L. C. V. & Reiss, F. 1983. The larvae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region-Keys and diagnoses. In: Wiederholm, T (ed.). Chironomidae of the Holarctic region part 1. Larvae. Entomologica scandinavica supplement. Sandby, 1983.
- Pinho, L.C. Diptera. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.), 20p., 2008. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/.
- Reid, JW. 1985. Chave de identificação para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da Ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). Boletim de Zoologia, v.9: 17- 143.
- Romero, F. Plecoptera. In: Fernández, H. R. & Dominguez, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán. 2001.



- Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G. The diatoms: biology and morphology of the genera. Cambridge: Cambridge University Press. 1990.
- Round, F.E. The biology of the algae. Edward Arnold, London. 1965.
- Round, F.E. The taxonomy of the Chlorophyta II. British Phycological Journal 6(2):235-264. 1971.
- Salles, F. F.; DA- Silva, E, Serrão, J. E. & Francischetti C. N. Baetidae (Ephemeroptera) na região sudeste do Brasil: novos registros e chave para os gêneros no estágio ninfal. Neotropica entomology. 33(5): 725-735, 2004 (a).
- Salles, F. F.; Da- Silva, E.; Hubbard, M. D. & Serrão, J. E.. 2004 (B). As espécies de Ephemeroptera (Insecta) registradas para o Brasil. Biota neotropica. 4 (2), 2004 (b).
- Salles, F.F. 2009. Lista das espécies de Ephemeroptera registradas para o Brasil. Disponível em: <http://ephemeroptera.br.googlepages.com/home>.
- Santos-Silva, EN. 2008. Calanoid Copepods of the Families Diaptomidae, Pseudodiaptomidae, and Centropagidae from Brazil. Biologia Geral e Experimental, v.8: p. 3-67.
- Schaden, R. 1985. Manual de técnicas para a preparação de coleções zoológicas, 10: Rotifera. Sociedade Brasileira de Zoologia, São Paulo, 17p.
- Segers, H. & Shiel, R.J. 2003. Microfaunal diversity in a biodiversity hotspot: new rotifers from Southwestern Australia. Zoological Studies, v.42, n.4: 516-521.
- Segers, H. 1995. Rotifera: the Lecanidae (Monogononta) In: Dumont, H.J.F. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. Netherlands: SPB Academic, v.2. 226 p.
- Shannon, C.E. & Weaver, W. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana. 1963.
- Shiel, R.J. & Koste, W. 1992. Rotifera from Australian inland waters VIII. Trichercidae (Monogononta). Transact. Royal Society of South Australia, v.116, n.1: 1- 27.
- Shiel, R.J. & Koste, W. 1993. Rotifera from Australian waters. IX. Gastropodidae, Synchaetidae, Asplanchnidae (Rotifera: Monogononta). Transact. Royal Society of South Australia, v.117: 111-139.
- Silva, WM. & Matsumura-Tundisi, T. 2005. Taxonomy, ecology, and geographical distribution of the species of the genus Thermocyclops Kiefer, 1927 (Copepoda, Cyclopoida) in São Paulo state, Brazil, with description of a new species. Brazilian Journal of Biology, v.65, n.3: 521-531.
- Silva, WM. 2003. Diversidade dos Cyclopoida (Copepoda, Crustacea) de água doce do estado de São Paulo: taxonomia, ecologia e genética. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. Tese de Doutorado. 154 f.
- Simpson, E.H. Measurement of diversity. Nature 163:688. 1949.
- Sinev, AY. 2001. Redescription of Alona glabra Sars, 1901, a South American species of the pulchella-group (Branchiopoda: Anomopoda: Chydoridae). Arthropoda Selecta, v.10, n.4: 273-280.
- Smirnov, N.N. 1974. Fauna of the U.S.S.R. Crustacea. Chydoridae, v. 1, n. 2. Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem.
- Souza, L. O. I.; Costa, J. M. & Oldrini, B. B. Odonata. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.), 23p. 2007. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/
- Stewart K. W. and Harper, P. P. Plecoptera. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3. ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- Trivinho-Strixino, S. & Strixino, G. Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: Guia de identificação e diagnose dos gêneros. PPG- ERN/ UFSCAR, São Carlos.1995.



Tucci, A. Sucessão da comunidade fitoplânctonica de um reservatório urbano e eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2002.

Utermöhl, H. Zur Vervollkommen der quantitativen Phytoplankton: methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie 9:1-38. 1958.

Van Damme, K.; Kotov, AA.; Dumont, HJ. 2005. Redescription of *Leydigia parva* Daday, 1905 and assignment to *Parvalona* gen. nov. (Cladocera: Anomopoda: Chydoridae). *Journal of Natural History*, v.39, n.23: 2125-2136.

Van Damme, K.; Kotov, AA.; Dumont, HJ. 2010. A checklist of names in *Alona* Baird 1843 (Crustacea: Cladocera: Chydoridae) and their current status: an analysis of the taxonomy of a lump genus. *Zootaxa*, v.2330: 1–63.

Westfall Jr., M. J. and Tennessen K. J. 1996. Odonata. In: Merritt, R. W. & Cummins K. W. (eds.). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3 ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. 164-211.

White, D. S. and Brigham, W. U. 1996. Aquatic Coleoptera. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (eds.). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3. ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. 399-473.

Wiggins, G. B. 1996. Trichoptera Families. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3 .ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. 309-349,1996.



Página de Assinaturas

GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.

Antônio Freitas
Engº. Químico Sênior

AF/JP/acs

Golder, Golder Associates e os símbolos GA e globo são marcas registradas da Golder Associates Corporation.

Como uma organização global de propriedade de seus colaboradores e mais de 50 anos de experiência, a Golder Associates é conduzida pelo nosso propósito de apoiar o desenvolvimento e preservar a integridade da Terra. Fornecemos soluções que ajudam nossos clientes a alcançarem seus objetivos de desenvolvimento sustentável, oferecendo-lhes uma ampla gama de serviços independentes de consultoria, projeto e gestão da construção em nossas áreas de especialização da engenharia da terra, do meio ambiente e da energia.

Para maiores informações, visite golder.com

África	+ 27 11 254 4800
Ásia	+ 86 21 6258 5522
Oceania	+ 61 3 8862 3500
Europa	+ 44 1628 851851
América do Norte	+ 1 800 275 3281
América do Sul	+ 56 2 2616 2000

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.
Rua Pernambuco, 1000 - 10º andar
Bairro Funcionários
Belo Horizonte - MG
CEP: 30.130-151
Brasil
T: +55 (31) 2121 9800

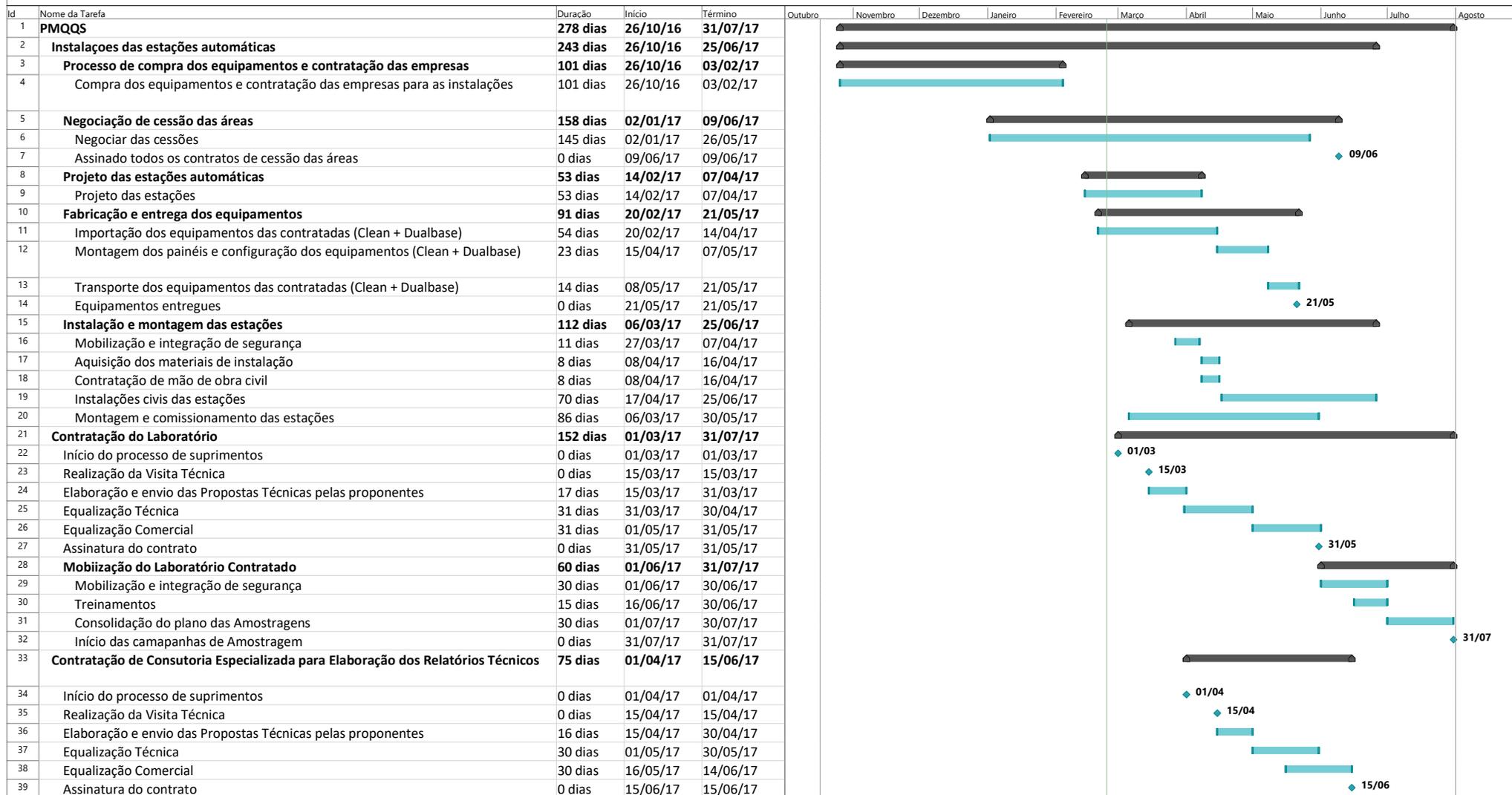




ANEXO E

Cronograma de Implantação do PMQQS (Elaborado pela Fundação Renova)

Implantação do Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos- PMQQS



Implantação PMQQS



Como uma organização global de propriedade de seus colaboradores e mais de 50 anos de experiência, a Golder Associates é conduzida pelo nosso propósito de apoiar o desenvolvimento e preservar a integridade da Terra. Fornecemos soluções que ajudam nossos clientes a alcançarem seus objetivos de desenvolvimento sustentável, oferecendo-lhes uma ampla gama de serviços independentes de consultoria, projeto e gestão da construção em nossas áreas de especialização da engenharia da terra, do meio ambiente e da energia.

Para maiores informações, visite golder.com

África	+ 27 11 254 4800
Ásia	+ 86 21 6258 5522
Oceania	+ 61 3 8862 3500
Europa	+ 44 1628 851851
América do Norte	+ 1 800 275 3281
América do Sul	+ 56 2 2616 2000

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.
Rua Pernambuco, 1000 - 10º andar
Bairro Funcionários
Belo Horizonte - MG
CEP: 30.130-151
Brasil
T: +55 (31) 2121 9800

