

PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA BIODIVERSIDADE AQUÁTICA DA ÁREA AMBIENTAL I – AMBIENTES DULCÍCOLA E MARINHO

A presente proposta para o Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I (PMBA) evidencia uma abordagem integrada por Ambientes (e não mais por Anexos). Esta abordagem permitirá implementar, dentro da presente proposta, uma avaliação da interação entre os diversos componentes da biodiversidade e seu ecossistema, pois exige uma discussão contínua de todas as informações geradas e mantidas, permitindo também uma gestão mais eficiente no compartilhamento de dados e na estrutura das diversas áreas de conhecimento.

Cada ambiente será abordado em temas e subtemas, nos quais as diferentes áreas do conhecimento deverão interagir sob perspectivas teórico-práticas de integração dos dados, avaliando a sincronia espacial e dinâmica da biodiversidade, com análises confirmatórias e de sistemas ecológicos dinâmicos, identificação da relação espécie-ambiente e de impactos ambientais, além de identificar locais prioritários para auxiliar no plano de manejo, mitigação e recuperação de danos aos ecossistemas.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO PARA OS AMBIENTES DULCÍCOLA E MARINHO

O Programa de Monitoramento para os ambientes Dulcícola e Marinho compreende áreas de conhecimento específicas, conforme o tipo de estudo, ambiente ou grupo de organismos contemplados no Termo de Referência 4 - Primeira Revisão.

Para o presente Programa, os Temas que serão executados estão listados a seguir:

- Tema Dulcícola: Estudo e monitoramento ambiental da calha fluvial e sistemas lacustres (lagos e lagoas) do baixo Rio Doce
Coordenação: Prof. Daniel Rigo e Profa. Eneida Eskinazi Sant'Anna
- Tema Ictiofauna Dulcícola: Estudos de macroinvertebrados dulcícolas, ictioplâncton, ecologia e genética de peixes.
Coordenação: Prof. Jorge Dergam
- Tema Marinho: Estudo e monitoramento ambiental da área marinha.
Coordenação: Prof. Fabian Sá
- Tema Ictiofauna e Crustáceos Marinhos: Estudo e monitoramento dos peixes e crustáceos marinhos.
Coordenação: Prof. Maurício Hostim Silva

A seguir são indicadas as linhas de pesquisa a serem desenvolvidas em cada um dos temas.

AMBIENTE DULCÍCOLA

1- Abiótico – Limnologia e Geoquímica da Água e Sedimento

- 1.1 - Água: parâmetros limnológicos (alcalinidade, carbono orgânico dissolvido, clorofila-a, condutividade, oxigênio dissolvido, pH, temperatura, entre outros). Geoquímica metais—(dissolvidos, totais, particulado), nutrientes; Material Particulado em Suspensão (MPS); Mineralogia;
- 1.2 - Sedimento (superficial): Geoquímica Metais (totais); compostos orgânicos (pesticidas, pcbs, fenóis totais e HPAS), nutrientes; Sedimentologia e Mineralogia.

2- Biótico – Comunidades aquáticas (estrutura, biomassa, padrões espaço-temporais e índices integrativos)

- 2.1 – Plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton)
- 2.2 – Macrófitas aquáticas
- 2.3 – Perifíton

3- Fluxos e Relações com Atividades na Bacia

- 3.1 - Modelagem computacional para caracterização hidrológica e avaliação do fluxo de água e sedimentos; dinâmica de populações e comunidades. Padrões espaciais e temporais da biodiversidade.
- 3.2 - Monitoramento de vazões, descargas sólidas e quantificação de fluxos de metais e nutrientes
- 3.3 - Análise das relações de causa e efeito de ações na bacia hidrográfica sobre fluxos de água, sedimentos e nutrientes

4- Ictofauna Dulcícola

- 4.1 - Macroinvertebrados
- 4.2 - Ictioplâncton
- 4.3 - Ecologia de Peixes
- 4.4 - Genética de Peixes

AMBIENTE MARINHO

1- Abiótico

- 1.1 - Modelagem computacional do transporte de sedimentos finos
- 1.2 - Água: Hidroquímica Metais (dissolvidos, totais, particulado), compostos nitrogenados, nutrientes; Material Particulado em Suspensão (MPS) e mineralogia
- 1.3 - Sedimento (superficial e coluna sedimentar): Geoquímica Metais (parcial); compostos orgânicos, nutrientes; Sedimentologia e Mineralogia Isótopos e elementar CN
- 1.4 - Mapeamento de Habitats: Imageamento do fundo de áreas específicas - MultiBeam, Dropcameras e ROVs

2- Biótico

2.1 – Plâncton:

Fitoplâncton e bacterioplâncton – micro, nano e picoplâncton (Análise quali-quantitativa; Biomassa fitoplanctônica; Estado fisiológico; Índices ecológicos; Sequenciamento genético (metabarcoding)

Zooplâncton: Análise quali-quantitativa; Biomassa zooplanctônica; Estrutura da comunidade; Índices ecológicos

Ictioplâncton: Análise quali-quantitativa; Ovos e larvas de peixe; Estrutura da comunidade; Distribuição espacial das assembleias; Índices ecológicos

2.2 - Fundos consolidados

Recifes e bancos de rodólitos: Dinâmica de comunidades bênticas; Saúde de corais; Restauração e manejo de ambientes recifais; Bandeamento de corais

2.3 - Bentos de fundo inconsolidado: Taxonomia e quantificação de organismos; Estruturas das comunidades; Distribuição dos organismos

3- Ictiofauna e Crustáceos Marinhos

3.1- Comunidades e Populações

- Peixes recifais

Estrutura populacional e descritores de comunidade biológica das assembleias de peixes recifais (através de censos visuais subaquáticos)

- Peixes e Crustáceos Estuarinos

Estrutura populacional e descritores de comunidade biológica das assembleias de peixes e crustáceos estuarinos/marinhos (através de arrastos de fundo em três estuários)

3.2- Uso do habitat e conectividade

- Genética

Genética de populações e análise de *barcoding*

– Ecologia Trófica

Hábitos alimentares e isótopos estáveis

– Reprodução de peixes e crustáceos

Espécies mais abundantes/frequentes e de interesse comercial e/ou ecológico

– Larvas de peixes

Assentamento e recrutamento de peixes marinhos (através de armadilhas de luz ao longo da costa do ES e BA em frente à foz dos rios Mucuri, São Mateus, Doce e Piraquê-açu).

– Microquímica de Otólitos

Microquímica de otólitos de peixes estuarinos/marinhos de interesse comercial e/ou ecológico

– Telemetria: Peixes Estuarinos e Marinhos

Peixes de interesse comercial e/ou ecológico dos rios São Mateus e Doce

PROPOSTA DE NOVA ESTRUTURA INTEGRATIVA PARA O PMBA

O desenvolvimento de metodologias de integração de dados e modelos é primordial para alçar a investigação científica a um novo horizonte preditivo, contribuindo não apenas na resolução de graves problemas sociais e ambientais, mas também no aprimoramento das ferramentas de análise ecossistêmica. Várias metodologias, plataformas, modelos conceituais analíticos e de infraestrutura eletrônica foram desenvolvidas nas últimas décadas, mas o conceito de integração de dados e de modelos preditivos permanece relativamente incipiente, produzindo em sua grande maioria poucos resultados aplicáveis e reproduzíveis. Embora a integração de dados e modelos seja desafiadora, a aplicação de ferramentas robustas para o estudo da biodiversidade e de métodos para distinguir as respostas da biodiversidade às variações naturais e/ou antrópicas fortalecem a gestão ambiental, dando suporte científico às soluções de problemas sociais e ambientais, bem como a melhores estratégias de monitoramento.

Avaliar as variações da biodiversidade no tempo e espaço permite: 1) compreender as características que afetam a diversidade de espécies para implementar estratégias eficazes de conservação nos sistemas ecológicos; 2) mitigar a perda de biodiversidade e indicar eventuais medidas reparatórias; 3) avaliar as respostas ecológicas aos distúrbios naturais e humanos; 4) identificar o impacto agudo e crônico sobre as espécies e as teias alimentares; 5) detectar mudanças na estrutura e função dos ecossistemas; 6) avaliar o impacto da perda da biodiversidade sobre bens e serviços ecossistêmicos e, 7) identificar locais prioritários para a conservação.

Um avanço importante nesta proposta, em função das demandas apresentadas nas discussões do PMBA, é que os monitoramentos tradicionalmente avaliam a relação dos componentes abióticos dos ecossistemas com grupos taxonômicos específicos, ou quando avaliam mais de um grupo taxonômico raramente identificam as relações de dependência entre os grupos; e desta forma, perdem informações importantes que são identificadas apenas pela complexa interação existente entre os diversos componentes da biodiversidade e seu ecossistema.

Por outro lado, a proposta de monitoramento multi-grupo da biodiversidade aquática aqui apresentada permite analisar a complexidade de interações ecológicas e é compatível com as abordagens ecossistêmica e multidimensional do nicho ecológico, constituindo-se em uma eficiente estratégia para entender padrões e processos nos ecossistemas. Além disso, aliado a monitoramentos a longo prazo, o monitoramento multi-grupo pode fornecer informações de tendências ou variabilidade das comunidades que não são detectadas em estudos espaciais. Compreender como as comunidades variam ao longo do tempo pode fornecer subsídios para direcionar políticas de mitigação da perda de espécies e a relação com funções e serviços ecossistêmicos, uma vez que os serviços ecossistêmicos estão intimamente relacionados com a função que as espécies exercem nesses ambientes.

Nesta proposta serão utilizadas abordagens teórico-práticas integrando diversos componentes dos ecossistemas aquáticos com dados provenientes do monitoramento

da região impactada pela presença de rejeito de mineração, para elaboração de um projeto de integração. Dessa maneira são propostas seis abordagens integrativas, ilustradas na Figura 1.

- 1) Criação de banco relacional e de integração do PMBA e do PMQQS;
- 2) Análises de ferramentas estatísticas de séries temporais para avaliação de tendência como ferramenta de integração de dados;
- 3) Integração dos dados entre os compartimentos costeiros e entre os ambientes costeiro, marinho e dulcícola e comparação de dados e ambientes, incluindo análises conceituais e modelos de equações estruturais, que permitem o cálculo de estatísticas desde os dados brutos até a avaliação final na compreensão dos impactos de forma sistêmica;
- 4) Análise de sistemas ecológicos dinâmicos, que usa a modelagem computacional para avaliar fenômenos e previsão de cenários;
- 5) Aplicação de ferramentas estatísticas multivariadas para avaliação de tendências e de integração de dados; e
- 6) Identificação de locais que podem servir como fonte de espécies para a manutenção do *pool* regional de espécies da Bacia Hidrográfica e zona costeira adjacente.

Estas abordagens de integração aqui propostas são flexíveis, podendo ser ampliadas, caso demandado, para realizar a integração de outros temas de interesse.

Resumo gráfico da proposta integrativa

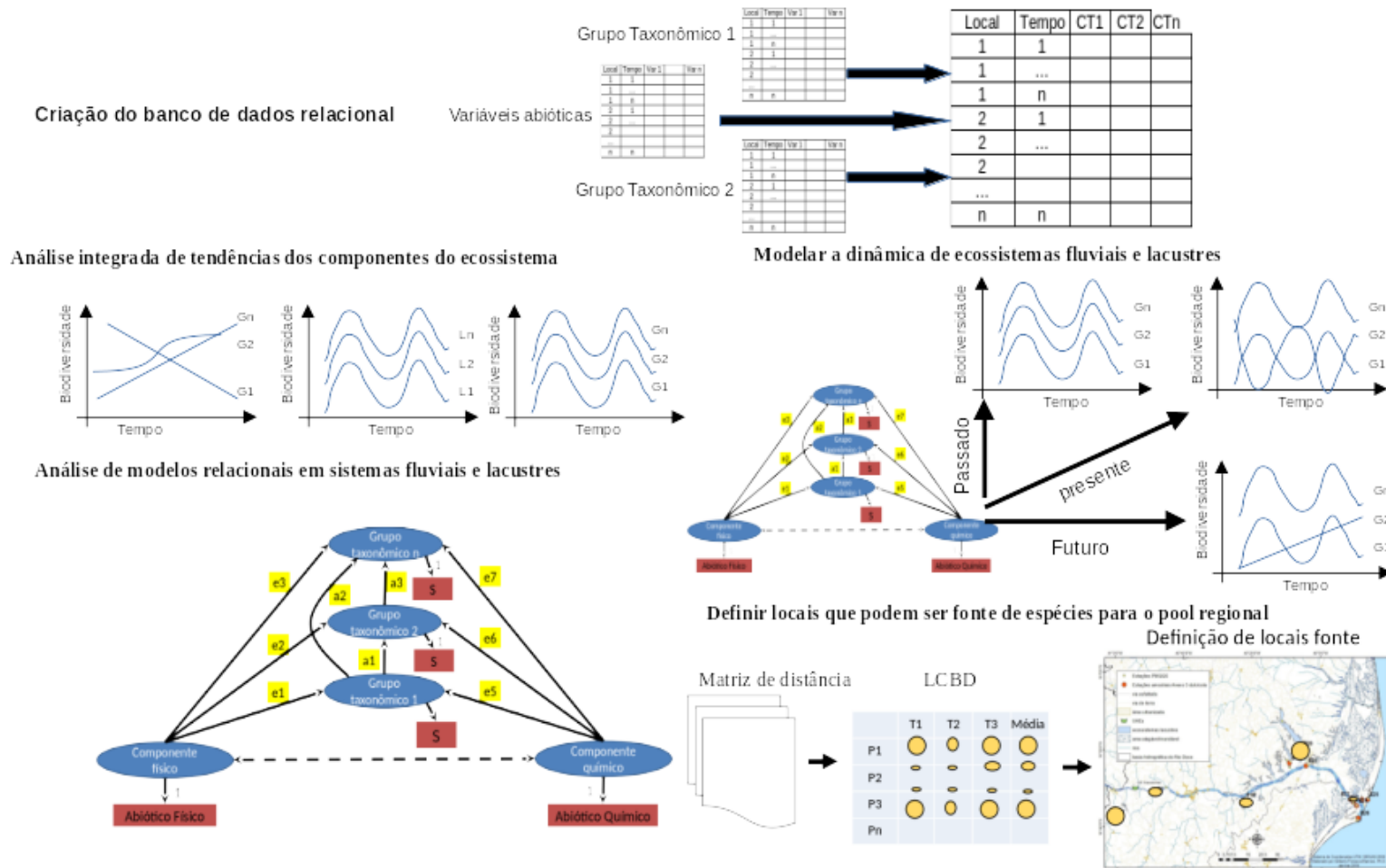


Figura 1: Apresentação gráfica dos procedimentos de análise de dados. Organização de banco de dados relacional. Análise de séries temporais de diferentes dos grupos taxonômicos; L1, L2, L3 são locais estudados; Definição dos modelos relacionais; Dinâmica temporal dos modelos; Definição de locais chaves para a conservação da biodiversidade.

PROPOSTA DE ALTERAÇÕES NA METODOLOGIA ATUALMENTE EMPREGADA NO PMBA, NOS AMBIENTES DULCÍCOLA E MARINHO

As Figuras e Tabelas a seguir apresentam a distribuição das estações amostrais propostas para o monitoramento da presente proposta, considerando as alterações estabelecidas em relação ao atual PMBA.

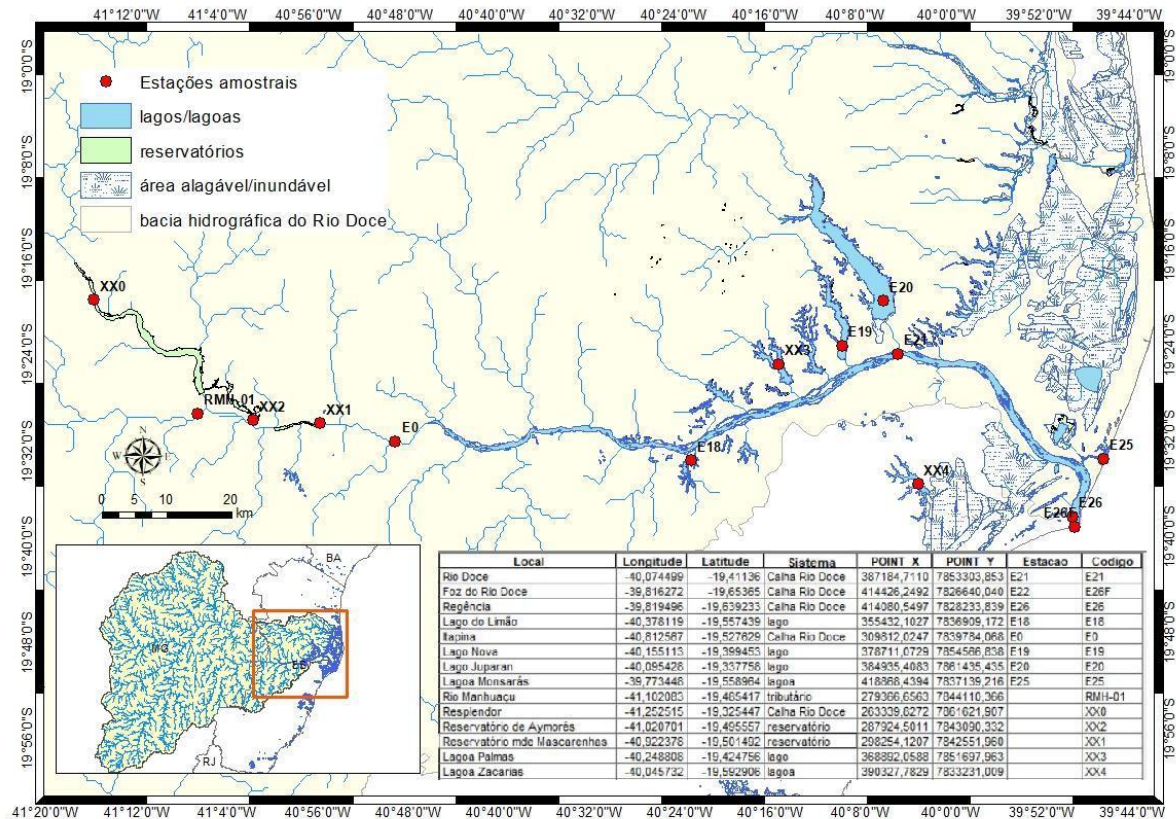


Figura 2: Mapa com localização das estações de monitoramento propostas para o PMBA, Ambiente Dulcícola, temas abióticos e bióticos.

Tabela 1: Comparação entre as malhas amostrais atuais do PMBA e a nova proposta para o Ambiente Dulcícola, temas abióticos e bióticos.

Código	Ambiente/Município	Situação	Justificativa
E0	Calha Rio Doce/ Itapina – Colatina	Permanece	-
E17	Rio Guandu/Baixo Guandu	Excluída	Ponto controle com qualidade ambiental bastante comprometida, não sendo possível a detecção de condições ambientais indicadoras de impactos antrópicos mínimos
E21	Calha Rio Doce/Linhares	Permanece	-
E22	Calha Rio Doce/ Povoação/Linhares	Reposicionar à jusante foz Rio Doce	O reposicionamento do ponto amostral para uma área de remanso próxima à foz possibilitará maior detalhamento dos efeitos do pulso de inundação do Rio Doce

Código	Ambiente/Município	Situação	Justificativa
E26	Calha Rio Doce/Regência/Linhares	Permanece	-
RMH01	Rio Manhuaçu	Incluir	Ponto amostral sugerido como ponto controle em relação ao rejeito de mineração na calha fluvial
XX0	Resplendor	Incluir	Ponto amostral à jusante do reservatório de Mascarenhas, possibilitando avaliar como a fragmentação da calha (presença de reservatórios) pode influenciar a biodiversidade fluvial
XX1	Reservatório Mascarenhas	Incluir	Ponto-amostral do reservatório será fundamental para a compreensão da fragmentação fluvial, do aporte de nutrientes e elementos associados ao rejeito para o Baixo Rio Doce, além dos efeitos sobre a biota aquática.
XX2	Reservatório Aimorés	Incluir	Ponto-amostral do reservatório será fundamental para a compreensão da fragmentação fluvial, do aporte de nutrientes e elementos associados ao rejeito para o Baixo Rio Doce, além dos efeitos sobre a biota aquática.
XX3	Lagoa Palmas	Incluir	Inclusão de ambiente lacustre com condições mais pristinas, servindo como ambiente controle lacustre
XX4	Lagoa do Aguiar	Incluir	Inclusão de ambiente lacustre com condições de qualidade de água mais preservadas em relação aos outros ecossistemas lacustres monitorados e onde existem dados limnológicos pretéritos
E18	Lagoa do Limão	Permanece	-
E19	Lagoa Nova	Permanece	-
E20	Lagoa Juparanã	Permanece	-
E23	Lagoa Areão	Excluída	Ambiente bastante eutrofizado, que limita a determinação dos efeitos exclusivos da presença do rejeito. Ocorrência de problemas frequentes no acesso por se tratar de área particular
E24	Lagoa Areial	Excluída	Ambiente com muitos impactos antrópicos difusos, dificultando o registro do impacto pelo rejeito.
E25	Lagoa Monsarás	Permanece	-

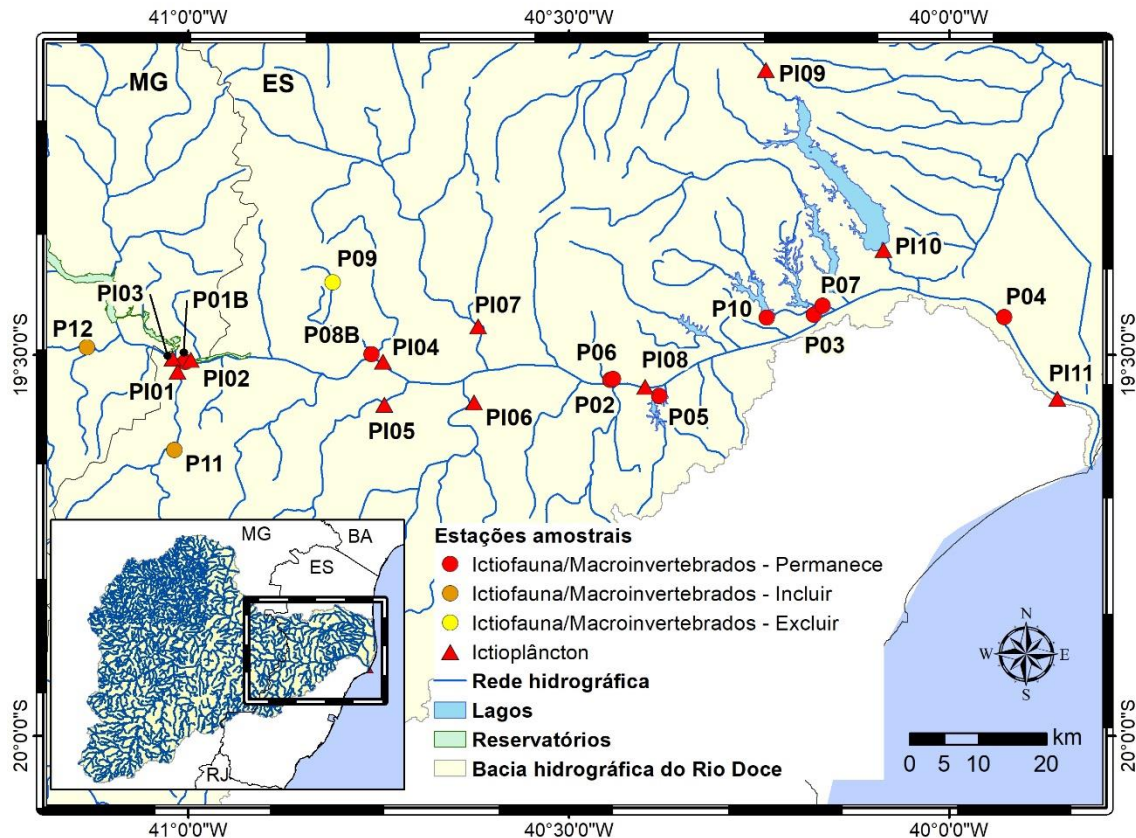


Figura 3: Mapa com localização das estações de monitoramento propostas para atendimento do PMBA, Ambiente Dulcícola, tema Ictiofauna Dulcícola.

Tabela 2: Comparação entre as malhas amostrais atuais do PMBA e a nova proposta para o Ambiente Dulcícola, tema Ictiofauna Dulcícola.

Código	Ambiente/Município	Situação	Justificativa
P01B	Calha Rio Doce – Reservatório UHE Mascarenhas/Baixo Guandu-ES	Permanece	-
P02	Calha Rio Doce/Marilândia-ES	Permanece	-
P03	Calha Rio Doce/Linhares-ES	Permanece	-
P04	Calha Rio Doce/Linhares-ES	Permanece	-
P05	Lago do Limão/Colatina-ES	Permanece	-
P06	Lago do Óleo/Marilândia-ES	Permanece	-
P07	Córrego Ribeirão das Palmas/Linhares-ES	Permanece	-
P08B	Calha Rio Doce/Colatina-ES	Permanece	-
P09	Córrego São Pedro Frio/Colatina-ES	Excluída	Drenagem de cabeceira, não permite a utilização dos mesmos petrechos de coleta utilizados na calha do Rio Doce, o que dificulta a comparação dos dados entre locais afetados e não afetados.
P10	Lago das Palmas/Linhares-ES	Permanece	-
P11	Rio Guandu/Guandu-ES	Incluir	Ambiente mais semelhante ao Rio Doce que permite a utilização dos mesmos petrechos de coleta e possibilita a comparação entre ambientes afetados e não afetados pelo rompimento da Barragem do Fundão.
P12	Rio Manhuaçu/Aimorés-MG	Incluir	Ambiente mais semelhante ao Rio Doce que permite a utilização dos mesmos petrechos de

Código	Ambiente/Município	Situação	Justificativa
			coleta e possibilita a comparação entre ambientes afetados e não afetados pelo rompimento da Barragem do Fundão.
PI01	Calha Rio Doce - Montante da foz do rio Guandu/Baixo Guandu-ES	Permanece	-
PI02	Rio Guandu - próximo a sua foz com o rio Doce/Baixo Guandu-ES	Permanece	-
PI03	Calha Rio Doce – Reservatório UHE Mascarenhas/Baixo Guandu-ES	Permanece	-
PI04	Calha Rio Doce - acima da foz do rio Santa Joana/Colatina-ES	Permanece	-
PI05	Rio Santa Joana - próximo a sua foz com o rio Doce/Colatina-ES	Permanece	-
PI06	Rio Santa Maria do Rio Doce - próximo a sua foz com o rio Doce/Colatina-ES	Permanece	-
PI07	Rio Pancas - próximo a sua foz com o rio Doce/Colatina-ES	Permanece	-
PI08	Calha Rio Doce - acima da lagoa do Limão/Colatina-ES	Permanece	-
PI09	Rio São José - montante da lagoa Juparanã/Sooretama-ES	Permanece	-
PI10	Rio São José - próximo a entrada da lagoa Juparanã/Linhares-ES	Permanece	-
PI11	Calha Rio Doce - próximo a sua foz/Linhares-ES	Permanece	-

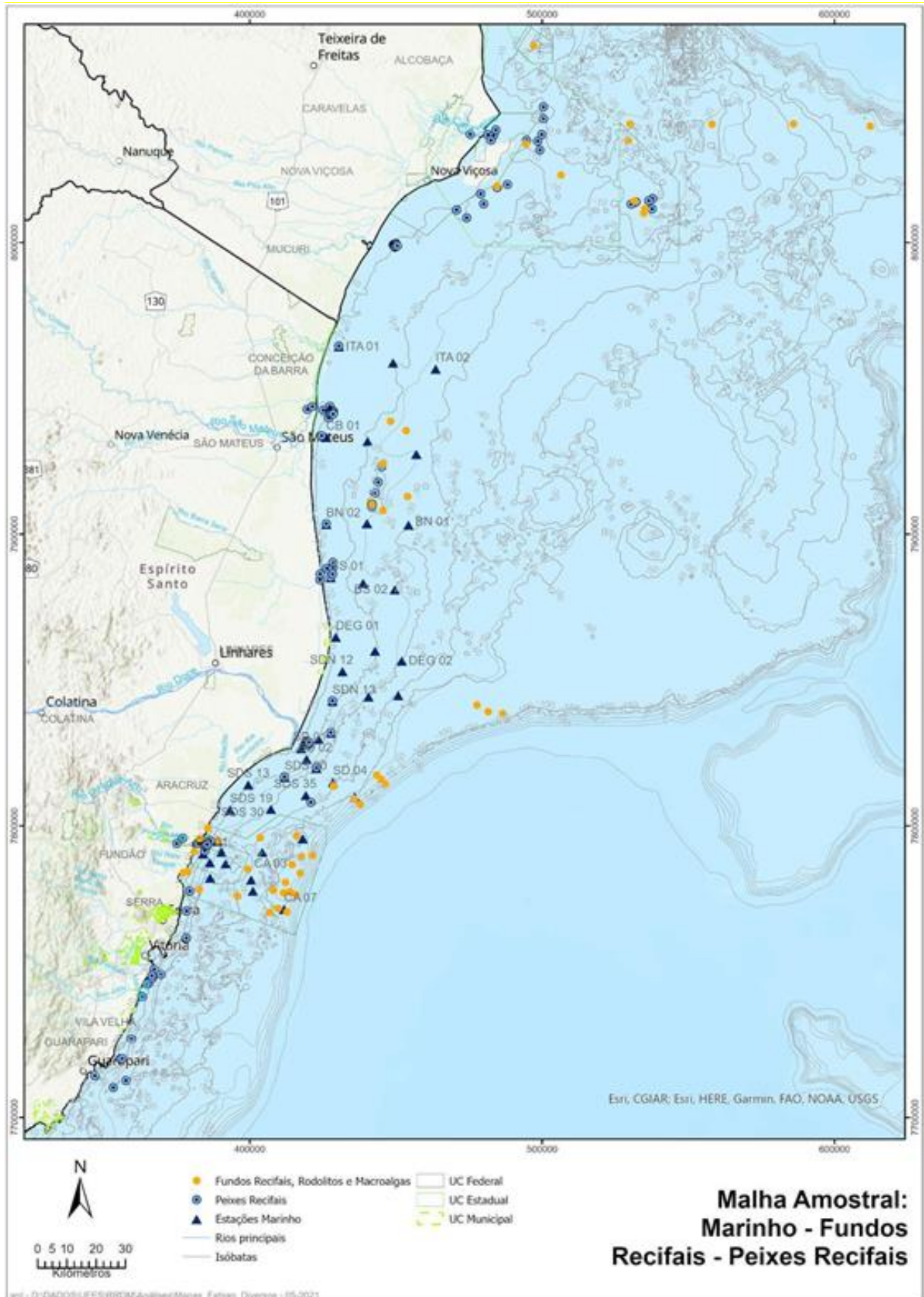


Figura 4: Mapa com localização das estações de monitoramento propostas para o PMBA, Ambiente Marinho, temas abióticos, bióticos, ictiofauna e crustáceos marinhos.

Tabela 3: Comparação entre as malhas amostrais atuais do PMBA e a nova proposta para o Ambiente Marinho, temas abióticos, bióticos, ictiofauna e crustáceos marinhos.

Código	Ambiente/Município	Situação	Justificativa
ABR 01	Abrolhos	Excluída	Foram excluídas estas estações amostrais para os seguintes subprojetos: Sedimentologia, Hidrogeoquímica, Fitoplâncton, Zooplâncton, Ictioplâncton, Bentos fundos inconsolidados e a perfilação de CTD da Modelagem numérica. O monitoramento realizado pelo subprojeto Fundos Recifais, Rodólitos e Macroalgas foi mantido, sendo os ambientes recifais sentinelas para esta região. Os pontos amostrais excluídos destes subprojetos foram realocados para adensar a malha amostral no Setor Norte (Degredo a Itaúnas), visando otimizar os procedimentos de análise,
ABR 02	Abrolhos	Excluída	
ABR 03	Abrolhos	Excluída	
ABR 04	Abrolhos	Excluída	
MUC 01	Mucuri	Excluída	
MUC 02	Mucuri	Excluída	
ITA 01	Itaúnas	Permanece	-
ITA 02	Itaúnas	Permanece	-
ITA XX	Itaúnas	Incluir	Estação amostral realocada, aumentando a malha amostral no Setor Norte.
CB 01	Conceição da Barra	Permanece	-
CB XX	Conceição da Barra	Incluir	Estação amostral realocada, aumentando a malha amostral no Setor Norte.
CB XX	Conceição da Barra	Incluir	Estação amostral realocada, aumentando a malha amostral no Setor Norte.
BN 01	Barra Nova	Permanece	-
BN 02	Barra Nova	Permanece	-
BN XX	Barra Nova	Incluir	Estação amostral realocada, aumentando a malha amostral no Setor Norte.
BS 01	Barra Seca	Permanece	-
BS 02	Barra Seca	Permanece	-
BS XX	Barra Seca	Incluir	Estação amostral realocada, aumentando a malha amostral no Setor Norte.
DEG 01	Degredo	Permanece	-
DEG 02	Degredo	Permanece	-
DEG XX	Degredo	Incluir	Estação amostral realocada, aumentando a malha amostral no Setor Norte.
SDN 12	Foz do Rio Doce	Permanece	-
SDN 13	Foz do Rio Doce	Permanece	-
SDN 29	Foz do Rio Doce	Permanece	-
SDN 20	Foz do Rio Doce	Permanece	-
SDN XX	Foz do Rio Doce	Incluir	Nova estação amostral. Inserida para aumentar o detalhamento amostral no subsetor Foz Norte.
SD 01	Foz do Rio Doce	Permanece	-
SD 02	Foz do Rio Doce	Permanece	-
SD 03	Foz do Rio Doce	Permanece	-
SD 04	Foz do Rio Doce	Permanece	-
SD 05	Foz do Rio Doce	Permanece	-
SDS 13	Foz do Rio Doce	Permanece	-
SDS 19	Foz do Rio Doce	Permanece	-
SDS 20	Foz do Rio Doce	Permanece	-
SDS 30	Foz do Rio Doce	Permanece	-
SDS 35	Foz do Rio Doce	Permanece	-
CA 01	APA Costa das Algas	Permanece	-
CA 02	APA Costa das Algas	Permanece	-
CA 03	APA Costa das Algas	Permanece	-
CA 04	APA Costa das Algas	Permanece	-
CA 05	APA Costa das Algas	Permanece	-
CA 06	APA Costa das Algas	Permanece	-
CA 07	APA Costa das Algas	Permanece	-
CA 08	APA Costa das Algas	Permanece	-
CA 09	APA Costa das Algas	Permanece	-
CA 13	APA Costa das Algas	Permanece	-
CA 15	APA Costa das Algas	Permanece	-

Código	Ambiente/Município	Situação	Justificativa
Fundos Recifais, Rodólitos e Macroalgas	APA Costas das Algas, região de Abrolhos, Foz do Rio Doce.	Permanece	-
Fundeios - Oceanografia Física	Fundeio 1 Fundeio 2 Fundeio 3 Fundeio 4	Permanece os Fundeios 3 e 4. Exclusão dos Fundeios 1 e 2.	Os dados obtidos durante os três anos do monitoramento do PMBA permitiram um conhecimento bem fundamentado sobre as condições marítimas da região. A redução do número de fundeios otimiza as atividades de análise, sem prejuízo a qualidade das análises do PMBA. Serão mantidos os fundeios ao norte da Foz do Rio Doce devido a maior carga de transporte em suspensão, em momentos críticos de inversões no padrão hidrodinâmico.
Ictiofauna e Crustáceos Marinhos	Regiões estuarinas: São Mateus, Ipiranga, Rio Doce, Caravelas, Piraquê-Açu, Recifais:, Mucuri, Piraquê-Açu, APA Costa das Algas, REVIS Santa Cruz, Recifes Esquecidos, RESEX Cassurubá, PARNA Abrolhos, Vitória, Guarapari.	Permanece Rio Doce, São Mateus e Piraquê-Açu. Inclusão do rio Benevente. Exclusão dos rios Ipiranga e Caravelas.	A retirada dos pontos de monitoramento da ictiofauna e carcinofauna dos rios Ipiranga e Caravelas se deu para concentração e otimização das análises no estuário do Rio Doce (fonte do impacto) e adjacentes, sendo um estuário ao norte (São Mateus) e outro ao sul (Piraquê-Açu). Concomitantemente, a inserção de ponto-amostrador controle (não impactado pelo rejeito), no Rio Benevente, contribuirá na avaliação comparativa dos resultados obtidos nos estuários impactados.

As Tabelas 4 (Ambiente Dulcícola) e 5 (Ambiente Marinho) apresentam apenas alterações nas metodologias atualmente empregadas, deste modo as metodologias que permanecem inalteradas não aparecem nestas tabelas.

Tabela 4: Alterações propostas na metodologia do PMBA atual, no Ambiente Dulcícola.

Tema	PMBA atual	Esta Proposta Técnica	Justificativa
Dulcícola	Coleta e análise mensal de fitoplâncton	Coleta e análise mensal/bimestral* do fitoplâncton	Os dados obtidos durante os três anos de monitoramento do PMBA permitiram um conhecimento bem fundamentado sobre a composição de espécies, padrões de diversidade e variação temporal da comunidade. A coleta bimensal otimiza as atividades de análise, sem prejuízo a qualidade dos dados em termos de representatividade de processos dinâmicos e estruturais.
Dulcícola	Coleta e análise mensal de zooplâncton	Coleta e análise mensal/bimestral* do zooplâncton	Os dados obtidos durante os três anos de monitoramento do PMBA permitiram um conhecimento bem fundamentado sobre a composição de espécies, padrões de diversidade e variação temporal da comunidade. A coleta bimensal otimiza as atividades de análise, sem prejuízo a qualidade dos dados em termos de representatividade de processos dinâmicos e estruturais.
Dulcícola	Coleta e análise mensal de perifíton	Coleta e análise mensal/bimestral* do perifíton	Os dados obtidos durante os três anos de monitoramento do PMBA permitiram um conhecimento bem fundamentado sobre a composição de espécies, padrões de diversidade e variação temporal da comunidade. A coleta bimensal otimiza as atividades de análise, sem prejuízo a qualidade dos dados em termos de representatividade de processos dinâmicos e estruturais.
Dulcícola	Coleta e análise mensal de macrófitas	Coleta e análise mensal/bimestral* de macrófitas.	Os dados obtidos durante os três anos do monitoramento do PMBA permitiram um conhecimento bem fundamentado sobre a composição de espécies, padrões de diversidade e variação temporal da comunidade. A coleta bimensal otimiza as atividades de análise, sem prejuízo a qualidade dos dados em termos de representatividade de processos dinâmicos e estruturais.
Dulcícola	Coleta e análise mensal de parâmetros limnológicos	Coleta e análise mensal/bimestral* de parâmetros limnológicos	Os dados obtidos durante os três anos de monitoramento do PMBA permitiram um conhecimento bem fundamentado sobre a caracterização limnológica dos ecossistemas aquáticos, os processos físicos e químicos e suas variações sazonais. A coleta bimensal otimiza as atividades de análise, sem prejuízo a qualidade dos dados em termos de representatividade de processos limnológicos.
Dulcícola	Coleta e análise mensal de parâmetros geoquímicos de água e sedimentos	Coleta e análise mensal/bimestral* de parâmetros geoquímicos de água Água: análise de metais totais, metais dissolvidos, metais totais no material particulado em suspensão (MPS).	Os dados obtidos durante os três anos de monitoramento do PMBA permitiram um conhecimento bem fundamentado sobre a caracterização limnológica dos ecossistemas aquáticos, os processos físicos e químicos e suas variações sazonais. A coleta bimensal otimiza as atividades de análise, sem prejuízo a qualidade dos dados em termos de representatividade de processos geoquímicos.

Tema	PMBA atual	Esta Proposta Técnica	Justificativa
		<p>Excluídos: Isótopos no MPS; Análise elementar no MPS.</p> <p>Sedimentos: análise de metais totais e terras raras. Excluídos: extração sequencial de metais (especificação), metais biodisponíveis e especificação do fósforo em sedimento.</p>	<p>Após esse conhecimento obtido no monitoramento, pode-se avaliar a elevada importância dos três parâmetros analisados na água no que diz respeito aos teores de metais, sendo os mesmos correlacionados entre si, entre a dinâmica período chuvoso/ período seco e entre diversos resultados bióticos do PMBA. Contudo, para sedimento, não se percebeu as mesmas correlações com o parâmetro extração sequencial. Por se tratar de uma análise laboriosa e custosa financeiramente, visando otimização das análises, decidiu-se por sua exclusão. Assim, foram mantidas apenas a análise de metais totais, importante para determinação, ou não, da presença do rejeito no sedimento. Já o teor de metais biodisponíveis tinha como maior utilidade garantir o balanço de massa da extração sequencial, e por isso decidiu-se por sua exclusão</p>
Dulcícola	Coleta e análise mensal de contaminantes orgânicos na água e sedimento (pesticidas, PCBs, fenóis totais e HPA)	<p>Coleta e análise mensal/bimestral* de contaminantes orgânicos nos sedimentos (pesticidas, PCBs, fenóis totais e HPA); Excluídos aminas, esteróis, hidrocarbonetos totais em sedimentos. Excluídas todas as análises de orgânicos em água.</p>	<p>Os dados obtidos durante os três anos de monitoramento do PMBA permitiram um conhecimento bem fundamentado sobre a caracterização de contaminantes, incluindo suas variações sazonais. A adoção da coleta bimensal otimiza as atividades de análise, sem prejuízo a qualidade da amostragem em termos de representatividade.</p> <p>Decidiu-se pela exclusão de todas as análises de orgânicos em água uma vez que a maioria dos valores encontrados estavam abaixo dos respectivos limites de quantificação. Além disso, não há percepção de correlação com o rejeito, e o preparo das amostras possui elevado custo e são muito demoradas, requerendo uma equipe dedicada.</p> <p>Apesar de termos percebido ausência de correlação dos parâmetros orgânicos com o rejeito, decidiu-se ainda manter a análise de alguns parâmetros no sedimento (pesticidas, PCBs, fenóis totais e HPA) que apresentam limites estabelecidos por legislações. Além disso, os resultados desses parâmetros podem subsidiar melhor os tratamentos dos dados bióticos, já que esses parâmetros apresentam toxicidade relevantes dependendo da concentração.</p>
Dulcícola	Não contemplado	Modelagem de produção e transporte de sedimentos no Rio Doce	O estudo de modelagem hidrossedimentológica envolve a aplicação de um modelo hidrológico/hidráulico com módulo de produção e transporte de sedimentos, que simula com passo de tempo diário os fluxos de sedimentos na bacia do Rio Doce de forma espacialmente distribuída. Será possível realizar

Tema	PMBA atual	Esta Proposta Técnica	Justificativa
			simulações do comportamento das vazões e fluxos de sedimentos, considerando a espacialidade das informações e gerando resultados também espacializados na bacia e na sua drenagem. O modelo integrará os processos na bacia de forma macro, representando as consequências dos eventos de chuva e locais de suas ocorrências nos fluxos de água e sedimentos. O modelo será aplicado para estimar os fluxos de sedimentos continuamente, inclusive nos dias em que forem feitas as coletas de campo, auxiliando na interpretação dos dados ao longo do rio Doce, especialmente no trecho do Estado do Espírito Santo, a jusante do reservatório de Aimorés. Considerando os resultados obtidos no PMBA, que indicam a importância dos sedimentos transportados pelo Rio Doce para o entendimento do comportamento da biota aquática, estimativas confiáveis de vazões e descargas sólidas no rio Doce serão importantes para melhor subsidiar as análises dos dados coletados em campo, além de fornecer informações relevantes e com maior frequência às equipes que estudam a biota aquática (dulcícola e marinha).
Dulcícola	Não contemplado	Formulação de um Índice Biótico Integrado a partir dos dados de comunidades aquáticas (plâncton, perifíton e macrófitas)	A integração dos dados bióticos e abióticos possibilitará a elaboração de um índice de qualidade ambiental, fornecendo um indicador de grande aplicação para o monitoramento e gestão da bacia do Baixo Rio Doce.
Ictiofauna Dulcícola	Coleta mensal de Ictiofauna e Macroinvertebrados bentônicos	Coleta bimestral/trimestral de Ictiofauna e Macroinvertebrados bentônicos.	. Os dados obtidos durante os três anos de monitoramento do PMBA permitiram um conhecimento bem fundamentado sobre a composição de espécies, padrões de diversidade e variação temporal da comunidade. A coleta bimestral otimiza as atividades de análise, sem prejuízo a qualidade dos dados em termos de representatividade de processos dinâmicos e estruturais.

* a frequência amostral proposta para o Ambiente Dulcícola considera a frequência mensal para os sistemas lacustres e calha fluvial apenas durante o período chuvoso (outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro). Durante os meses de transição para o período seco e durante o período seco (março, abril, maio, junho, julho, agosto, setembro), as coletas serão executadas bimestralmente. O pulso de inundação do Rio Doce é, atualmente, o principal fator de transporte de rejeito para a calha fluvial, atingindo, eventualmente, os sistemas lacustres

Tabela 5: Alterações propostas na metodologia do PMBA atual, no Ambiente Marinho.

Tema	PMBA atual	Esta Proposta Técnica	Justificativa
Marinho	Para os subprojetos Sedimentologia, Hidrogeoquímica, Fitoplâncton, Zooplâncton, Ictioplâncton, Bentos fundos inconsolidados e a perfilagem de CTD da Modelagem numérica: coletas mensais na Foz do Rio Doce (15 pontos); coleta trimestral em <u>35</u> pontos de amostragem, entre a <u>APA Costa das Algas e Itaúnas</u> ; <u>coletas semestrais em 41 pontos de amostragem, entre a APA Costa das Algas e Abrolhos.</u>	Coletas trimestrais em 42 pontos amostrais para os mesmos subprojetos. Coletas extras (“emergenciais”): no mínimo 2 (duas) no máximo 4 (quatro) dependentes das condições meteocanográficas (aumento da vazão fluvial e/ou energia de ondas).	Os três anos de monitoramento com coletas mensais por estes subprojetos no Ambiente Marinho permitem que, para a continuidade do monitoramento, seja proposta alterações na frequência de obtenção dos dados. A coleta trimestral otimiza as atividades de análise, favorecendo as análises integrativas entre as diferentes matrizes ambientais investigadas.
Marinho	Coletas mensais de amostras de Sedimentologia	Coletas trimestrais e campanhas emergenciais. Exclusão das análises de granulometria e teores de matéria orgânica e carbonatos para Bentos Marinhos; Retirada da análise sedimentológica das amostras de testemunho (amostras da coluna sedimentar).	Serão realizadas as análises dos parâmetros sedimentológicos apenas nas amostras de sedimento superficial, sendo que as mesmas podem ser utilizadas para correlacionar com o Bentos marinho. Uma vez que não há necessidade de continuar a coleta de testemunhos, as análises sedimentológicas destas amostras foram excluídas.
Marinho	Coletas mensais de amostras de Hidrogeoquímica	Coletas trimestrais e campanhas emergenciais. Exclusão da análise dos seguintes parâmetros: - Isótopos no material particulado em suspensão (MPS); - Análise elementar no MPS; - Especificação de metais em água (DGT, metais lábeis); - Compostos emergentes em água e sedimento; - Pesticidas e PCBs em água e sedimento; - Análise de compostos orgânicos em água (hidrocarbonetos, HPA, esteróis, ácidos graxos e fenóis); - Análise da especificação do fósforo em sedimento; - Análise da especificação de metais em sedimento; - Análise dos testemunhos (amostras da coluna sedimentar).	Retirada das análises dos Elementos Terras Raras no MPS. Entende-se que as demais ferramentas utilizadas para verificar a presença do rejeito, como as diferentes frações do Ferro e a mineralogia, são suficientes para fornecer esta interpretação mensal que se buscava com a assinatura dos metais terras raras no MPS. Retirada das análises de Fenóis da água e do sedimento em todas as campanhas: durante todo o período do monitoramento, esta variável ocorreu predominantemente abaixo do limite de detecção, com raras ocorrências de concentrações muito baixas, próximas a esse limite. Retirada das análises de isótopos do MPS: manter as análises destes dados auxiliares apenas no sedimento superficial.

Tema	PMBA atual	Esta Proposta Técnica	Justificativa
			<p>Retirada da análise elementar de CN no MPS: otimização dos procedimentos de análise, sem prejuízo aos resultados do PMBA.</p> <p>Retirada da especiação de metais no sedimento: análise já avaliada nos três anos de monitoramento do PMBA, demonstrando resultados de pouca variabilidade na maioria das frações. Visando otimizar os procedimentos de análise, torna-se interessante manter apenas as análises de metais parciais, bem como suas integrações com outros parâmetros.</p> <p>Retirada da análise de contaminantes emergentes na água e no sedimento: este parâmetro não é encontrado nesta matriz.</p> <p>Retirada da análise de pesticidas e PCBs na água e no sedimento: este parâmetro não é encontrado nesta matriz.</p> <p>Retirada das análises de especiação de fósforo no sedimento: idem para a especiação de metais. Como não é mais prevista a coleta de testemunhos, as análises geoquímicas destas amostras também foram excluídas.</p> <p>Retirada das análises de compostos orgânicos na água (hidrocarbonetos, HPA, esteróis, ácidos graxos e fenóis), sendo mantido o parâmetro Aminas. As análises de compostos orgânicos em sedimentos são mantidas. A matriz água foi excluída (com exceção das Aminas – indicador) devido aos sedimentos refletirem melhor as condições ambientais a longo prazo.</p> <p>Retirada das análises de especiação de metais em água (DGT, metais lábeis): já monitoradas ao longo do PMBA com poucos metais em níveis detectáveis e podendo ser amparadas pelas análises do comportamento dos metais dissolvidos nas águas de superfície e fundo, bem como com a verificação do coeficiente de partição dos metais, entre as fases dissolvida e particulada.</p>
Marinho	Coletas mensais de amostras de Fitoplâncton	<p>Coletas trimestrais e campanhas emergenciais. Exclusão da análise dos seguintes parâmetros: - Análise do fitoplâncton marinho por imageamento em fluxo e variáveis delas variadas; - Redução do número de espécies simbiote de corais.</p>	Exclusões a fim de otimizar variáveis com o intuito de ampliar o esforço na integração da comunidade fitoplanctonica com parâmetros de outros subprojetos.

Tema	PMBA atual	Esta Proposta Técnica	Justificativa
Marinho	Coletas mensais de amostras de Zooplâncton	Coletas trimestrais e nas campanhas emergenciais. de amostras de Zooplâncton	Acompanhando os demais subprojetos deste ambiente marinho e que coletam simultaneamente.
Marinho	Coletas mensais da perfilagem da coluna d'água com CTD para parâmetros físico-químicos	Coletas trimestrais da perfilagem da coluna d'água com CTD para parâmetros físico-químicos	Acompanhando os demais subprojetos deste ambiente marinho e que coletam simultaneamente.
Marinho	Modelagem numérica: 4 Fundeios e modelagem biogeoquímica	Redução para 2 Fundeios; Exclusão do modelo biogeoquímico.	Os dados obtidos durante os três anos do monitoramento do PMBA permitiram um conhecimento bem fundamentado sobre as condições marítimas da região. A redução do número de fundeios otimiza as atividades de análise, sem prejuízo a qualidade das análises do PMBA. Serão mantidos os fundeios ao norte da Foz do Rio Doce devido a maior carga de transporte em suspensão, em momentos críticos de inversões no padrão hidrodinâmico. A exclusão do modelo biogeoquímico será contemplada pela maior integração dos dados gerados em modelos ecológicos, além da dificuldade de calibração do modelo biogeoquímico pela falta de dados pretéritos de, por exemplo, metais na água marinha.
Marinho	Mapeamento de Habitat	Diminuição das áreas de mapeamento em 40%; - Redução do número de verdades de campo (DropCam); - Não haverá coleta de testemunhos (amostras da coluna sedimentar).	A exclusão da coleta de testemunhos baseia-se no resultado satisfatório obtido nas análises realizadas. Esta coleta já ocorreu duas vezes, não havendo a necessidade de ser mantida. A diminuição de áreas a serem mapeadas permitirá enfatizar áreas prioritárias ao mapeamento de habitats, sendo acompanhada pela redução de verdades de campo.
Ictiofauna e Crustáceos Marinhos	Estudos dirigidos de ecologia reprodutiva de peixes de espécies de importância comercial e/ou ameaçadas de extinção	Inclusão de crustáceos marinhos/estuarinos de interesse econômico e/ou ameaçadas de extinção	Complementar as investigações a respeito das influências da lama de rejeitos na reprodução dos crustáceos de interesse comercial, em especial para os camarões. Disponibilizar dados fundamentais para o manejo e ordenamento destes recursos nas áreas estudadas.
Ictiofauna e Crustáceos Marinhos	Análises de DNA Barcoding de peixes e crustáceos mensalmente	Redução no número de exemplares analisados, priorizando as espécies sentinelas. E inclusão de crustáceos marinhos/estuarinos	Identificação via DNA Barcoding, das espécies de peixes presentes nas áreas afetadas pela lama. O objetivo da proposta vigente é analisar 10 exemplares de cada espécie para todas as localidades propostas. No entanto, como já foram realizadas coletas no decorrer dos três anos de monitoramento do PMBA, a quantidade de exemplares a serem coletados diminuiu, visto que algumas espécies já atingiram o número amostral de espécimes propostos. Para essa nova proposta, além de complementar o número amostral das espécies de peixes marinhos, que ainda não completaram 10 exemplares, o grupo crustáceos, em vista de sua relevância, será inserido nas análises.

Tema	PMBA atual	Esta Proposta Técnica	Justificativa
Ictiofauna e Crustáceos Marinhos	Coletas trimestrais nos Rios: Caravelas, São Mateus, Ipiranga,-Doce e Piraquê-Açu	Exclusão das amostragens nos Rios Ipiranga e Caravelas, seguindo alinhamento de priorização dos Rios São Mateus, Doce e Piraquê-Açu	A retirada dos pontos de monitoramento da ictiofauna e carcinofauna dos rios Ipiranga e Caravelas se deu para otimização das análises no estuário do Rio Doce (impacto) e adjacentes, sendo um estuário ao norte (São Mateus) e outro ao sul (Piraquê-Açu), sem prejuízo a qualidade das avaliações dos impactos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão sobre a ictiofauna e crustáceos marinhos.
Ictiofauna e Crustáceos Marinhos	Não contemplado	Ecologia trófica de peixes de interesse comercial e/ou ecológico	Avaliar se existem mudanças na estrutura trófica das espécies baseadas em abordagens “antes e depois” e áreas controles, por meio de estudos de ecologia trófica (isótopos estáveis) de espécies ecologicamente e comercialmente importantes selecionadas do estuário do rio Doce e adjacências.
Ictiofauna e Crustáceos Marinhos	Não contemplado	Incluir a análise química cronológica (tempo e vida de indivíduos adultos, com mais de 5 anos) dos principais elementos químicos presentes na lama de rejeito em espécies de interesse comercial e/ou ecológico	Avaliar o impacto ao longo do tempo dos elementos químicos presentes no rejeito nas espécies, por meio da análise dos otólitos que são estruturas de crescimento contínuo e não são reabsorvidas pelos peixes, ou seja, após a deposição dos elementos químicos na matriz carbonática, a concentração dos elementos em determinado momento da história de vida do peixe não é perdida, sendo usado como um marcador biológico natural.
Ictiofauna e Crustáceos Marinhos	Microquímica de otólitos em estuário monitorados	Incluir o Rio Benevente para comparar com os outros estuários analisados.	Inserir ponto-amostral não impactado pelos rejeitos, de modo a avaliar comparativamente os resultados obtidos nos estuários impactados.
Ictiofauna e Crustáceos Marinhos	Não contemplado	Introduzir amostras biológicas com o uso de artes de pesca tradicionalmente utilizadas como metodologia de captura de espécies de interesse e tamanho comercial	Procedimento inserido visando garantia de incorporação do monitoramento em amostras de pescados de interesse comercial.
Ictiofauna e Crustáceos Marinhos	Telemetria de robalos foi realizada para a foz do Rio Doce e São Mateus	Redução no número de receptores e no número de indivíduos marcados, otimizando análises para avaliação da relação de fatores ambientais e abióticos no uso de habitats dos robalos nas áreas da foz e se estão subindo estes rios.	Ampliar conhecimento sobre comportamento de migração dos robalos rio acima e vice-versa, através da otimização da rede de receptores de telemetria para montante da foz dos Rios Doce e São Mateus.