



08/04/2022

Número: **5095951-26.2020.8.13.0024**

Classe: **[CÍVEL] PROCEDIMENTO COMUM CÍVEL**

Órgão julgador: **2ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte**

Última distribuição : **19/07/2020**

Valor da causa: **R\$ 2.000.000.000,00**

Processo referência: **50715214420198130024**

Assuntos: **Mineração, Brumadinho, Mariana**

Segredo de justiça? **NÃO**

Justiça gratuita? **NÃO**

Pedido de liminar ou antecipação de tutela? **NÃO**

Partes	Advogados
Ministério Público - MPMG (AUTOR)	
ESTADO DE MINAS GERAIS (AUTOR)	
	MARIO EDUARDO GUIMARAES NEPOMUCENO JUNIOR (ADVOGADO) LYSSANDRO NORTON SIQUEIRA (ADVOGADO) CASSIO ROBERTO DOS SANTOS ANDRADE (ADVOGADO) SERGIO PESSOA DE PAULA CASTRO (ADVOGADO)
DEFENSORIA PUBLICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS (AUTOR)	
VALE S/A (RÉU/RÉ)	
	MARCOS LUIZ DOS MARES GUIA NETO (ADVOGADO) ANA JULIA GREIN MONIZ DE ARAGAO (ADVOGADO) HUMBERTO MORAES PINHEIRO (ADVOGADO) WILSON FERNANDES PIMENTEL (ADVOGADO) FLAVIO MARCOS NOTINI DE CASTRO (ADVOGADO) OCTAVIO BULCAO NASCIMENTO (ADVOGADO)

Outros participantes	
PAULA DE MOREIRA GUIMARAES (TERCEIRO INTERESSADO)	
ADVOCACIA GERAL DA UNIAO (TERCEIRO INTERESSADO)	
	MARCELO KOKKE GOMES (ADVOGADO) MARCUS VINICIUS PEREIRA DE CASTRO (ADVOGADO)
Ministério Público Federal (FISCAL DA LEI)	
MINISTERIO PUBLICO DA UNIAO (TERCEIRO INTERESSADO)	
DEFENSORIA PUBLICA DA UNIAO EM MINAS GERAIS (TERCEIRO INTERESSADO)	

Documentos			
Id.	Data da Assinatura	Documento	Tipo
125411811	19/07/2020 09:32	Petição Inicial	Petição Inicial
125411812	19/07/2020 09:32	RECOMENDAÇÃO PROPOSTA CHAMADAS 17 E 19	Outros documentos
125411813	19/07/2020 09:32	DOC 1 - PROCESSO SELETIVO	Outros documentos

125411814	19/07/2020 09:32	DOC 2 - PROPOSTA FUNDEP	Outros documentos
125411815	19/07/2020 09:32	DOC 1 - PROCESSO SELETIVO(1)	Outros documentos
125411816	19/07/2020 09:32	DOC 2 - PROPOSTA FUNDEP(1)	Outros documentos
125411817	19/07/2020 09:32	DOC 3 - PROPOSTA RECOMENDADA E TERMO	Outros documentos
125718768	21/07/2020 12:10	Certidão de Triagem	Certidão de Triagem
269156877	07/08/2020 11:37	Decisão	Decisão
269156879	07/08/2020 11:37	5095951-26.2020.8.13.0024 (Chamadas 17 e 19)	Decisão
281836840	10/08/2020 08:49	Decisão	Intimação
327751883	13/08/2020 14:47	Petição	Petição
327751885	13/08/2020 14:47	vale-chamadas17e19-prazo-quesitos.130820	Petição
328146871	13/08/2020 15:07	Petição	Petição
328146883	13/08/2020 15:07	dilacao_chamadas 17-19	Petição
387988447	19/08/2020 19:05	Despacho	Despacho
387988450	19/08/2020 19:05	5095951-26.2020.8.13.0024 - DILAÇÃO - CHAMADA 17 E 19	Despacho
391698472	20/08/2020 11:08	Despacho	Intimação
629580045	11/09/2020 18:31	Decisão	Decisão
629580048	11/09/2020 18:31	5095951-26.2020.8.13.0024 - APROVAÇÃO CHAMADAS 17 e 19	Decisão
631200027	12/09/2020 06:33	Decisão	Intimação
758258427	22/09/2020 19:03	MPMG-ass PETICAO - Chamadas UFMG - 5095951-26.2020.8.13.0024 CHAMADAS 17-19 -02Set20	Manifestação da Promotoria
758258428	22/09/2020 19:03	MPMG-60612553-ACM-DM-ZZ-LT-PM-0011-2020	Manifestação da Promotoria
789509833	24/09/2020 12:46	Petição	Petição
789509840	24/09/2020 12:46	vale-ufmg-quesitos-chamadas17e19.240920	Petição
789509839	24/09/2020 12:46	UFLA VALE Avaliacao Tecnica Chamadas 17_19_v02	Documento de Comprovação
844189971	29/09/2020 13:03	Petição	Petição
844189974	29/09/2020 13:03	vale-ufmg-valor-chamadas17e19.290920	Petição
845229837	29/09/2020 13:45	Manifestação da Advocacia Pública	Manifestação da Advocacia Pública
845229841	29/09/2020 13:45	EMG quesitos assistente tecnico chamadas 17-19	Manifestação da Advocacia Pública
937009871	06/10/2020 13:31	Ofício	Ofício
937834823	06/10/2020 13:31	5095951-26.2020.8.13.0024 - APROVAÇÃO CHAMADAS 17 e 19	Documento de Comprovação
961984823	07/10/2020 11:51	ENVIO DE OFÍCIO	Certidão
961984836	07/10/2020 11:51	5095951 ZIMBRA	Documento de Comprovação
1003734827	09/10/2020 19:20	Petição	Petição
1003734828	09/10/2020 19:20	pet_quesitos_chamadas17-19	Petição
1003734829	09/10/2020 19:20	5095951-26.2020.8.13.0024 - Ação Civil Pública (Chamadas 17 e 19)	Documento de Comprovação
1057659888	16/10/2020 14:11	Petição	Petição
1057735095	16/10/2020 14:11	vale-ufmg-impugnação-quesitos-chamadas17e19.161020	Petição
1057659892	16/10/2020 14:11	UFLA VALE Impugnacao quesitos Chamadas 17_19_MPMG_v02	Documento de Comprovação
1090874855	20/10/2020 13:04	Petição	Petição
1090874878	20/10/2020 13:04	vale-ufmg-impugnação-quesitos-chamadas17e19.201020	Petição
1090874876	20/10/2020 13:04	UFLA VALE Impugnacao quesitos chamada 17_19_EMG_v03	Documento de Comprovação
1239280033	03/11/2020 18:34	Petição	Petição
1239280034	03/11/2020 18:34	vale-ufmg-impugnação-quesitos-chamadas17e19.031120	Petição

1239280035	03/11/2020 18:34	UFLA_VALE_Impugnacao_quesitos_chamada_17-19_ATs_MPMG_v03	Documento de Comprovação
1239280038	03/11/2020 18:34	Resolucao_0458_2004	Documento de Comprovação
1265050015	05/11/2020 13:36	Reenvio de Ofício	Certidão
1265050024	05/11/2020 13:36	5084461 Zimbra	Documento de Comprovação
1356234814	11/11/2020 17:37	Decisão	Decisão
1356234817	11/11/2020 17:37	QUESITOS CHAMADAS 17 E 19 - 5095951-26.2020.8.13.0024	Decisão
1366224833	12/11/2020 11:10	Decisão	Intimação
1524899970	24/11/2020 14:59	MPMG-ACP 5095951-26.2020.8.13.0024 - ciente - 23NOV20	Manifestação da Promotoria
1604234883	30/11/2020 21:49	Manifestação da Defensoria Pública	Manifestação da Defensoria Pública
1610819961	01/12/2020 13:09	Petição	Petição
2353795243	29/01/2021 18:31	Manifestação	Manifestação

CERTIDÃO

Certifico que autuei os presentes autos, cumprindo determinação contida na Ata de Audiência do dia 13/02/2020,

nos autos de n.5071521-44.2019.8.13.0024, para desenvolvimento de pesquisa a serem realizadas por pesquisadores da UFMG.

Ficando os presentes autos contendo documentos das denominadas CHAMADAS 17 e 19.



Exmo. Sr. Juiz da 2ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte,

Para formação de Incidente nos autos nº 5071521-44.2019.8.13.0024

O Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG, por sua Coordenação, vem perante V. Exa., expor e ao final requerer:

1. O Comitê Técnico-Científico, conforme previsto nas Cláusulas 2.5, 2.33, 2.34 e 2.35 do Termo de Cooperação técnica nº 037/19, firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais –UFMG e esse d. Juízo da 2ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, fez publicar a **Chamada Pública Interna Induzida nº 17 e 19**, previamente aprovada pelo juízo, tendo por objeto **“Determinação de compostos orgânicos em amostras de água superficial e de sedimentos da Bacia do Rio Paraopeba”**.
2. Como se vê do Processo Seletivo juntado aos autos a **Chamada Pública Interna Induzida nº 17 e 19** chamou a comunidade acadêmica da UFMG para apresentação de propostas de Subprojetos até **19/06/2020**. Em **22/06/2020** foi realizada a primeira reunião de julgamento da única proposta de Subprojeto apresentada. Foi divulgado resultado preliminar pedindo adequações da proposta de Subprojeto apresentada pelo **Professor Doutor Rodinei Augusti, do Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais**. Encerrado o prazo para interposição de recursos, em **03/07/2020**, **decidiu-se pela recomendação da contratação** do Subprojeto apresentado pelo **Professor Doutor Rodinei Augusti, do Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais**. O resultado final foi divulgado em **08/07/2020**.



3. O Subprojeto recomendado tem orçamento de **R\$924.984,00 (novecentos e vinte e quatro mil, novecentos e oitenta e quatro reais)**. Ao valor deve ser acrescido os serviços orçados pela FUNDEP em **R\$92.498,40 (noventa e dois mil, quatrocentos e noventa e oito reais e quarenta centavos)**, conforme documento anexo. Importante recordar, quanto ao aspecto, que conforme Cláusula 9.3, do Termo de Cooperação Técnica nº 37/2019, "A FUNDAÇÃO fará jus a remuneração por serviços prestados PROJETO BRUMADINHO-UFMG na implantação dos Subprojetos, devendo ser prevista nos instrumentos específicos dessa contratação". **O valor total orçado para a execução do projeto, portanto, é de R\$1.017.482,00 (um milhão, dezessete mil e quatrocentos e oitenta e dois reais).**
4. Recorde-se, ainda, que conforme Cláusula 4.6 do Termo de Cooperação Técnica nº 037/19 e a Cláusula Segunda, Parágrafo Terceiro, inciso VI, do instrumento contratual publicado, "ao final do contrato, eventual saldo remanescente, monetariamente corrigido e acrescido dos rendimentos percebidos".
5. Dessa forma, o passo seguinte para início dos trabalhos descritos na **Chamada Pública Interna Induzida nº 17 e 19**, após a presente **recomendação da contratação** do Subprojeto, é a aprovação pelo juízo, com a expressa autorização de sua contratação pela FUNDEP, e a subsequente transferência da quantia correspondente a **R\$1.017.482,00 (um milhão, dezessete mil e quatrocentos e oitenta e dois reais)**.

Pelo exposto, requer-se:

- a. **APROVAÇÃO DA PROPOSTA** de Subprojeto apresentado pelo **Professor Doutor Rodinei Augusti, do Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais**.
- b. **AUTORIZAÇÃO** expressa à FUNDEP para a contratação do Subprojeto recomendado e aprovado; e
- c. **DETERMINAÇÃO** da transferência da quantia correspondente de **R\$1.017.482,00 (um milhão, dezessete mil e quatrocentos e oitenta e dois reais)** dos valores à



disposição do juízo para a **CONTA BANCÁRIA 960.619-X, AGÊNCIA 1615-2, DO BANCO DO BRASIL, de titularidade da FUNDEP (CNPJ 18.720.938/0001-41).**

Termos em que pede juntada e deferimento.

Belo Horizonte, 17 de julho de 2020.



Fabiano Teodoro Lara
Coordenador do Comitê Técnico-Científico
do Projeto Brumadinho-UFMG



PROCESSO SELETIVO

CHAMADAS

17 e 19



CHAMADA DIVULGADA



CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA No. 17 e 19/2020**DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS EM ÁGUA SUPERFICIAL E SEDIMENTOS DA BACIA DO RIO PARAÓPEBA**

O Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho UFMG** convida comunidade acadêmica para submissão de propostas para desenvolvimento de atividades nos termos desta Chamada.

1. APRESENTAÇÃO**1.1. CONTEXTO DA CHAMADA**

Em 25 de janeiro de 2019, a Barragem I da Mina “Córrego do Feijão”, em Brumadinho, Minas Gerais, se rompeu. O fato ocasionou o falecimento de 259 pessoas e 11 pessoas permanecem desaparecidas, segundo números apurados até janeiro de 2020. Além das perdas humanas registrou-se uma série de consequências e impactos pessoais, sociais, ambientais, econômicos e em patrimônios por longa extensão territorial, em especial na Bacia do Rio Paraopeba.

Em função do rompimento da Barragem da Mina “Córrego do Feijão” foram ajuizadas ações judiciais (autos 5000121-74.2019.8.13.0054, 5010709-36.2019.8.13.0024, 5026408-67.2019.8.13.0024, 5044954-73.2019.8.13.0024) que tramitam perante o Juízo da 2ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte. No âmbito desses processos judiciais foi concebido o “Projeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do colapso da Barragem da Mina Córrego do Feijão” (Projeto Brumadinho-UFMG), aprovado em audiência e consolidado mediante o Termo de Cooperação Técnica nº 037/19, firmado entre a UFMG e o Juízo da 2ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte.

2. PROJETO BRUMADINHO-UFMG

O **Projeto Brumadinho-UFMG** tem como *objetivo geral* auxiliar o Juízo da 2ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte por meio de estudos e pesquisas que permitam identificar e avaliar os impactos decorrentes do rompimento da Barragem I da Mina Córrego do Feijão.

Os *objetivos específicos* são: identificar e avaliar as necessidades emergenciais dos impactos socioeconômicos, ambientais, na saúde, na educação, nas estruturas urbanas, no patrimônio cultural



material e imaterial e nas populações ribeirinhas, dentre outros impactos, em escala local, microrregional, mesorregional e regional; e apresentar as necessidades de recuperação e reconstrução em Relatório de Avaliação Consolidado e desenvolver Plano de Recuperação.

O Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** é responsável por elaborar chamadas públicas para seleção de Subprojetos de pesquisa e extensão e supervisionar a sua implementação e execução para consecução dos objetivos gerais e específicos.

O Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** coordenará as ações desenvolvidas para avaliação dos impactos do rompimento da Barragem I da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho. As atividades serão divididas conforme concepção do Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** e realizadas mediante seleção de Subprojetos em “Chamadas” que tenham pertinência com os objetivos constantes no **Projeto Brumadinho-UFMG**.

2.1 CHAMADAS PÚBLICAS E COMITÊ TÉCNICO CIENTÍFICO

Os Subprojetos de pesquisa e extensão serão avaliados e selecionados pelo Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** e recomendados ao Juízo, que decidirá sobre a contratação. Todos os Subprojetos a serem realizados, incluindo estimativas de prazos e orçamento, dependem de aprovação do Juízo para execução. Após aprovação, os Subprojetos serão contratados e implementados por intermédio da FUNDEP e terão sua execução supervisionada pelo Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG**.

Em se tratando de órgão auxílio e, portanto, de confiança do Juízo, os Subprojetos podem ser alterados ou a qualquer tempo paralisados por determinação do mesmo.

São financiáveis no âmbito dos Subprojetos, além das bolsas, a aquisição e manutenção de equipamentos, de material de consumo, de bases de dados, adequação de espaço físico, despesas com serviços de terceiros diretamente relacionados com o projeto; passagens e diárias conforme item 7 da presente Chamada.

Todos os equipamentos adquiridos, bem como quaisquer itens consumíveis adquiridos e não utilizados, serão integrados ao ativo da UFMG.

Em função das peculiaridades da situação em que algum Subprojeto for desenvolvido, poderá haver seleção de mais de uma proposta por Chamada, a critério do Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** e do Juízo.

As propostas de pesquisa e extensão devem ter um caráter multidisciplinar sempre que possível. Os resultados serão disponibilizados para outros estudos e serão utilizados nas diversas avaliações,

além de serem parte do Relatório de Avaliação Consolidado e referência para o desenvolvimento do Plano de Recuperação. Portanto, o proponente deverá ter uma abordagem multidisciplinar e percepção da relação desta pesquisa com o conjunto de atividades do **Projeto Brumadinho-UFMG**.

Os dados e resultados produzidos **não** poderão ser publicados, divulgados ou de qualquer forma fornecidos sem a autorização expressa do Juízo.

3 OBJETO DA CHAMADA DE SUBPROJETO

Determinação de compostos orgânicos em amostras de água superficial e de sedimentos da Bacia do Rio Paraopeba.

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliação qualitativa e quantitativa de contaminantes orgânicos em água superficial e sedimentos da Bacia do Rio Paraopeba.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Determinar e quantificar compostos orgânicos previstos nas Normas CONAMA 357 e 454 em amostras de água superficial e sedimentos, respectivamente, encaminhadas para análise pelo CTC-UFMG;
- b) Determinar qualitativamente e, se possível, quantitativamente a presença de contaminantes orgânicos tóxicos que não constem nas Normas CONAMA 357 e 454, respectivamente, encaminhadas para análise pelo CTC-UFMG;
- c) Após a entrega dos resultados dos relatórios parciais com os resultados obtidos e recebimento do georreferenciamento das amostras do CTC-UFMG, comparar os resultados obtidos com os valores-guia de qualidade das Normas CONAMA 357 e 454. Utilizar gráficos e métodos estatísticos para interpretação dos dados obtidos, em conjunto com os resultados provenientes de outros subprojetos no âmbito do **Projeto Brumadinho-UFMG**, se houver;
- d) Avaliar os resultados obtidos com relação a trabalhos desenvolvidos pelas partes envolvidas nas ações judiciais (autos 5000121-74.2019.8.13.0054, 5010709-36.2019.8.13.0024, 5026408-67.2019.8.13.0024, 5044954-73.2019.8.13.0024), que tramitam perante o Juízo da



2ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte, além de outros trabalhos de monitoramento ambiental e estudos científicos disponíveis.

3.3 METODOLOGIA

O rompimento da Barragem B1 da Mina "Córrego do Feijão", em Brumadinho, causou o espalhamento de 12,7 milhões de m³ de rejeitos do processo de mineração de ferro, que desconfigurou a calha do Córrego Ferro-Carvão e afetou a qualidade da água do Rio Paraopeba desde Brumadinho até a represa de Retiro Baixo. A maior parte do rejeito ficou espalhada por uma área de cerca de 300 ha, que vai desde onde era a Barragem até a confluência do Córrego Ferro-Carvão com o Rio Paraopeba. Porém, parte desse material atingiu e se espalhou pelo Rio Paraopeba, afetando a qualidade das águas e sedimentos desse corpo hídrico.

Os trabalhos a serem realizados neste Subprojeto se dividem em duas etapas: (1) análise de amostras de água superficial e de sedimento; (2) recebimento de dados do CTC-UFMG sobre o plano amostral e elaboração de um relatório completo utilizando esses dados e comparações com dados provenientes de outros trabalhos.

As amostras a serem analisadas serão selecionadas pelo CTC-UFMG. Serão 44 amostras de água superficial coletadas mensalmente, durante 11 meses. No caso de sedimentos, serão 44 amostras coletadas em um período do ano e outras 44 coletadas em outro período, dentro de um período de 11 meses, totalizando 88 amostras.

A equipe executora deverá realizar o desenvolvimento, validação e determinação da presença e concentração de compostos orgânicos utilizando a infraestrutura disponível no Centro de Referência Ambiental (CRA) da UFMG. O CRA-UFMG é um complexo multilaboratorial, localizado no Departamento de Química da UFMG, que foi adquirido e implementado com recursos do **Projeto Brumadinho-UFMG**. Esse se destina a execução exclusiva das análises e pesquisas realizadas dentro do escopo das Chamadas do **Projeto Brumadinho-UFMG**.

A determinação dos compostos orgânicos deverá ser feita de acordo com um dos itens descritos a seguir: (1) métodos da EPA; (2) metodologias reconhecidas e utilizadas internacionalmente; (3) metodologias desenvolvidas durante a execução do Subprojeto, as quais terão que ser validadas segundo as normas do INMETRO. Neste último caso, o coordenador da proposta deve comprovar conhecimento e experiência nas metodologias que pretende desenvolver e empregar.

Os equipamentos disponíveis para tais determinações são: (1) cromatógrafo a gás (Agilent, modelo Intuvo 9000) acoplado a um espectrômetro de massas com analisador triploquadrupolo (Agilent modelo 7010B); (2) cromatógrafo a líquido (Waters, modelo UPLC ACQUITY UPLC I-Class FTM-I)

contendo o sistema *online* de extração em fase sólida (BSM/BSM 2D PLUS) acoplado ao espectrômetro de massas triplo quadrupolo (Waters, modelo Xevo TQ-S micro); (3) cromatógrafo a líquido (Waters, modelo UPLC ACQUITY UPLC I-Class FTM-I) acoplado a um espectrômetro de massas de alta resolução (ThermoScientific, modelo Q-ExactiveOrbitrap). Além destes, outros equipamentos de menor porte, tais como balança analítica, agitadores, banhos ultrassônicos, dentre outros, também estarão disponíveis no laboratório CRA.

Algumas possibilidades de metodologias, vinculadas ao EPA, estão descritas no quadro abaixo:

Classe de compostos	técnica	metodologia
Compostos orgânicos voláteis (VOC)	cromatografia gasosa acoplado a espectrometria de massas (GC-MS/MS)	EPA 8260 C:2006; 5021A:2014
Compostos orgânicos semi-voláteis (SVOC)	cromatografia gasosa acoplado a espectrometria de massa (GC/MS), Cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas sequencial (LC-MS/MS) e espectrometria de massas de alta resolução (LC-HRMS)	EPA 8270 D:2017 Preparo: EPA 3510 C:1996 EPA 3535 A:2007 EPA/600/R-16/114:2016
Compostos Orgânicos não-voláteis	Cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas sequencial (LC-MS/MS) e espectrometria de massas de alta resolução (LC-HRMS)	EPA 553:1992 EPA 3570:2002

Os laboratórios do CRA estão sendo adequados para acreditação de ensaios segundo a Norma Brasileira ISO 17025. Diante disso, o coordenador do Subprojeto deverá prever no escopo do trabalho a validação dos ensaios propostos, de acordo com as normas do INMETRO. Deverá prever, também, os consumíveis (por exemplo, padrões, materiais de referência, solventes, gases e peças de reposição para os equipamentos, colunas cromatográficas que serão utilizados na execução da proposta), bem como gastos e tempo a serem dispendidos com recursos humanos. Para isso, o coordenador do Subprojeto também deverá considerar, na equipe que utilizará a infraestrutura do CRA, membros com formação compatível e comprovada com as atividades típicas de um laboratório de análises químicas, incluindo manuseio e preparo de amostras, conhecimento de operação de



equipamentos e disponibilidade para treinamento. Também deverá demonstrar conhecimento de todas as etapas envolvidas na validação e execução de metodologias analíticas, além de outras atividades previstas para a execução do Subprojeto.

Após a recomendação do projeto pelo Comitê, o Coordenador do Subprojeto deverá se reunir com o Coordenador Geral do CRA para estabelecer as metodologias a serem utilizadas, o cronograma de execução previsto, o treinamento dos membros da equipe e aquisição de consumíveis que atendam as normas de qualidade do CRA.

A região de referência (municípios atingidos) compreende os seguintes municípios selecionados, de Brumadinho até a represa da Usina Hidrelétrica de Retiro Baixo, a saber: (1) Betim, (2) Brumadinho, (3) Curvelo, (4) Esmeraldas, (5) Florestal, (6) Fortuna de Minas, (7) Igarapé, (8) Juatuba, (9) Maravilhas, (10) Mário Campos, (11) Martinho Campos, (12) Papagaios, (13) Pará de Minas, (14) Paraopeba, (15) Pequi, (16) Pompéu, (17) São Joaquim de Bicas, (18) São José da Varginha, (19) Sarzedo.

A proposta deve indicar um responsável por (a) produzir informações/conteúdos sobre o projeto que serão publicadas no site da Plataforma Brumadinho, (b) receber demandas externas e (c) organizar atividades relativas à pesquisa de campo.

A proposta deverá prever um adicional de 10% no número de testes a serem realizados. Tal quantitativo adicional poderá ser utilizado para reanálise das amostras de acordo com solicitação do CTC, do juízo ou das partes, ou ainda, para verificação da acurácia e exatidão dos resultados obtidos, através do reteste de amostras "cegas" aleatoriamente selecionadas.

3.4 VALOR DISPONÍVEL

As propostas deverão ter um valor máximo de R\$ **925.000,00**.

3.5 PRODUTOS

Todos os dados produzidos no escopo do projeto devem observar as especificações técnicas para a produção e entrega de documentos para publicação que constam no Anexo III desta chamada.

Os produtos a serem entregues pela Coordenação do Subprojeto para o CTC-UFMG são:

Referente à primeira etapa do projeto:

- a) Relatório de validação para cada analito, previamente ao relatório com os resultados das análises das amostras;



- b) 11 relatórios bimestrais seguintes constando os resultados das análises das amostras.

Referente à segunda etapa do projeto, deve ser entregue um relatório final completo, constando:

- a) Avaliação e discussão dos resultados das determinações de compostos obtidos, com relação aos dados de georreferenciamento e às Normas 357 e 454 do CONAMA;
- b) Comparação com dados de estudos anteriores realizados na mesma área, no âmbito do **Projeto Brumadinho-UFMG**;
- c) Comparação com trabalhos anteriores realizados pelas partes envolvidas ações judiciais (autos 5000121-74.2019.8.13.0054, 5010709-36.2019.8.13.0024, 5026408-67.2019.8.13.0024, 5044954-73.2019.8.13.0024) que tramitam perante o Juízo da 2ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte;
- d) Comparação com trabalhos de monitoramento ambiental e trabalhos científicos disponíveis.

3.6 PRAZOS

O prazo para execução das atividades que são objetos desta chamada é de **13 meses** a contar da data de contratação da proposta.

4 REQUISITOS PARA A CANDIDATURA

Poderão ser proponentes:

- a) Docentes do Quadro Permanente em efetivo exercício na UFMG; ou
- b) Docentes do Quadro Permanente em efetivo exercício na UFMG em parceria com outras Instituições de Ensino e Pesquisa ou seus pesquisadores.
- c) Docentes coordenadores ou participantes de equipes de outras chamadas, se o somatório da carga horária de dedicação não exceder a 8 horas semanais no total.

Em qualquer hipótese, a Coordenação do Subprojeto deve estar a cargo de Docente da UFMG e respeitado o mínimo de dois terços de pessoas vinculadas à UFMG, conforme art. 6º, §3º, do Decreto nº 7.423/2010 e art. 3º da Resolução 01/2011 do Conselho Universitário.

Os participantes da proposta deverão ter o currículo Lattes/CNPq atualizado, incluindo informações sobre atividades relacionadas ao objeto e objetivos da chamada.



5 IMPEDIMENTOS PARA COORDENAÇÃO OU PARTICIPAÇÃO EM EQUIPE EXECUTORA DO SUBPROJETO

Em função das peculiaridades do **Projeto Brumadinho-UFMG**, são impedidos de Coordenar ou participar da equipe executora do Subprojeto todo aquele que:

- a) figura como parte ou *amici curiae* nos processos indicados no item 1 desta Chamada, ou em processos movidos contra quaisquer das partes ou *amici curiae* nos processos indicados no item 1 desta Chamada, relacionados com o rompimento da Barragem da Mina "Córrego do Feijão";
- b) interveio como mandatário ou auxiliar de qualquer natureza de quaisquer das partes ou *amici curiae* indicadas no item 1 desta Chamada, em atos relacionados com o rompimento da Barragem da Mina "Córrego do Feijão", ou oficiou como perito ou prestou depoimento como testemunha neste caso;
- c) for cônjuge ou companheiro, ou qualquer parente, consanguíneo ou afim, em linha reta ou colateral, até o terceiro grau, inclusive, de qualquer das partes ou *amici curiae* descritos no item 1 desta Chamada, do Juízo e de membros do Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG**;
- d) formulou pedidos relacionados com o rompimento da Barragem da Mina "Córrego do Feijão" a quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos item 1 desta Chamada, em juízo ou fora dele; ou ainda, seja cônjuge ou companheiro, ou parente, consanguíneo ou afim, em linha reta ou colateral, até o terceiro grau, de quem tenha formulado pedidos relacionados com o rompimento da Barragem da Mina "Córrego do Feijão" a quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos item 1 desta Chamada, em juízo ou fora dele;
- e) for sócio ou membro de direção ou de administração de quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos no item 1 desta Chamada;
- f) for herdeiro presuntivo, donatário ou empregador de quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos no item 1 desta Chamada;
- g) seja empregado ou tenha qualquer relação de subordinação ou dependência com quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos no item 1 desta Chamada;
- h) prestou serviços relacionados com o rompimento da Barragem da Mina "Córrego do Feijão" a quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos no item 1 desta Chamada;



- i) seja cônjuge, companheiro ou parente, consanguíneo ou afim, em linha reta ou colateral, até o terceiro grau, inclusive, de advogados ou representantes das partes ou *amici curiae* descritos no item 1 desta Chamada;
- j) tiver em curso a ação contra quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos no item 1 desta Chamada, ou seu advogado;
- k) for amigo íntimo ou inimigo de quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos no item 1 desta Chamada, bem como de seus advogados;
- l) recebeu presentes de pessoas que tiverem interesse na causa antes ou depois de iniciado o processo, que aconselhar alguma das partes ou *amici curiae* descritos no item 1 desta Chamada acerca do objeto da causa ou que subministrar meios para atender às despesas do litígio;
- m) tiver como credor ou devedor, de seu cônjuge ou companheiro ou de parentes destes, em linha reta até o terceiro grau, inclusive, quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos no item 1 desta Chamada;
- n) tiver interesse direto no julgamento dos processos em favor de quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos no item 1 desta Chamada;
- o) ser membro do Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho como membro permanente ou assessoria.

6 SUBMISSÃO DA PROPOSTA E CRONOGRAMA

Cada proponente (coordenador) ou membro de equipe (pesquisador, técnico, etc.) poderá participar de apenas uma proposta para a presente Chamada.

As propostas de Subprojeto da presente chamada deverão ser entregues em arquivo PDF único contendo a documentação pertinente, conforme o caso, aplicando-se no que couber o disposto no §1º do art. 116, da Lei nº 8.666/93.

As propostas deverão conter:

- a) descrição das etapas e atividades a serem desenvolvidas;
- b) cronograma das etapas e atividades;
- c) plano de trabalho de cada membro da equipe;



- d) programação e cronograma de despesas, aquisição de equipamentos e serviços de terceiros;
- e) programação de entrega de relatórios parciais, finais e de apresentações;
- f) definição de indicadores de cumprimento de atividades e fases.

A proposta deverá especificar no cronograma todas as atividades do subprojeto que demandam relacionamento com as comunidades, representações locais, gestores e profissionais dos equipamentos públicos, órgãos da administração municipal ou estadual, especificando o tipo de relacionamento inerente à coleta de dados das etapas.

O Coordenador será responsável pela autorização de despesas junto à FUNDEP e pessoalmente responsável pela autenticidade das informações e documentos anexados.

A documentação apresentada não poderá ser alterada, suprimida ou substituída após a finalização do prazo de inscrição. Todavia, é condição de validade da proposta a comprovação de submissão do Subprojeto ao correspondente Departamento ou Congregação de Unidade da UFMG, sendo a aprovação final dessas instâncias obrigatória para contratação do Subprojeto junto à FUNDEP.

Não serão aceitas submissões efetuadas com documentação incompleta, nem inscrições fora do prazo determinado nesta Chamada.

As propostas com seus documentos complementares deverão ser submetidos por meio do endereço eletrônico projetobrumadinhoufmg@ufmg.br, conforme cronograma descrito no quadro abaixo.

CRONOGRAMA	
APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS	Até 19/06/2020
RESULTADO PRELIMINAR	Até 5 dias úteis após o fim do prazo de submissão das propostas.
INTERPOSIÇÃO DE RECURSO	Até 5 dias úteis após apresentação do resultado preliminar.
RESULTADO FINAL	Até 3 dias úteis após o fim do prazo de recurso.

7 AVALIAÇÃO DAS PROPOSTAS

As propostas serão avaliadas colegiadamente pelo Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG**.



7.1 COMITÊ TÉCNICO-CIENTÍFICO

O julgamento e a classificação de propostas são atos exclusivos do Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG**, que poderá desclassificar propostas em desacordo com esta Chamada.

Os Subprojetos serão avaliados e selecionados do Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** e, os aprovados, recomendados ao Juízo, que decidirá pela contratação e execução.

Todos os Subprojetos a serem realizados dependem de aprovação do Juízo para execução, incluindo estimativas de prazos e orçamento. Aprovados pelo juízo, os Subprojetos terão execução supervisionada pelo Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG**.

O Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** é composto pelos Profs. Claudia Mayorga (Ciências Humanas), Fabiano Teodoro Lara (Ciências Sociais Aplicadas), Ricardo Machado Ruiz (Ciências Sociais Aplicadas), Adriana Monteiro da Costa (Geociências), Carlos Augusto Gomes Leal (Ciências Agrárias); Claudia Carvalhinho Windmöller (Química Ambiental), Efigênia Ferreira e Ferreira (Ciências da Saúde) e Gustavo Simões (Engenharia).

7.2 AVALIAÇÃO E SELEÇÃO

Como condição para avaliação da proposta, será verificada a consistência documental.

As propostas serão analisadas em três etapas:

- a) **Enquadramento:** as propostas submetidas serão analisadas pelo Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** para verificar se atendem aos termos do presente Edital. Esta etapa é eliminatória;
- b) **Mérito:** cada proposta enquadrada será analisada quanto ao mérito técnico, científico, relevância, estruturação e adequação metodológica, orçamento e qualificação da equipe, e será classificada em ordem de prioridade;
- c) **Homologação:** as propostas recomendadas e classificadas na etapa anterior pelo Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** serão encaminhadas ao Juízo por ordem de classificação, que decidirá sobre a contratação de uma ou mais classificadas, quando houver.



Durante avaliação, até a homologação, o Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** poderá requisitar modificações nas propostas submetidas de forma a melhor se adequar aos objetivos do edital.

7.3 CRITÉRIOS PARA JULGAMENTO

Os critérios de julgamento das propostas apresentadas são:

- a) Consistência, mérito, viabilidade do conteúdo e adequação da metodologia da proposta;
- b) Competência e experiência prévia dos Coordenadores na área do Subprojeto proposto;
- c) Qualificação da equipe para execução do Subprojeto;
- d) Plano(s) de trabalho(s) de cada membro da equipe e sua adequação à proposta;
- e) Viabilidade de execução do Subprojeto;
- f) Adequação dos aparelhos, equipamentos e espaço físico, previstos e orçados para o funcionamento e operacionalização efetiva do Subprojeto;
- g) Adequação do cronograma físico-financeiro e do orçamento proposto;
- h) Adequação e coerência entre objetivos, metodologia e procedimentos, orçamento, equipagem e cronograma de execução;

O resultado será divulgado pelo endereço eletrônico **projetobrumadinhoufmg@ufmg.br**, e por e-mail diretamente ao Coordenador dos projetos indicados ao juízo para contratação e publicado no site <https://projetobrumadinho.ufmg.br>

8 ITENS FINANCIÁVEIS

A proposta deverá conter orçamento detalhado, com valor total estimado, que será vinculante para execução do Subprojeto.

8.1 Serão financiados, desde que compatíveis com o objetivo da presente Chamada e devidamente justificados, os seguintes itens de despesa:

- a) equipamentos e material permanente;
- b) material de consumo (incluindo aquisição de livros);
- c) serviços de terceiros;
- d) software;



- e) passagens e diárias, conforme valores definidos pelo Decreto no 6.907/2009;
- f) bolsas de pesquisa, conforme tabela abaixo;
- g) manutenção de equipamentos;
- h) despesas acessórias de importação;
- i) despesas operacionais.

8.2 Não serão financiados recursos destinados à publicação de artigos em revistas e participações em eventos.

8.3 Os valores máximos das bolsas de pesquisa são os seguintes:

Código	Categoria*	Valor Máximo*
P1	Professor Pesquisador/Extensionista Sênior	R\$9.866,77
P2	Professor Pesquisador/Extensionista Doutor	R\$9.373,43
P3	Técnico Pesquisador/Extensionista Pós- Doutorado Sênior	R\$8.880,09
P4	Técnico Pesquisador/Extensionista Pós- Doutorado Júnior	R\$8.386,75
P5	Professor Pesquisador/Extensionista Mestre ou Técnico Pesquisador/Extensionista Mestre	R\$7.893,42
P6	Professor Pesquisador/Extensionista Graduado ou Técnico Pesquisador/Extensionista Graduado	R\$7.400,08
D1	Bolsista Estudante de Doutorado**	R\$6.314,74
M1	Bolsista Estudante de Mestrado**	R\$4.420,32
IX	Bolsista Estudante de Graduação/Iniciação**	R\$1.458,71

* O valor das bolsas deverá estabelecer uma proporcionalidade em relação ao número de horas dedicadas às atividades observando as normas específicas de cada categoria.

** A dedicação máxima de bolsista estudante é de 20h semanais.

- P1** - Professor Pesquisador/Extensionista Sênior é Pesquisador com experiência e trajetória acadêmica equivalente ou superior à de Professor Titular em Universidades Federais.
- P2** - Professor Pesquisador/Extensionista Doutor é Pesquisador com trajetória acadêmica equivalente à de Professor Adjunto ou Associado em Universidades Federais.
- P3** – Técnico Pesquisador/Extensionista Pós-Doutorado Sênior é Doutor diplomado há mais de cinco anos.



P4 – Técnico Pesquisador/Extensionista Pós- Doutorado Júnior é Doutor diplomado há menos de cinco anos.

P5 - Professor Pesquisador/Extensionista Mestre e Técnico Pesquisador/Extensionista Mestre com Mestrado concluído antes do início do período da bolsa.

P6 - Professor Pesquisador/Extensionista Graduado ou Técnico Pesquisador/Extensionista Graduado com formação em nível superior concluída antes do início da bolsa.

D1 - Bolsista Estudante de Doutorado é estudante regular de Curso de Doutorado de Programa de Pós-Graduação reconhecido.

M1 - Bolsista Estudante de Mestrado é estudante regular de Curso de Mestrado de Programa de Pós-Graduação reconhecido.

IX - Bolsista Estudante de Graduação/Iniciação é estudante regular de Curso de Graduação de nível superior (bacharelado, licenciatura ou tecnólogo) reconhecido.

9 ATRIBUIÇÃO DOS COORDENADORES

São atribuições do Coordenador do Subprojeto selecionado:

- a) Responsabilizar-se pela execução das atividades do Subprojeto, conforme proposto e contratado (**Anexo I**).
- b) Responsabilizar-se pela alocação de todos os recursos do projeto.
- c) Constituir a equipe de execução do Subprojeto, observando os impedimentos constantes do item 4 da presente Chamada.
- d) Coordenar, orientar e supervisionar a equipe do Subprojeto.
- e) Coordenar, orientar e supervisionar a execução de serviços terceiros contratados pelo Subprojeto.
- f) Responsabilizar-se pela elaboração de relatórios e apresentação de resultados, seguindo os padrões estabelecidos pelo Comitê Técnico-científico do **Projeto Brumadinho-UFMG**.
- g) Responsabilizar-se pelo atendimento das demandas do Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** e do Juízo.
- h) Responsabilizar-se pela submissão e aprovação do Subprojeto na Comissão de Ética em pesquisa da UFMG (COEP-UFMG) quando este envolver pesquisa com seres humanos. Ver também: <https://www.ufmg.br/prpq/comite-de-etica-em-pesquisa/>
- i) Responsabilizar-se pela submissão e aprovação do subprojeto na Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA-UFMG) quando esse envolver o uso de animais. Ver também: <https://www.ufmg.br/prpq/comissao-de-etica-no-uso-de-animais/>



- j) Elaborar documento de divulgação científica dos resultados do Subprojeto em parceria com o Núcleo de Comunicação Social do **Projeto Brumadinho-UFMG**, com aprovação do juízo. O documento deverá ser apresentado em linguagem de texto, imagem ou som (por ex: pitch) adequada a públicos leigos e não especializados.

10 DISPOSIÇÕES GERAIS

Para inscrição da proposta é obrigatória a comprovação de submissão do Subprojeto ao Departamento correspondente, conforme normas internas da UFMG.

Para inscrição da proposta é obrigatória a assinatura do Termo Ético de Confidencialidade (**Anexo II**) por todos os membros da equipe. Em caso de seleção de pessoas após a aprovação do Subprojeto, a implementação de bolsas ou contratação de pessoas só será autorizada mediante a assinatura do Termo Ético e de Confidencialidade.

Para contratação e implantação do Subprojeto são obrigatórias as aprovações da proposta pela Câmara Departamental e Congregação da Unidade ou estruturas equivalentes. O Subprojeto deverá ser registrado no Sistema de Informação da Extensão (SIEEX) disponível no endereço eletrônico www.ufmg.br/proex.

Os subprojetos, quando apresentados por docentes/pesquisadores da UFMG, subsumir-se-ão às disposições da Resolução 10/95 do Conselho Universitário da UFMG:

Art. 9º – Do total do valor da prestação de serviços, um percentual de 2% (dois por cento) será destinado à Universidade, para as atividades de fomento acadêmico e de formação e treinamento de recursos humanos.

Art. 10 – Do total do valor da prestação de serviços, 10% (dez por cento) será destinado à Unidade Acadêmica ou Órgão Suplementar.

A execução e os resultados do Subprojeto deverão seguir compromissos éticos e de confidencialidade (**Anexo II**), incumbindo ao Coordenador Principal a estrita vigilância quanto aos seus termos por todos vinculados ao Subprojeto.

O Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** designará um ou mais membros para supervisão da execução do Subprojeto. Incumbe ao Coordenador Principal do Subprojeto informar previamente e possibilitar o acompanhamento adequado das atividades desenvolvidas no âmbito do Subprojeto pelo(s) membros do Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** designados para a supervisão.

O Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** terá acesso, para acompanhamento e supervisão, ao ambiente da execução financeira-orçamentária, que é de responsabilidade do Coordenador Principal do Subprojeto junto à FUNDEP.

O Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG**, supervisionará e avaliará Subprojeto implementado em cada uma das etapas propostas.

Sempre que solicitado, o Coordenador principal deverá prestar os esclarecimentos requeridos pelo Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** a respeito de quaisquer aspectos relativos ao andamento do projeto.

O Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** poderá, de ofício ou por determinação do juízo, reajustar o cronograma físico-financeiro tendo como base a análise decorrente da supervisão e da avaliação das ações.

O Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** acompanhará a execução Subprojetos em todas as suas fases. Os indicadores de cumprimento de atividades e fases propostos serão considerados, mas não exclusivamente, podendo outros elementos relevantes ser levados em consideração.

Devido à situação da pandemia da Covid-19 e às restrições sanitárias impostas, os Subprojetos poderão ter seus cronogramas alterados por determinação do Juízo.

A submissão de propostas a esta Chamada implica a aceitação de todos os seus termos.

Os casos não previstos nesta chamada serão resolvidos pelo Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG**.



ANEXO I – MODELO DE CONTRATO

**Contrato de Prestação de Serviços que entre si celebram a
Universidade Federal de Minas Gerais, por meio da
Faculdade de XXXXXXXXXXXX e a Fundação XXXXXXXXXXXX.**

A Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, autarquia federal de regime especial, inscrita no CNPJ sob o nº 17.217.985/0001-04, sediada na Avenida Antônio Carlos, nº 6.627, em Belo Horizonte/MG, doravante denominada simplesmente Contratante, por meio da **Faculdade XXXXXXXXXXXX**, neste ato representado pelo seu **Diretor XXXXXXXXXXXX**, residente e domiciliado nesta capital, e a **Fundação XXXXXXXXXXXX**, inscrita no CNPJ sob o nº **XXXXXXXXXXXXXXXXXX**, sediada na **Av. Antônio Carlos 6.627.**, aqui representada por seu **Prof. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX**, residente e domiciliado nesta capital, doravante denominada simplesmente Contratada, celebram o presente contrato de prestação de serviços, baseado nas Leis Federais nº 8.666, de 21 de Junho de 1993, e nº 8.958, de 20 de Dezembro de 1994, regulamentada pelo Decreto nº 7.423, de 31 de dezembro de 2010, que se regerá pelas cláusulas e condições seguintes:

CLÁUSULA PRIMEIRA – DO OBJETO

Constitui objeto deste instrumento a contratação da Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – FUNDEP com a finalidade de dar apoio ao Subprojeto “XXXXXXXXXX”, relativo ao “Termo de Cooperação Técnica nº 037/19-00, firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e o Juízo da 2ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, com interveniência da Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – FUNDEP”.

Parágrafo Único - O apoio a ser prestado pela Contratada consiste na execução dos serviços, cujas especificações, condições, forma e prazos constam no Subprojeto mencionado, parte integrante do presente contrato.

CLÁUSULA SEGUNDA – DO REGIME DE EXECUÇÃO, DIREITOS E OBRIGAÇÕES DAS PARTES

Os serviços ora contratados reger-se-ão pelas seguintes condições:



Parágrafo Primeiro - É vedado à Contratada subcontratar, no todo ou em parte, os serviços ora contratados.

Parágrafo Segundo - É vedado à Contratada que familiar de agente público preste serviços no órgão ou entidade em que este exerça cargo em comissão ou função de confiança.

Parágrafo Terceiro - São obrigações da Contratada:

I - prestar os serviços na forma e condições definidas no presente instrumento e em conformidade com as Ordens de Serviço de que trata o inciso I, do Parágrafo Quarto, da Cláusula Segunda, responsabilizando-se pela sua perfeita e integral execução;

II- receber e administrar os recursos destinados à execução do Subprojeto, em conta bancária específica e individualizada para a presente contratação;

III - responsabilizar-se pelo recolhimento de impostos, taxas, contribuições e outros encargos porventura devidos em decorrência da presente contratação, apresentando os respectivos comprovantes ao setor competente da Contratante;

IV - responsabilizar-se pela contratação, fiscalização e pagamento do pessoal porventura necessário à execução do objeto do presente contrato;

V - aplicar no mercado financeiro, por meio de instituições oficiais, os recursos administrados com base no presente instrumento, devendo posteriormente empregá-los, junto com o respectivo rendimento, exclusivamente na execução do Subprojeto de que trata a Cláusula Primeira, observando a prescrição do item 4.2, da Cláusula Quarta, do Termo de Cooperação Técnica nº 037/19-00, firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e o Juízo da 2ª.Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, em que a Contratada figura como interveniente;

VI - restituir ao Juízo da 2ª.Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, ao final do contrato, eventual saldo remanescente, monetariamente corrigido e acrescido dos rendimentos percebidos, observando a prescrição do item 4.6, da Cláusula Quarta, do Termo de Cooperação Técnica nº 037/19-00, firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e o Juízo da 2ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, em que a Contratada figura como interveniente;

VII – recolher, mediante depósito na conta única do Tesouro Nacional/UFMG – conta nº ..., agência nº ..., código identificador nº ..., até o ... (...) dia útil do mês subsequente à arrecadação, os valores resultantes da aplicação do disposto na Resolução nº 10/95, do Conselho Universitário;



VIII - responder pelos prejuízos causados à Contratante, em razão de culpa ou dolo de seus empregados ou prepostos;

IX - respeitar e fazer com que seu pessoal cumpra as normas de segurança do trabalho e demais regulamentos vigentes nos locais em que estiverem trabalhando;

X - facilitar, por todos os meios ao seu alcance, a ampla ação fiscalizadora da Contratante, atendendo prontamente às solicitações por ela apresentadas;

XI - responsabilizar-se pela guarda dos documentos relativos ao presente instrumento;

XII - observar rigorosamente o disposto no Decreto nº 8.241, de 21 de maio de 2014, no que tange à aquisição de serviços, materiais e equipamentos necessários à execução do Subprojeto referido na cláusula Primeira deste contrato;

XIII - transferir, de imediato, à Contratante, a posse e uso dos materiais de consumo e bens duráveis adquiridos para execução do Subprojeto referido na Cláusula Primeira;

XIV - formalizar doação à Contratante, sem qualquer encargo, dos bens e equipamentos adquiridos para execução do Subprojeto, observado o disposto na Cláusula Sexta do Termo de Cooperação Técnica nº 037/19-00, firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e o Juízo da 2ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, em que a Contratada figura como interveniente;

XV – ressarcir à Contratante no caso de uso de bens e serviços próprios da instituição apoiada, para execução do Subprojeto a que se refere a Cláusula Primeira;

XVI - solucionar, judicialmente ou extrajudicialmente, quaisquer litígios com terceiros, decorrentes da execução deste contrato. Na hipótese de a Contratante ser condenada subsidiariamente, caberá a esta direito de regresso contra a Contratada;

XVII - apresentar prestação de contas em até 30 dias após o término da vigência contratual, em conformidade com o disposto no inciso II, do art. 3º, da Lei 8.958/94;

XVIII - sem prejuízo da prestação de contas final prevista no inciso anterior, havendo prorrogação da vigência contratual, apresentar prestação de contas parcial, referente à execução do objeto do contrato e à utilização dos recursos disponibilizados no período inicialmente acordado.

Parágrafo Quarto: São obrigações da Contratante:

I – expedir as Ordens de Serviço necessárias à execução das atividades previstas no Subprojeto a que se refere o *caput* da Cláusula Primeira;



II - acompanhar e fiscalizar a execução físico-financeira do Subprojeto apoiado;

III - receber os serviços ora contratados, após o cumprimento da obrigação:

a) provisoriamente, por meio do responsável, mediante termo circunstanciado, assinado pelas partes em até 15 (quinze) dias da comunicação escrita da Contratada sobre o término do serviço;

b) definitivamente, em até *90 dias*, nos termos da alínea "b", do inciso I, do art. 73, da Lei nº 8.666/93.

IV - elaborar relatório final, nos termos do § 3º, do art. 11, do Decreto nº 7.423/2010.

CLÁUSULA TERCEIRA - DA COORDENAÇÃO/ FISCALIZAÇÃO

A Contratante indica como Coordenador **Prof. XXXXXXXXXXXXX** do Subprojeto "**XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX**" que acompanhará os serviços da Contratada e o **Prof. XXXXXXXXXXXXXXXXXX** como fiscal, diretamente ou por meio de responsável (is) indicado(s) na forma do art. 67, da Lei nº 8.666/93, o(s) qual (is) poderá (ão) adotar as medidas necessárias ao fiel cumprimento das cláusulas contratuais.

Parágrafo Único – A indicação de novo Coordenador do Subprojeto, caso se faça necessária, dispensa a celebração de termo aditivo, podendo ser formalizada por ato da autoridade competente da Contratante, mediante justificativa e juntada da respectiva documentação aos autos do processo relativo ao presente contrato.

CLÁUSULA QUARTA – DA REMUNERAÇÃO RELATIVA AOS CUSTOS OPERACIONAIS INCORRIDOS NA EXECUÇÃO DO CONTRATO

A Contratada fará jus ao valor de 10% do valor global do projeto. Para o cálculo do Valor Global deverá ser aplicada a fórmula: $VG = X \cdot 10/9$, onde VG é o Valor Global e X é o valor do projeto acrescido das taxas da resolução 10/95 da UFMG. Assim, a remuneração da Fundep corresponde a $VG/10$. De acordo com o cálculo especificado a Contratada fará jus à importância de R\$... (...), a título de remuneração pelos custos operacionais por ela incorridos, decorrentes do apoio ao Subprojeto a que se refere a Cláusula Primeira.

Parágrafo Primeiro – A importância acima integra o orçamento do Subprojeto a que se refere a Cláusula Primeira, e respeita o disposto item 9.3 da Cláusula Nona do Termo de Cooperação técnica nº 037/19-00, firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e o Juízo da 2ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, em que a contratada figura como interveniente.



Parágrafo Segundo – A remuneração a que se refere o caput será efetuada no prazo de ... (fixar) dias, a contar da apresentação da Nota Fiscal/Fatura ao servidor/setor competente da Contratante, que atestará a sua conformidade com o Relatório de Serviços a que se refere o parágrafo seguinte.

Parágrafo Terceiro – O Relatório mencionado no parágrafo anterior visa comprovar a adequada utilização dos recursos disponibilizados, a efetiva prestação dos serviços o valor dos respectivos custos operacionais, de acordo com o estabelecido no presente contrato e deverá ser encaminhado ao servidor/setor competente da Contratante com periodicidade não inferior a 30 (trinta) dias, para a devida análise e aprovação.

Parágrafo Quarto – Na hipótese de não estar a Nota Fiscal/Fatura em conformidade com o Relatório de Serviços, será procedida a sua devolução à Contratada para as devidas correções, contando o prazo para pagamento a partir de sua reapresentação.

Parágrafo Quinto – A remuneração de que trata esta cláusula será efetivada mediante transferência de recursos da conta bancária específica do Subprojeto para a conta da contratada, cujo valor da parcela será apurado em conformidade com o disposto no Parágrafo Terceiro acima, sendo vedada, portanto, a sua apropriação antecipada.

CLÁUSULA QUINTA - DA DOTAÇÃO ORÇAMENTÁRIA

As despesas decorrentes deste Contrato correrão por conta da seguinte dotação orçamentária: Elemento de Despesa _____, Programa de Trabalho _____ Fonte de recursos _____.

CLÁUSULA SEXTA – DOS VALORES DO SUBPROJETO

Encontram-se especificados no Subprojeto de que trata a Cláusula Primeira os valores necessários à sua execução, contendo, dentre outros elementos, a sua fonte e/ou origem, bem como a forma e o cronograma de como serão disponibilizados à contratada.

Parágrafo Primeiro: - O Subprojeto referido na cláusula primeira deste instrumento possui valor total orçado de R\$ 000.000,00 (...), valor este que contempla os recursos destinados à sua realização, inclusive aqueles a que se refere a cláusula quarta, supra.

CLÁUSULA SÉTIMA - DA DISPENSA DO PROCEDIMENTO LICITATÓRIO

O presente contrato é firmado com dispensa de licitação, nos termos do inciso XIII, do artigo 24, da Lei nº 8.666/93, combinado com o artigo 1º, da Lei nº 8.958/94, vinculando-se ao Processo de Dispensa de Licitação nº 23072.XXXXXX/XXXX-XX

CLÁUSULA OITAVA - DA OBRIGAÇÃO DE MANTER AS CONDIÇÕES EXIGIDAS PARA CONTRATAÇÃO

A Contratada obriga-se a manter, durante toda a execução do contrato, em compatibilidade com as obrigações ora assumidas, todas as condições exigidas para sua contratação.

CLÁUSULA NONA - PUBLICIDADE

Caberá à contratante providenciar a publicação do extrato do presente contrato, no prazo estabelecido no Parágrafo Único, do art. 61, da Lei nº 8.666/93.

Parágrafo único: Para efeito de publicação do extrato deste instrumento no Diário Oficial da União, e respectivo lançamento no sistema de controle e gestão de contratos do Governo Federal, considerar-se-á o valor do contrato como sendo de R\$ 000.000,00 (...) consoante o disposto no parágrafo único da cláusula sexta.

CLÁUSULA DEZ – DA VIGÊNCIA

O presente contrato terá vigência de xxx meses a contar da data de sua assinatura, podendo ser prorrogado nos termos do inciso II, do artigo 57 da Lei nº 8.666/93.

CLÁUSULA ONZE - DAS PENALIDADES

O descumprimento, pela Contratada, de quaisquer cláusulas e/ou condições estabelecidas no presente instrumento ensejará a aplicação, pela Contratante, das sanções constantes nos artigos 86 e 87 da Lei nº 8.666/93, a saber:

I - advertência;

II - suspensão do direito de licitar e impedimento de contratar com a Administração pelo período de até 24 meses;

III - multa de 10% do valor contratado, pela não prestação dos serviços;

IV - multa de 1%, por dia de atraso na prestação do serviço ou parte deste, calculada sobre o respectivo valor;

V - multa de 5% sobre o valor do contrato, por descumprimento de cláusula contratual, exceto a prevista no inciso III;

VI - multa de 5% pela prestação dos serviços fora das especificações estabelecidas pela Contratante, aplicada sobre o valor correspondente ao item ou parte do item a ser prestado;



VII - declaração de inidoneidade para licitar ou contratar com a Administração Pública.

CLÁUSULA DOZE - DA RESCISÃO/DIREITOS DA ADMINISTRAÇÃO

Ocorrendo as situações previstas nos arts. 77 e 78 da Lei Federal nº 8.666/93, o presente Contrato poderá ser rescindido na forma prescrita em seu art. 79.

Parágrafo Único - A inexecução total ou parcial do Contrato, prevista no art. 77 supramencionado, ensejará sua rescisão, sem prejuízo da aplicação das sanções cabíveis e das consequências previstas no art. 80 da referida Lei.

CLÁUSULA TREZE - DO FORO

Nos termos do inciso I, do artigo 109, da Constituição Federal, o foro competente para dirimir dúvidas ou litígios decorrentes deste contrato é o da Justiça Federal, Seção Judiciária de Minas Gerais.

E, por estarem de acordo, as partes firmam o presente instrumento em duas vias, na presença das testemunhas abaixo.

BELO HORIZONTE, DATA.

PROF(A).
DIRETOR DA XXXXX

PROF(A).
PRESIDENTE



TESTEMUNHAS

1. _____

(Fundação)

2. _____

(Coordenador do Subprojeto)



ANEXO II – TERMO DE COMPROMISSO ÉTICO E DE CONFIDENCIALIDADE

NOME COMPLETO E DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA PESSOA, (função no Projeto), (nome ou número de identificação do subprojeto), declara e se compromete:

- a) a manter sigilo, tanto escrito como verbal, ou, por qualquer outra forma, de todos os dados, informações científicas e técnicas e, sobre todos os materiais obtidos com sua participação no **SUBPROJETO** ou no **PROJETO DE AVALIAÇÃO DE PÓS DESASTRE**;
- b) a não revelar, reproduzir, utilizar ou dar conhecimento, em hipótese alguma, a terceiros, de dados, informações científicas ou materiais obtidos com sua participação no **SUBPROJETO** ou no **PROJETO DE AVALIAÇÃO DE PÓS DESASTRE**, sem a prévia autorização;
- d) que todos os documentos, inclusive as ideias para no **SUBPROJETO** ou no **PROJETO DE AVALIAÇÃO DE PÓS DESASTRE**, contendo dados e informações relativas a qualquer pesquisa são de propriedade da UFMG;
- e) que todos os materiais, sejam modelos, protótipos e/ou outros de qualquer natureza utilizados no **SUBPROJETO** ou no **PROJETO DE AVALIAÇÃO DE PÓS DESASTRE** pertencem à UFMG.

O declarante tem ciência de que as atividades desenvolvidas serão utilizadas em ações judiciais movidas pelo MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS e pelo ESTADO DE MINAS GERAIS, representado pela Advocacia Geral do Estado - AGE, estando também habilitados no polo ativo dos processos, como *amici curiae*, o MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, DEFENSORIA PUBLICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS, DEFENSORIA PUBLICA DA UNIÃO EM MINAS GERAIS e a ADVOCACIA GERAL DA UNIÃO – AGU, contra a VALE S. A. (autos 5000121-74.2019.8.13.0054, 5010709-36.2019.8.13.0024, 5026408-67.2019.8.13.0024, 5044954-73.2019.8.13.0024) que tramitam perante o Juízo da 2ª. da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte.

O declarante presta compromisso de imparcialidade no desenvolvimento de suas atividades, empregando toda sua diligência como impõe o art. 157, do CPC, declarando expressamente que:

- a) NÃO É cônjuge, companheiro ou parente em linha reta, ou colateral até o terceiro grau, de membros do Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG**;
- b) NÃO figura como parte ou *amici curiae* nos processos indicados **acima**, ou em processos movidos contra quaisquer das partes ou *amici curiae* nos processos indicados **acima**, relacionados com o rompimento da Barragem da Mina “Córrego do Feijão”;
- c) NÃO interveio como mandatário ou auxiliar de qualquer natureza de quaisquer das partes ou *amici curiae* indicadas **acima**, em atos relacionados com o rompimento da Barragem da Mina



“Córrego do Feijão”, ou oficiou como perito ou prestou depoimento como testemunha neste caso;

- d) NÃO É cônjuge ou companheiro, ou qualquer parente, consanguíneo ou afim, em linha reta ou colateral, até o terceiro grau, inclusive, de qualquer das partes ou *amici curiae* descritos **acima**, do Juízo e de membros do Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG**;
- e) NÃO formulou pedidos relacionados com o rompimento da Barragem da Mina “Córrego do Feijão” a quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos **acima**, em juízo ou fora dele; ou ainda, seja cônjuge ou companheiro, ou parente, consanguíneo ou afim, em linha reta ou colateral, até o terceiro grau, de quem tenha formulado pedidos relacionados com o rompimento da Barragem da Mina “Córrego do Feijão” a quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos **acima**, em juízo ou fora dele;
- f) NÃO É sócio ou membro de direção ou de administração de quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos **acima**;
- g) NÃO É herdeiro presuntivo, donatário ou empregador de quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos **acima**;
- h) NÃO É empregado ou tenha qualquer relação de subordinação ou dependência com quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos **acima**;
- i) NÃO prestou serviços relacionados com o rompimento da Barragem da Mina “Córrego do Feijão” a quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos **acima**;
- j) NÃO É cônjuge, companheiro ou parente, consanguíneo ou afim, em linha reta ou colateral, até o terceiro grau, inclusive, de advogados ou representantes das partes ou *amici curiae* descritos **acima**;
- k) NÃO tem em curso a ação contra quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos **acima**, ou seu advogado;
- l) NÃO É amigo íntimo ou inimigo de quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos **acima**, bem como de seus advogados;
- m) NÃO recebeu presentes de pessoas que tiverem interesse na causa antes ou depois de iniciado o processo, que aconselhar alguma das partes ou *amici curiae* descritos **acima** acerca do objeto da causa ou que subministrar meios para atender às despesas do litígio;



- n) NÃO TEM como credor ou devedor, de seu cônjuge ou companheiro ou de parentes destes, em linha reta até o terceiro grau, inclusive, quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos **acima**;
- o) NÃO TEM interesse direto no julgamento dos processos em favor de quaisquer das partes ou *amici curiae* descritos **acima**.

O presente Termo tem natureza irrevogável e irretratável, e o seu não cumprimento acarretará todos os efeitos de ordem penal, civil e administrativa contra seus transgressores.

BELO HORIZONTE, **DATA**.

PROF(A).

NOME DE IDENTIFICAÇÃO DA PESSOA



ANEXO III – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA PRODUÇÃO DE DADOS**1. DADOS PRODUZIDOS PELOS PROJETOS APROVADOS NAS CHAMADAS DO PROJETO BRUMADINHO**

Para viabilizar a Plataforma Brumadinho são previstas etapas de preparação, tratamento e organização de dados que buscam torná-los mais acessíveis tanto em termos de linguagem, quanto por meio de recursos tecnológicos de classificação, indexação e busca. A aquisição de dados para compor o conteúdo considera dois grandes grupos:

1. Documentos componentes dos processos legais, disponíveis em meio digital, contendo texto livre e elementos visuais;
2. Dados em forma bruta ou trabalhada, correspondendo a dados e informação temática coletada especificamente para uso no processo, ou dados de contorno de ampla disponibilidade, como mapas e imagens.

Dados do grupo (1) são considerados não estruturados, pela característica de texto livre. Seu tratamento e indexação são feitos por meio de extração e catalogação de termos (palavras) que fazem parte de seu conteúdo. Esses termos são indexados, usando ferramentas computacionais que permitem recuperar documentos que os contêm a partir de uma indicação de palavras-chave, à semelhança de máquinas de busca usuais na World Wide Web.

Dados do grupo (2) são considerados estruturados. Esses dados assumem a forma de tabelas, imagens ou dados geolocalizados, sendo codificados de acordo com padrões usuais em bancos de dados convencionais ou geográficos. Tais dados são documentados por meio de metadados e organizados de modo a compor uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE), a partir da qual é possível descobrir, visualizar e utilizar temas de interesse. Um exemplo de IDE em uso atualmente é a INDE, Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, gerida pelo IBGE. Na INDE podem ser encontrados dados geográficos básicos do Brasil, para uso genérico e livre, incluindo download, utilizando apenas padrões internacionais e formatos de codificação de dados tecnologicamente neutros.

Dados publicados em IDEs atendem ao preconizado pela Lei de Acesso à Informação, provendo transparência, viabilizando o amplo acesso interativo em meio digital, sem a necessidade de identificação do usuário e para qualquer finalidade.

Os dados publicados por meio da Plataforma Brumadinho atenderão aos requisitos de transparência e acessibilidade para dados abertos governamentais, princípios esses que orientaram a elaboração da Lei de Acesso à Informação (Lei 12.527, de 16 de maio de 2012). Pretende-se que os dados técnico-científicos produzidos no âmbito do Projeto Brumadinho e disseminados por meio da Plataforma atendam aos princípios internacionais crescentemente conhecidos como Open Science:

- Open Access (artigos científicos de acesso aberto),
- Open Data (abertura de dados, especificações, modelos e documentação de experimentos)
- Open Computational Processes (abertura do código-fonte de software utilizado no trabalho científico)

2. RESULTADOS PRODUZIDOS PELOS PROJETOS APROVADOS NAS CHAMADAS DO PROJETO BRUMADINHO

Os dados serão, em princípio, disseminados por meio da Plataforma Brumadinho. Os responsáveis pelos projetos aprovados devem produzir material de acordo com as seguintes orientações:

2.1 Documentos de texto

a) Os documentos de texto (relatórios, pareceres, análises, etc.) devem ser encaminhados em formato PDF, na formatação desejada, incluindo todas as figuras e tabelas necessárias para a leitura. O arquivo PDF deve permitir a extração do conteúdo textual visando indexação – o que equivale a dizer que PDFs produzidos por meio de escaneamento de versões impressas não poderão ser aceitos para inclusão na plataforma, já que não serão indexáveis.

b) Associado a cada documento de texto, um conjunto de dados descritivos (metadados) será solicitado. Esses dados incluem:

- I. Título
- II. Data de produção
- III. Autor(es)
- IV. Identificação da chamada
- V. Resumo
- VII. Descrição simplificada (linguagem não-técnica)
- VIII. Nomes de localidades associadas ao documento
- IX. Palavras-chave



- X. Tema, Categoria, Subcategoria de acordo com a classificação criada para o Projeto Brumadinho.
- c. Os documentos assim criados serão verificados pelo Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho, e sendo aprovados serão incorporados à Plataforma para acesso amplo e disseminação.

2.2. Dados estruturados

- a) Dados geográficos vetoriais, ou seja, dados associados a coordenadas/localizações, devem ser encaminhados em meio digital utilizando algum formato utilizado na área, como shapefile ou geopackage. Mapas encaminhados em arquivos PDF não atendem a esse requisito. O sistema de projeção e coordenadas utilizado para gerar os dados deverá seguir o padrão definido pelo CTC, com base nas legislações e normas relacionadas. O *datum* para todos os dados deverá ser o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), padrão adotado no Brasil e, as coordenadas deverão ser planas, em projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), para o Fuso 23K (correspondente à articulação que inclui o município de Brumadinho e outros, ao longo da bacia do Rio Paraopeba).
- b) Dados geográficos em formato de imagem, como imagens de satélite ou fotogramétricas, devem ser encaminhadas dotadas de associação com coordenadas, usando formatos como o GeoTIFF e outros. Imagens não georreferenciadas não atendem a esse requisito. O sistema de projeção e coordenadas utilizados também deverão seguir o padrão definido pelo CTC. O *datum* deverá ser o SIRGAS2000, em sistema de coordenadas planas, projeção UTM, para o Fuso 23K.
- c) Os padrões cartográficos acima, definidos pelo CTC, deverão ser utilizados nas campanhas de campo, que tenham sido solicitadas pela Chamada. Para tanto, os equipamentos, fichas de campo e mapas produzidos (em caráter prévio e após o/s campos/s), deverão, obrigatoriamente, seguir as especificações mencionadas.
- d) Imagens que não sejam tomadas verticalmente, como as de sensoriamento remoto, podem ser fornecidas em documentos de texto, incorporadas a arquivos PDF. Isso inclui fotos comuns, gráficos, diagramas e outros.
- e) Dados não-geográficos, tipicamente em formato tabular, devem ser encaminhados em formato CSV, ou seja, texto digital em que as colunas são separadas por um delimitador. Planilhas eletrônicas e tabelas de bancos de dados são facilmente exportadas para esse formato, que é neutro quanto a versões e plataformas e é livre de detalhes de formatação destinados à leitura por humanos.
- f) Associado a cada conjunto de dados estruturados, dados descritivos (metadados) deverão ser fornecidos, de modo a atender as normas nacionais e internacionais para IDE. Esses dados incluem:

I. Título

II. Data de produção

III. Autor(es)

IV. Identificação da chamada

V. Descrição

VI. Descrição simplificada (linguagem não-técnica)

VII. Extensão geográfica (se for o caso)

VIII. Sistema de referência geográfica (se for o caso)

IX. Palavras-chave

X. Tema, Categoria, Subcategoria de acordo com a classificação criada para o Projeto Brumadinho.

Caso haja dúvidas ou seja necessária alguma orientação para escolha da forma de produção e encaminhamento dos dados produzidos pelos projetos contemplados nas Chamadas, a equipe da Plataforma Brumadinho poderá ser consultada.



PROPOSTA APRESENTADA





UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROJETO BRUMADINHO-UFMG

CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA Nº 17 E 19/2020

**DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E
SEDIMENTOS DA BACIA DO RIO PARAOPÉBA**

**Determinação de Compostos Orgânicos Contemplados nas Resoluções CONAMA 357 e
454 em Águas Superficiais e Sedimentos Coletados na Bacia do Rio Paraopeba
utilizando as Técnicas de Cromatografia Gasosa e Cromatografia Líquida Acopladas à
Espectrometria de Massas**

Coordenador: Rodinei Augusti

Departamento de Química - Instituto de Ciências Exatas

Junho, 2020



1. JUSTIFICATIVA E CONTEXTUALIZAÇÃO

A captação de água do Rio Paraopeba para tratamento e disponibilização para consumo humano foi interrompida a jusante do ponto onde ocorreu o rompimento da barragem 1 (B1) do complexo da Mina Córrego do Feijão da empresa Vale, em Brumadinho. Sabe-se que diversas empresas, comércios e pequenas plantações foram parcialmente ou totalmente destruídos pela passagem do rejeito, além de uma enorme área da própria Vale. A quantidade e a diversidade dos compostos orgânicos presentes na barragem B1 ou ainda no maquinário, veículos, depósitos, transformadores e laboratórios, além de todos os locais no entorno da empresa, foram arrastados e dispersos nos corpos d'água.

O tipo de contaminação que pode ter potencialmente ocorrido não tem precedentes e/ou parâmetro de comparação com outros casos de contaminação pelos contaminantes orgânicos frequentemente monitorados em amostras de água superficial e sedimentos estabelecidos nas Resoluções CONAMA 357 e 454, respectivamente. É importante ressaltar que muitas dessas substâncias orgânicas, e também seus produtos de degradação, são altamente tóxicos, mesmo em quantidades ínfimas, e o seu monitoramento é de vital importância para a saúde da população e também dos ecossistemas.

Portanto, mostra-se não apenas importante, como também diligente, que seja avaliada a qualidade das águas superficiais e sedimentos das propriedades ao longo do Rio Paraopeba, as quais são usadas para diversas finalidades, principalmente para consumo humano e dessedentação animal. Deste modo, um monitoramento sistemático sobre a presença de tais compostos orgânicos nocivos nestas amostras mostra-se de extrema relevância para tranquilizar toda a população do entorno da região do acidente.



2. OBJETIVOS E METAS

2.1. OBJETIVO GERAL E META FINAL

Para as análises das amostras, a equipe apresenta, como objetivo geral e meta final, a avaliação qualitativa e quantitativa de contaminantes orgânicos em água superficial e sedimentos da Bacia do Rio Paraopeba. Os analitos previstos nas Resoluções CONAMA 357 (água superficial) e 454 (sedimento), como exposto no Anexo 1, serão quantificados em amostras coletadas em 44 pontos da Bacia do Rio Paraopeba definidos no plano amostral do CTC do Projeto Brumadinho-UFMG, como indicado na Figura 1.

Se a íntegra do presente projeto for aprovada, incluindo o orçamento adicional (maiores esclarecimentos serão fornecidos ao longo da presente proposta), 81 analitos serão analisados. Dentre esses, 21 (26 %) serão analisados por cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas sequencial (UHPLC-2D-MS/MS), enquanto os 60 restantes (75 %) serão objeto de análise por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC-MS e GC-MS/MS), como indicado no Anexo 1. Além disso, todas as amostras serão analisadas via cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas de alta resolução (HPLC-HRMS) para a realização de uma triagem (*screening*), visando, também, a detecção de compostos orgânicos ausentes das Resoluções CONAMA 357 e 454. Maiores detalhes sobre todas estas técnicas serão apresentados nos itens a seguir da presente proposta.



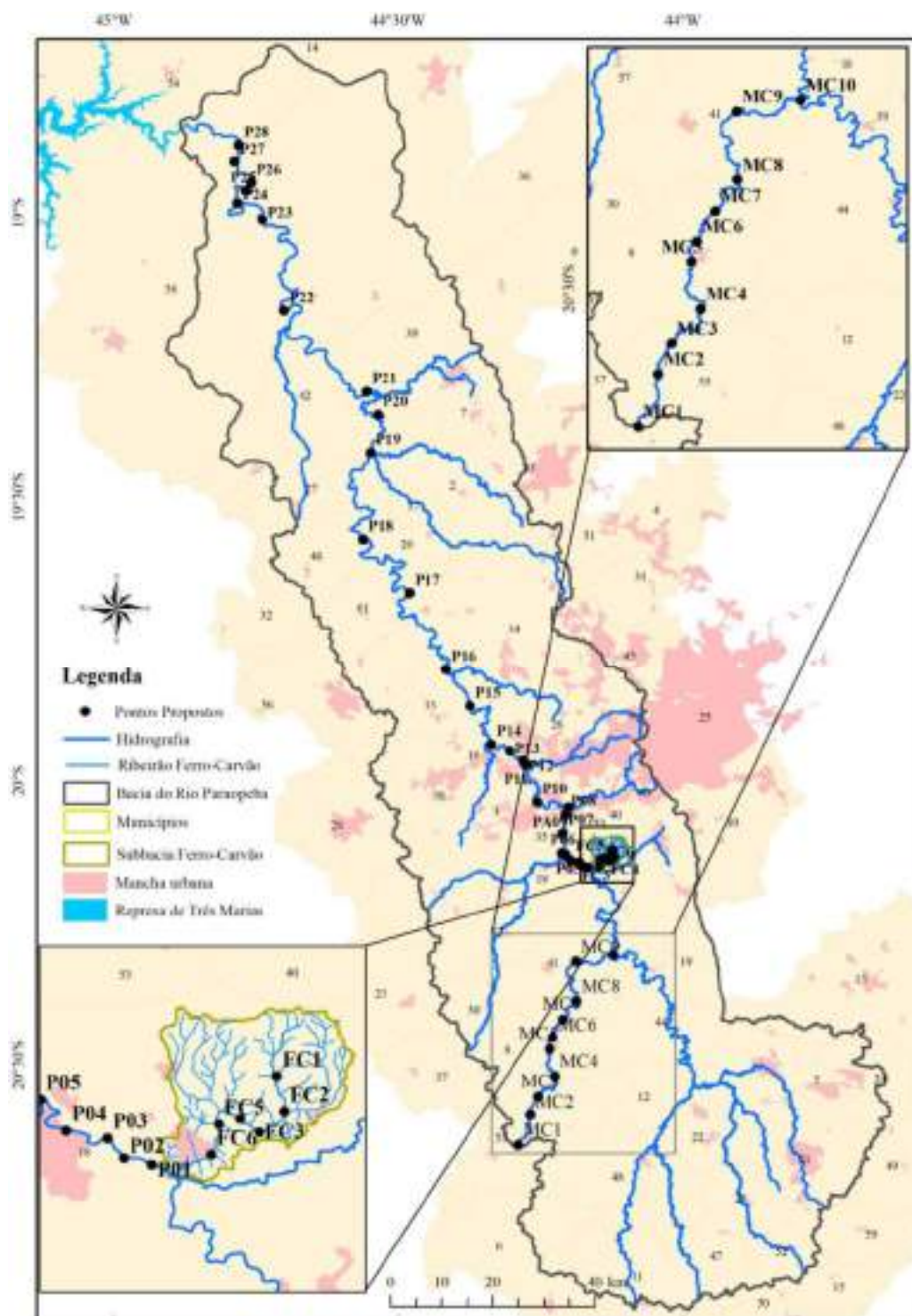


Figura 1. Localização dos 44 pontos de coleta de água superficial e de sedimentos do plano amostral do CTC do Projeto Brumadinho-UFMG (Fonte: Chamada Pública Induzida 11/2019 e Chamada Pública Induzida 09/2019 onde se citam as coordenadas geográficas destes pontos).



2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A presente proposta apresenta os seguintes objetivos específicos:

- 1) Analisar as amostras aplicando metodologias de preparo de amostra adequadas para determinação de compostos contemplados nas Resoluções CONAMA 357 e 454 (Anexo 1) pelo uso das técnicas de cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas sequencial (UHPLC-2D-MS/MS) e cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS e GC-MS/MS), empregando metodologias quantitativas validadas segundo os parâmetros preconizados no guia de validação do INMETRO;²
- 2) Utilizar a técnica de cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas de alta resolução (UHPLC-HRMS), empregando metodologias no modo de varredura completa (*screening*), buscando outros compostos, além daqueles indicados nas Resoluções CONAMA 357 e 454, bem como possíveis produtos de degradação destes;
- 3) Estabelecer correlações de similaridade pelo uso de ferramentas quimiométricas, tais como PCA (*Principal Component Analysis*) e HCA (*Hierarchical Clustering Analysis*), buscando-se traçar perfis de similaridades e padrões de distribuição dos compostos orgânicos das águas superficiais da bacia do Rio Paraopeba.

3. METODOLOGIA

3.1. COLETA DAS AMOSTRAS

As coletas das amostras serão realizadas por uma equipe selecionada em outros editais (Chamada Projeto Brumadinho-UFMG nº 9-2019 e nº 11-2019 e serão distribuídas da seguinte maneira: (1) 44 amostras de água superficial coletadas mensalmente, durante 11 meses, totalizando 484 coletas; (2) no caso de sedimentos, serão 44 amostras coletadas em dois períodos distintos, durante a vigência do edital, totalizando 88 amostras. Portanto, o



número de amostras totais a ser coletado é 572 (484 de águas superficiais e 88 de sedimentos). A região de referência (municípios atingidos), onde as amostras deverão ser coletadas, compreende os seguintes municípios selecionados, de Brumadinho até a represa da Usina Hidrelétrica de Retiro Baixo, a saber: (1) Betim, (2) Brumadinho, (3) Curvelo, (4) Esmeraldas, (5) Florestal, (6) Fortuna de Minas, (7) Igarapé, (8) Juatuba, (9) Maravilhas, (10) Mário Campos, (11) Martinho Campos, (12) Papagaios, (13) Pará de Minas, (14) Paraopeba, (15) Pequi, (16) Pompéu, (17) São Joaquim de Bicas, (18) São José da Varginha e (19) Sarzedo (Figura 1).

3.2. ANÁLISE DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS

As análises *target* (ou alvo) centralizam-se na análise de um grupo ou classe de compostos, nesse caso, os compostos listados nas Resoluções CONAMA 357 e 454. Já as análises *untarget* (ou global) podem ser convenientemente utilizadas como um método de triagem, além de permitir a detecção de analitos que não estão nas listas das Resoluções CONAMA 357 e 454. Os métodos de extração dos compostos orgânicos das águas superficiais, quais sejam *Solid Phase Extraction (SPE)* e *Solid Phase Microextraction (SPME)*, e o tratamento inicial das amostras de sedimento são detalhados nos itens a seguir. Esses modos de extração serão combinados com as técnicas de cromatografia gasosa ou líquida acoplada à espectrometria de massas para a realização das análises do tipo *target* e *untarget*. Finalmente, todas as análises serão realizadas no Centro de Referência Ambiental (CRA), localizado no Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais (DQ-UFMG).



3.3. MÉTODOS DE EXTRAÇÃO

3.3.1. Solid Phase Extraction (SPE)

A metodologia de SPE que será empregada nas análises das amostras de água superficial foi baseada naquela utilizada pelo laboratório da companhia de saneamento de Minas Gerais (COPASA), o qual possui acreditação na norma ISO 17025. Para a otimização do método serão avaliados diferentes cartucho de fase reversa contendo 500 mg de sorvente e com capacidade para 6 mL. Todos eles são baseados em sílica ou polímero de interações predominantemente hidrofóbicas e são utilizados nas análises realizadas pela COPASA.

As etapas de SPE a serem executadas serão as seguintes: a) condicionamento do cartucho pela adição de 3 mL da solução de acetato de etila:diclorometano (50:50, v/v) seguido de 3 mL de metanol; (b) percolação da amostra, quando serão avaliados os volumes de 250, 500, 750 e 1000 mL de amostras de água superficial para verificação do volume de ruptura ideal de compromisso para os analitos de interesse; (c) secagem dos cartuchos pela remoção da fração da água aplicando-se alto vácuo por pelo menos 10 minutos. Esta etapa é necessária para a perfeita eluição dos analitos; (d) eluição dos analitos do cartucho percolando-se 2 mL de acetona, seguido de 5 mL de acetato de etila e, finalmente, 7 mL de diclorometano.

Após a eluição, a água residual será retirada por uma última percolação do eluato orgânico por um cartucho de sulfato de magnésio anidro. Finalmente, após a remoção da água residual, os 7 mL de percolado final serão evaporados sob fluxo de nitrogênio (aproximadamente 40 °C) até o volume de aproximadamente 0,7 mL, o qual será completado para 1 mL com acetato de etila em *vial* de injeção. Desse *vial* serão retiradas alíquotas para injeção nos sistemas de cromatografia líquida e gasosa.



A otimização dos parâmetros de extração, como volume de amostra, tipo e volume do solvente de eluição, pH da amostra e adição de sais será feita empregando métodos estatísticos de planejamento de experimentos do tipo fatorial completo e fracionário. A aplicação do planejamento experimental permitirá obter as melhores condições de extração para os analitos a serem analisados.

3.3.2. *Solid Phase Microextraction (SPME)*

Uma das principais técnicas de extração utilizadas para análise dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), compostos organoclorados (OCCs) e contaminantes orgânicos voláteis (VOCs) em água é a microextração em fase sólida (*Solid Phase Microextraction*, SPME) e uma técnica derivada, denominada microextração em fase sólida com fibra resfriada (*Cold Fiber Solid Phase Microextraction*, CF-SPME), de acordo com um sistema proposto recentemente por Menezes e Cardeal.¹ A SPME é uma técnica de extração muito versátil e tem sido utilizada por pesquisadores em diversos campos. Suas características são pré-concentração e não dependência de solvente orgânico. Além disso, a extração e pré-concentração ocorrem em uma etapa única.² Outras vantagens são a seletividade, a reutilização das fibras, menor número de etapas e o pequeno volume de amostra, o que reduz o efeito de matriz. Na presente proposta, todas as extrações serão feitas usando uma fibra pré-selecionada e as análises serão feitas no modo de inserção direta (DI) ou *headspace* (HS) Após a extração, a fibra será transferida diretamente para o injetor do sistema cromatográfico.

3.3.3. *EXTRAÇÃO DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTOS*

Diferentemente das amostras de água, para as amostras de sedimento, visando atender à resolução CONAMA 454, será necessário empregar uma etapa de extração prévia. No sedimento os analitos podem estar fortemente sorvidos sob as partículas de minerais ou ainda



na matéria orgânica. Dessa forma, é necessário aplicar métodos de extração mais enérgicos para garantir a recuperação adequada dos possíveis analitos ali presentes. A *Environmental Protection Agency* dos Estados Unidos prevê, basicamente, quatro possíveis diferentes estratégias para a análise de poluentes orgânicos em solo ou sedimento: *Soxhlet*, micro-ondas, ultrassom e extração acelerada por solvente. Das quatro técnicas citadas o *Soxhlet* é a mais antiga, sendo a primeira a ser preconizada. Sua eficiência e simplicidade são inquestionáveis porém o tempo, quantidade de solvente orgânico e água gastos durante a etapa de extração são extremamente elevados.

A técnica de micro-ondas emprega um aquecimento controlado do solvente e da amostra empregando ondas eletromagnéticas (tipicamente 2450 MHz) em frascos fechados. Os frascos utilizados são revestidos com materiais especiais como WeflonTM capazes de absorver as ondas eletromagnéticas e transformá-las em calor, o qual é transferido do frasco para o solvente e amostra. As grandes vantagens dessa técnica é que múltiplas amostras podem ser extraídas simultaneamente, o controle da temperatura e potência pode ser feito de forma rigorosa e os gastos de solvente e tempo são reduzidos significativamente. Em compensação o uso de equipamentos de micro-ondas e dos frascos especiais depende da sua aquisição, de um conhecimento maior de operação e gastos e tempo com manutenção de uma máquina muito mais cara que os sistemas de *Soxhlet*.

A técnica de ultrassom é outra técnica de extração que converte um tipo de onda (sonora na faixa de 25 a 45 kHz) em aquecimento visando acelerar o processo e aumentar a eficiência de extração dos analitos de partículas de sedimento ou solo. As ondas sonoras nesta faixa de frequência geram pontos de baixa pressão que evaporam pequenos volumes de solventes formando bolhas de vapor. Essas bolhas podem então absorver as ondas sonoras ultrassônicas e colapsar, liberando a energia em forma de ondas de choque no fenômeno de cavitação. Essas ondas de choque dissipam rapidamente sua energia em forma de calor



aquecendo o sistema. É um sistema de aquecimento e extração eficientes, que pode ser empregado com várias amostras em batelada equiparável nesses aspectos ao sistema de micro-ondas, porém com a grande vantagem dos equipamentos de ultrassom serem muito mais baratos. As grandes desvantagens são que os extratos ficam muito mais sujos devido a cominuição das partículas pelas ondas de choque além do controle da potência empregada não ser tão preciso quanto o dos sistemas por micro-ondas.

As técnicas de extração acelerada por solvente (ASE do inglês, *Accelerated Solvent Extraction*) ou ainda extração com líquido pressurizado (PLE do inglês, *Pressurized Liquid Extraction*) utilizam solventes pré-aquecidos que são forçados por pressão a passar por cartuchos (colunas) de aço dentro das quais o solo ou sedimento foi previamente dispersado e acondicionado. Essa é uma técnica de extração de não equilíbrio onde busca-se esgotar a amostra “lavando-a” com volumes adequados de solventes pré-aquecidos. É uma técnica muito eficiente de extrair compostos orgânicos de material particulado, sendo praticamente toda automatizada. Porém, algumas limitações dessa técnica podem ser mencionadas como gasto mediano a elevado de solvente, não pode ser realizada em batelada (apenas uma amostra de cada vez), é mais susceptível ao efeito memória (*carry over*) e a quase obrigatoriedade de uma técnica adicional efetiva para realizar a pré-concentração e limpeza (*clean-up*).

A escolha de uma dessas técnicas vai depender fundamentalmente da composição do sedimento (minerais, tamanho de partícula, quantidade de matéria orgânica, etc), da frequência analítica que o laboratório é demandado (número de amostras dia ou semana) e dos recursos disponíveis. Para atender esse edital, duas diferentes técnicas de extração serão avaliadas e comparadas para o sedimento analisado: a extração com ultrassom e a extração acelerada por solvente. Cada uma dessas técnicas será comparada em termos de



reprodutibilidade, eficiência de extração, efeito de matriz e facilidade de operação. Aquela que melhor atender esses parâmetros será validada e empregada nas amostras fornecidas.

3.4. ANÁLISES POR CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA À ESPECTROMETRIA DE MASSAS (GC-MS E GC-MS/MS)

As análises dos compostos orgânicos serão realizadas em um cromatógrafo a gás (Agilent modelo Intuvo 9000) acoplado a um espectrômetro de massas com analisador quadrupolo MS/MS (Agilent modelo 7010B). O injetor será operado no modo *splitless*, numa temperatura entre 250 °C - 270 °C, durante 1 a 2 min. Será utilizada uma coluna 5% fenil-polidimetil-siloxilana, DB-5MS Agilent (30 m x 250 µm x 0,25 µm), e fluxo de hélio (pureza de 99,999 %) variando entre 1,2 e 1,5 mL min⁻¹. O programa de temperatura do forno inicia em 80 °C seguido de aquecimento a uma taxa variando entre 20 e 30 °C min⁻¹ até 150 °C – 160 °C; aumento para 210 °C a uma taxa de 10 °C min⁻¹ e patamar de 4 min; aumento para 240 °C a uma taxa de 15 °C min⁻¹; aumento para 280 °C a uma taxa de 10 °C min⁻¹ e patamar de 10 min. O espectrômetro de massas será operado no modo de impacto de elétrons (EI) com energia de 70 eV e modo positivo. A temperatura da fonte de íons será 200 °C e a temperatura da interface de 300 °C. Os métodos desenvolvidos serão validados de acordo com o que é preconizado pelo guia de validação do INMETRO.³

3.5. ANÁLISES POR CROMATOGRAFIA LÍQUIDA ACOPLADA À ESPECTROMETRIA DE MASSAS (UHPLC-HRMS E UHPLC-2D-MS/MS)

3.5.1. Análises Target (UHPLC-2D-MS/MS)

Da lista dos compostos orgânicos preconizados nas Resoluções CONAMA 357 e 454, 21 deles serão analisados por cromatografia líquida de ultra eficiência acoplada a um espectrômetro de massas do tipo triplo quadrupolo, conforme especificado no Anexo 1, com



preparo de amostras por extração em fase sólida (SPE) *online* ou injeção direta. Maiores detalhes sobre as condições a serem empregadas na extração SPE são fornecidos no item 3.3.2 da presente proposta.

O equipamento empregado, comprovadamente capaz de realizar a determinação de tais compostos, será o cromatógrafo a líquido UPLC ACQUITY UPLC I-Class FTN-I contendo o sistema *online* de extração em fase sólida BSM/BSM 2D PLUS acoplado ao espectrômetro de massas triplo quadrupolo Xevo TQ-S micro. Esse equipamento foi um dos dois equipamentos que demonstraram capacidade analítica para análise direta de amostras de água exigidos no Pregão SABESP 00.178/19.

3.5.2. Análises *Untarget* (UHPLC-HRMS)

Com a evolução dos espectrômetros de massas de alta resolução (HRMS) nas últimas décadas e seu acoplamento com técnicas de separação como a cromatografia líquida (LC), surgiu a opção de detectar centenas de contaminantes e seus produtos de degradação, utilizando uma abordagem *untarget* (i.e., global, sem a pré-seleção de compostos alvo).⁴ As análises *untarget* podem ser convenientemente utilizadas como um método de triagem, que permite ampliar a gama de contaminantes detectados e agilizar o monitoramento dos mesmos nas amostras.⁵ Além disso, essa abordagem permite também identificar novos poluentes emergentes ou compostos atípicos, não inclusos nas listas de contaminantes dos órgãos reguladores,⁶ que venham a ocorrer nas amostras em estudo. Após a etapa de triagem, as amostras seguem para a análise *target*, com foco especial nas que apresentaram resultado positivo em relação a algum contaminante, para então ser confirmado e quantificado.

Assim, no presente projeto propõe-se aplicar um método *untarget* para triagem inicial de contaminantes nas amostras de água superficial coletadas em localidades atingidas pelo rompimento da Barragem da Mina Córrego do Feijão. As amostras com triagem positiva para



contaminantes orgânicos não voláteis (compatíveis com cromatografia líquida) regulamentados pelas Resoluções CONAMA 357 e 454 (Anexo 1) serão, então, subsequentemente analisadas quantitativamente por análise *target*. Com isso, busca-se simultaneamente: (i) agilizar a determinação dos analitos regulamentados, uma vez que a análise *target* pode focar especialmente nas amostras com triagem positiva; e (ii) investigar a possível presença de outros compostos, não regulamentados, porém que podem ser relevantes para avaliar o impacto do rompimento da barragem (e.g., produtos de transformação de contaminantes, novos poluentes emergentes, compostos utilizados no processo de mineração).

3.6. TRATAMENTO DOS DADOS

Antes da análise dos dados faz-se necessária seu pré-processamento. Os mais comuns para análises cromatográficas são deconvolução dos sinais, filtragem de ruído, detecção e alinhamento de picos, correção da linha de base e preenchimento de lacunas. Outras etapas incluem centralização, dimensionamento e transformação de dados que são utilizadas para minimizar os erros experimentais. Após essas etapas de pré-processamento e pré-tratamento dos dados são realizadas as análises estatísticas, que pode ser univariadas e multivariadas. De forma geral, as análises *target* usam uma abordagem univariada e as análises *untarget* uma abordagem multivariada.

3.6.1. Análises Target

Os métodos desenvolvidos serão validados segundo as normas preconizadas no guia de validação do INMETRO³ com o objetivo de verificar o desempenho para as condições nas quais estão sendo propostos. O processo de validação assegura a qualidade da análise realizada e gera informações confiáveis e interpretáveis sobre as amostras. Os ensaios de validação serão realizados por meio do uso de padrões.



A validação será demonstrada por meio da determinação de alguns parâmetros analíticos, denominados figuras de mérito. Neste projeto, os seguintes parâmetros serão considerados: seletividade, linearidade, e faixa linear de trabalho, sensibilidade, precisão, recuperação, limite de detecção e limite de quantificação.^{3,7,8} Os parâmetros de desempenho devem atender aos limites regulamentados pelo CONAMA.

As curvas analíticas serão construídas e analisadas pelo método dos mínimos quadrados ordinários. As premissas de normalidade, homocedasticidade e independência dos resíduos serão verificadas pelos testes de Ryan-Joiner, Brown-Forsythe e Durbin-Watson, respectivamente.⁹ O ajuste do modelo será averiguado pela análise de variância (ANOVA). O desempenho dos métodos validados será acompanhado ao longo do projeto por meio de cartas de controle.

3.6.2. Análises Untarget

A grande quantidade de dados gerados nas análises *untarget* requer a implementação de tratamento dos dados pós-aquisição, antes da etapa de identificação. Nessa etapa, os dados serão processados usando o *software* do equipamento (Xcalibur). A saída do *software* será importada para ambiente Matlab para realização das análises quimiométricas (análises multivariadas). O uso da quimiometria permite reconhecer padrões e similaridades em dados altamente complexos.¹⁰ Os padrões são identificados nos resultados e depois podem ser classificados com base na similaridade entre as amostras. Estes podem ser usados para identificar perfis de distribuição de um composto, bem como destacar o grau de contaminação em uma determinada área. Para aplicar as ferramentas quimiométricas, os dados serão organizados na forma de matriz e pré-processados.

Após o pré-processamento, os dados serão avaliados empregando métodos de análise não-supervisionados, como Análise de Componentes Principais (PCA) e HCA (*Hierarchical Clustering Analysis*). Os resultados da PCA serão apresentados por meio dos gráficos de



scores, que mostram as relações entre as amostras e gráfico de *loadings* (pesos) que indicam as relações entre as variáveis. A análise desses gráficos permite identificar similaridades entre as amostras, uma vez que amostras similares formam agrupamentos, e caracterizar compostos que são responsáveis pelos agrupamentos e separações das amostras. Os resultados obtidos nas análises *target* e *untarget* permitirão obter um perfil de distribuição química dos compostos analisados/ encontrados na região amostrada e avaliar essa distribuição em função do tempo



4. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Conforme Chamada Pública Interna Induzida N° 17 e 19/2020, o cronograma de execução da proposta tem prazo máximo de treze meses. O cronograma de execução é apresentado na Tabela 1. Deve-se esclarecer que é muito provável que dentro do prazo estipulado de treze meses de execução da proposta, os dois primeiros meses serão dedicados às tarefas de montagem do laboratório, instalação e treinamento com os novos equipamentos adquiridos.

Tabela 1. Cronograma de execução das atividades experimentais do projeto, divididas em treze meses.

Atividades	Mês												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Entrega e armazenamento das amostras coletadas													
Aquisição de materiais consumíveis para a realização das análises													
Treinamento da equipe com os equipamentos													
Ajuste das condições de preparo de amostras e dos parâmetros analíticos instrumentais													
Validação dos métodos e avaliação dos parâmetros de mérito													
Relatório de validação													
Análise das amostras													
Relatório parcial com os resultados obtidos													
Tratamento dos dados aplicando-se ferramentas quimiométricas													
Relatório final com todas as atividades envolvidas no subprojeto, resultados obtidos, discussões e conclusões, o qual deverá conter o mapa amostral com o perfil de distribuição dos compostos orgânicos nas águas subterrâneas georreferenciadas da bacia do rio Paraopeba													



5. EQUIPE

A vigência do projeto será de treze meses. Diante do grande volume de amostras e, conseqüentemente, do grande volume de dados que será gerado, dimensionou-se a equipe para que todo o trabalho seja cumprido no prazo (Tabela 2). Deve-se enfatizar que os pesquisadores que constituem a equipe têm grande experiência com os temas envolvidos na proposta, como pode ser verificado nos respectivos CV Lattes. Isso garante que a equipe tem muita experiência e, deste modo, está totalmente preparada para lidar com os problemas que certamente surgirão no transcorrer dos trabalhos. De forma resumida, os pesquisadores são especialistas nas seguintes áreas: Rodinei Augusti e Adriana Nori de Macedo (espectrometria de massas), Helvécio Costa Menezes (cromatografia gasosa e análises ambientais), Ricardo Mathias Orlando (cromatografia líquida, extração em fase sólida e análises ambientais) e Mariana Ramos de Almeida (tratamento de dados e quimiometria).



Tabela 2. Equipe de trabalho do projeto.

Nome	Categoria da Bolsa	Atividades	Carga Horária Semanal (h)
Prof. Dr. RodineiAugusti (http://lattes.cnpq.br/3784094744916006)	P1	Coordenação da proposta e das compras, contratação de serviços de terceiros, elaboração de protocolos, elaboração de relatórios, instalação do equipamento UHPLC-HRMS, treinamento da equipe, análise no modo <i>full scan</i> para detectar os compostos descritos nas Resoluções CONAMA 357 e 454, análise <i>untarget</i> das amostras para detecção dos compostos não contemplados nas Resoluções CONAMA 357 e 454.	4
Prof. Dr. Ricardo Mathias Orlando (http://lattes.cnpq.br/8138054200128314)	P2	Treinamento de equipe, elaboração de relatórios, instalação do equipamento de UHPLC-2D-MS/MS (bidimensional de alta sensibilidade), treinamento da equipe, análise das amostras para determinação quantitativa dos compostos das Resoluções CONAMA 357 e 454.	4
Prof. Dr. Helvécio Costa Menezes (http://lattes.cnpq.br/8501096347724709)	P2	Coordenação de compras, elaboração de relatórios, instalação do equipamento de GC-MS/MS de alta sensibilidade. Orientação para implementar e executar os protocolos de análise, acompanhamento das determinações quantitativas das amostras, orientação para os cálculos das incertezas combinadas dos processos analíticos envolvidos, avaliação e discussão dos resultados obtidos. Acompanhamento da equipe, análise das amostras para determinação quantitativa dos compostos das Resoluções CONAMA 357 e 454.	2
Profa. Dra. Mariana Ramos de Almeida (http://lattes.cnpq.br/6690913086860156)	P2	Coordenação de compras, treinamento no equipamento de GC-MS/MS, preparo e análise das amostras para determinação quantitativa dos compostos contemplados nas Resoluções CONAMA 357 e 454, elaboração de relatórios, tratamento dos dados obtidos pelas análises <i>target</i> e <i>untarget</i> , aplicação das ferramentas quimiométricas.	4



Nome	Categoria da Bolsa	Atividades	Carga Horária Semanal (h)
Profa. Dra. Adriana Nori de Macedo (http://lattes.cnpq.br/1346159798306897)	P2	Acompanhamento da instalação do equipamento de UHPLC-HRMS (alta resolução), criação de protocolos de utilização e manutenção do UHPLC-HRMS, treinamento da equipe que fará uso desse equipamento, desenvolvimento do método a ser utilizado nas análises de varredura das amostras para detecção dos compostos não contemplados na lista das Resoluções CONAMA 357 e 454, acompanhamento dessas análises e do processamento de dados envolvido.	4
Dra. Cyntia Cabral Ribeiro (http://lattes.cnpq.br/6380243529395782)	P2	Coordenação geral do laboratório e responsável por todas as validações e análises realizadas, além de auxiliar na implantação das normas ISO 17.025.	35
Msc. Millena Christie Ferreira Avelar (http://lattes.cnpq.br/8190355591231615)	P5	Recebimento das amostras, preparo de soluções, calibração de equipamentos, preparo das amostras de água superficial e sedimento. Implantação e validação de métodos target e untarget para a detecção dos compostos orgânicos. Treinamento nos equipamentos de UHPLC-HRMS, UHPLC-2D-MS/MS e GC-MS/MS, análise das amostras para determinação quantitativa e/ou varredura dos compostos contemplados nas Resoluções CONAMA 357 e 454.	20
Msc. Juliana Almeida Baratta (http://lattes.cnpq.br/5701065454270734)	P5	Adequação do laboratório às normas ISO 17.025.	35



Nome	Categoria da Bolsa	Atividades	Carga Horária Semanal (h)
Msc. José Messias Gomes (http://lattes.cnpq.br/9384120272737724)	P5	Recebimento das amostras, preparo de soluções, calibração de equipamentos, preparo das amostras de água superficial e sedimento por CF-SPME. Implantação e validação de métodos <i>target</i> para a detecção dos compostos orgânicos voláteis. Treinamento no equipamento GC-MS/MS, análise das amostras para determinação quantitativa e/ou varredura dos compostos contemplados nas Resoluções CONAMA 357 e 454. Adequação do laboratório às normas ISO 17.025.	10
Marina Caneschi de Freitas (http://lattes.cnpq.br/4981845613241792)			8
Bel. Nathália de Oliveira Melo (http://lattes.cnpq.br/2425672336077941)	P6	Recebimento das amostras, limpeza de frascos, lavagem de materiais, preparo de soluções, calibração de equipamentos, etiquetagem de frascos, preparo das amostras de água superficial e sedimento. Treinamento nos equipamentos de UHPLC-HRMS, UHPLC-2D-MS/MS e GC-MS/MS, análise das amostras para determinação quantitativa e/ou varredura dos compostos contemplados nas Resoluções CONAMA 357 e 454.	20
Bel. Júlia Célia Lima Gomes (http://lattes.cnpq.br/6093575709375190)			



6. ORÇAMENTOS

A equipe de professores desse projeto é composta por especialistas nas diferentes técnicas instrumentais (cromatografias líquida e gasosa, além de espectrometria de massas), técnicas de preparo de amostras (extração em fase sólida, microextração em fase sólida e extração sólido-líquido) e validação e tratamento estatístico de dados. Esse conhecimento faz com que esse grupo de professores consiga estimar com bastante confiança a demanda de trabalho e de recursos que despenderá esse projeto. Para nossa proposta de projeto estão previstas 484 amostras de água superficial, além de 88 amostras de sedimento para quantificação de dezenas de analitos. Soma-se à quantificação *target* dessas substâncias, as análises de *screening untarget*, que também serão demandadas para outros possíveis poluentes orgânicos ali presentes. Considerando apenas as 572 amostras para análise *target* dos analitos previstos nas resoluções CONAMA 357 e 454, tem-se um aumento de quase 400% no número de amostras totais em relação ao projeto da “CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA No 14/2019: COLETA E ANÁLISE DE COMPOSTOS ORGÂNICOS EM ÁGUA SUBTERRÂNEA” aprovado por esse Comitê. Além de todos os professores-doutores, uma maior, e ainda mais qualificada equipe técnica, precisará atuar para atender à grande demanda, equipe essa que garantirá a qualidade e confiabilidade das análises. A equipe de execução da presente proposta é composta por:

- Uma doutora farmacêutica na área de cromatografia e preparo de amostras (Cyntia Cabral Ribeiro), com experiência profissional em laboratório acreditado na norma ISO 17.025 e que trabalhou como responsável técnico em uma rotina de análise com demanda superior a 1.500 amostras/dia;



- Uma mestre farmacêutica na área de qualidade (Juliana Almeida Baratta), com experiência profissional em garantia da qualidade em laboratórios certificados com ISO 17.025 e membro pertencente à Rede Metrológica de Minas Gerais;
- Três mestres em Química Analítica (Millena Christie Ferreira Avelar, José Messias Gomes e Marina Caneschi de Freitas) e dois bacharéis em Química Tecnológica (Júlia Célia Lima Gomes e Nathália de Oliveira Melo), todos com experiência acadêmica em preparo de amostras, cromatografia e espectrometria de massas. Essas duas últimas terão um papel fundamental, pois atuarão no apoio em todas as etapas das análises desenvolvidas no laboratório.

Somado ao maior número de amostras, dois diferentes tipos de matrizes, sedimento e água superficial, serão analisados, o que torna o volume de trabalho e desafios analíticos ainda maiores. A equipe de professores desse projeto entende que os recursos financeiros previstos neste edital são suficientes apenas para atender à demanda dos analitos NÃO-VOLÁTEIS das resoluções CONAMA 357 e 454, os quais estão indicados no ANEXO 1, mesmo solicitando bolsas parciais para reduzir custos. O orçamento consolidado detalhado previsto para os compostos NÃO-VOLÁTEIS está descrito na Tabela 6, num valor total estimado de R\$ 924.572,32.

Existem 26 compostos VOLÁTEIS previstos nas Resoluções CONAMA 357 e 454, os quais são indicados no Anexo I (acenafteno, acenaftileno, benzeno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, 1,2-dicloroetano, *cis*-1,2-dicloroetano, *trans*-1,2-dicloroetano, diclorometano, etilbenzeno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, indeno(1,2,3)pireno, naftaleno, tetracloreto de carbono, tetracloreto eteno, tolueno, tricloroetano, *meta*-xileno, *orto*-xileno, *para*-xileno), cuja análise demandará recursos adicionais no valor de R\$ 232.954,55. A equipe de professores entende,



com base em seu conhecimento (artigos, patentes, teses e dissertações orientadas), que será preciso adquirir padrões, acessórios e um módulo de preparo de amostras complementares para garantir que esses analitos sejam devidamente extraídos e analisados com confiabilidade e rapidez suficientes. Todos esses itens já foram orçados e estão discriminados nas Tabelas 7 e 8, os quais são estritamente necessários para implementar a técnica de preparo de amostras denominada microextração em fase sólida (SPME, do inglês *Solid Phase Microextraction*), apresentada na seção 3.3.2 deste projeto, em suas duas variações: *Direct Infusion Solid Phase Microextraction* (DI-SPME) e *Headspace Solid Phase Microextraction* (HS-SPME). Vale destacar que a técnica de SPME é a mais sensível, confiável e amplamente aceita para compostos VOLÁTEIS em baixas concentrações e que sua aplicação não ficaria restrita às amostras de água e sedimento previstas neste edital, mas também na CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA No. 12/2020 (COLETA E ANÁLISE DE MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO) e em futuros editais de análise de rejeitos, amostras biológicas, dentre outros. Sendo assim, a aquisição desses itens se faz necessária para verificar se alguma matriz relacionada ao desastre foi contaminada com poluentes VOLÁTEIS. O orçamento consolidado detalhado previsto para todos os compostos listados no Anexo 1 (VOLÁTEIS e NÃO-VOLÁTEIS) está descrito na Tabela 9.



Tabela 3. Despesas com recursos humanos.

Integrante da equipe	Carga Horária Semanal (horas)	Quantidade de Meses	Valor da Bolsa Mensal (R\$)	Valor Total da Bolsa (R\$)
Prof. Dr. Rodinei Augusti	4	13	4.933,39	64.134,07
Prof. Dr. Ricardo Mathias Orlando	4	13	4.686,72	60.927,36
Prof. Dr. Helvécio Costa Menezes	2	13	2.343,36	30.463,68
Profa. Dra. Mariana Ramos de Almeida	4	13	4.686,72	60.927,36
Profa. Dra. Adriana Nori de Macedo	4	13	4.686,72	60.927,36
Dra. Cyntia Cabral Ribeiro	35	13	8.201,75	106.622,75
MSc Marina Caneschi de Freitas	8	7	1.578,68	11.050,76
MSc Millena Christie Ferreira Avelar	20	13	3.946,71	51.307,23
MSc Juliana Almeida Baratta	35	13	6.906,74	89.787,65
MSc José Messias Gomes	10	13	1.973,35	25.653,62
BSc Nathália de Oliveira Melo	20	13	3.700,04	48.100,52
BSc Júlia Célia Lima Gomes	20	13	3.700,04	48.100,52
Total				658.002,88



Tabela 4. Materiais de consumo e despesas com serviços de terceiros para o desenvolvimento experimental do projeto (detecção de compostos NÃO-VOLÁTEIS, como indicado no Anexo 1).

Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Seringas de 3 mL	10 caixas com 100 unidades cada	40,00	400,00	Filtração das amostras de água superficial e sedimento
Seringas de 1 mL	10 caixas com 100 unidades cada	40,00	400,00	Filtração das amostras de água superficial e sedimento
Filtros de 0,45 µm	600 unidades	5,00	3.000,00	Filtração das amostras de água superficial e sedimento
Luvas nitrílicas	20 caixas	35,90	718,00	Manipulação de frascos e soluções em laboratório
Reagentes auxiliares: ácido fórmico, hidróxido de amônio, ácido acético	1 L de cada	500,00	1.500,00	Preservante para as amostras, solventes e reagentes para preparo de fase móvel para UHPLC
Micropipetas de volumes variados ^a	6	500,00	3.000,00	Preparação das soluções dos padrões
Ponteiras para micropipetas	10 pacotes com 1000 unidades cada	50,00	500,00	Preparação das soluções dos padrões
Padrões analíticos das listas das Resoluções CONAMA 357 e 454 que serão quantificados por cromatografia a líquido e a gás	10	700,00	7.000,00	Análise dos compostos listados nas Resoluções CONAMA 357 e 454 por cromatografia líquida



Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Colunas de cromatografia gasosa	3	4.825,00	14.475,00	Análise das amostras de água superficial e sedimento
Colunas de SPE online para análise por UPLC-2D-MS/MS	4	5.000,00	20.000,00	Análise das amostras de água superficial e sedimento
Cartuchos de extração em fase sólida para análises por GC-MS/MS	48 caixas com 30 unidades cada	494,07	23.715,36	Análise das amostras de água superficial e sedimento
Filtro de seringa de PVDF (0,22 µm)	10 pacotes com 100 unidades cada	424,79	4.247,90	Filtração das amostras de água superficial e sedimento
Filtro de seringa de PTFE (0,22 µm)	10 pacotes com 100 unidades cada	285,85	2.858,5	Filtração das amostras de água superficial e sedimento
Acetonitrila grau LC	18 frascos de 4 L	356,00	7.120,00	Análise das amostras de água superficial e sedimento
Metanol grau LC	4 frascos de 20 L	3.192,00	12.768,00	Análise das amostras de água superficial e sedimento
Acetona grau LC	1 frasco de 6 L	1.700,00	1.700,00	Análise das amostras de água superficial e sedimento
Tetrahidrofurano grau LC	1 frasco de 2,5 L	891,00	891,00	Análise das amostras de água superficial e sedimento



Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Acetato de etila grau LC	2 frascos de 4 L	2.000,00	4.000,00	Análise das amostras de água superficial e sedimento
Cloreto de metileno grau LC	1 frasco de 6 L	1.639,00	1.639,00	Análise das amostras de água superficial e sedimento
Gás Hélio 5.0	10 cilindros	1.800,00	18.000,00	Análise das amostras de água superficial e sedimento
Gás Nitrogênio	2 cilindros	1.200,00	2.400,00	Análise das amostras de água superficial e sedimento
TOTAL		129.620,76		

^a Itens duráveis que serão utilizados em outros projetos associados aos equipamentos e laboratórios.



Tabela 5. Materiais permanentes para o desenvolvimento experimental do projeto (detecção de compostos NÃO-VOLÁTEIS, como indicado no Anexo 1).

Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Banho de ultrassom	1	20.000,00	20.000,00	Utilizado para a extração dos analitos orgânicos das amostras de sedimento
Microcomputadores	3	2.000,00	6.000,00	Utilizado no tratamento de dados e elaboração dos relatórios
TOTAL		26.000,00		



Tabela 6. Orçamento consolidado do projeto considerando as taxas administrativas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Instituto de Ciências Exatas (ICEx), e Departamento de Química (DQ) (detecção de compostos NÃO-VOLÁTEIS, como indicado no Anexo 1).

Descrição	Valor (R\$)
Material permanente	26.000,00
Material de consumo	129.620,76
Bolsas/ recursos humanos	658.002,88
Sub-total 1	813.623,64
Taxa UFMG (2%)	18.491,45
Taxa ICEX (2%)	18.491,45
Taxa DQ (8%)	73.965,79
Sub-total 2	110.948,68
CUSTO TOTAL (Sub-total 1 + 2)	924.572,32

6.1. ORÇAMENTOS ADICIONAIS PARA A ANÁLISE DOS COMPOSTOS VOLÁTEIS

Tabela 7. Materiais de consumo e despesas com serviços de terceiros para o desenvolvimento experimental do projeto (detecção de compostos VOLÁTEIS, como indicado no Anexo 1).

Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Fibras SPME manual com 5 diferentes fases	15 caixas com 3 unidades cada	3.000,00	45.000,00	Preparo de amostras de água superficial e sedimento
Fibras SPME automático com 5 diferentes fases	15 caixas com 3 unidades cada	4.000,00	60.000,00	Preparo de amostras de água superficial e sedimento
Acessórios SPME (septos, vials, lacres, liners)	1	3.000,00	3.000,00	Preparo de amostras de água superficial e sedimento
TOTAL		108.000,00		

Tabela 8. Materiais permanentes para o desenvolvimento experimental do projeto (detecção de compostos VOLÁTEIS, como indicado no Anexo 1).

Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Holder SPME para amostrador automático	2	4.300,00	8.600,00	Preparo de amostras de água superficial e sedimento
Holder manual SPME	3	3800,00	11.400,00	Preparo de amostras de água superficial e sedimento
Módulo SPME para amostrador automático GC/MS	1	65.000,00	65.000,00	Preparo de amostras de água superficial e sedimento
Padrões analíticos dos compostos voláteis mencionados nas Resoluções CONAMA 357 e 454 (Anexo 1) que serão quantificados por cromatografia a gás	30	400,00	12.000,00	Preparo das soluções fortificadas
TOTAL		97.000,00		

Tabela 9. Orçamento consolidado do projeto considerando as taxas administrativas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Instituto de Ciências Exatas (ICEx), e Departamento de Química (DQ) (incluindo todos os compostos, VOLÁTEIS e NÃO-VOLÁTEIS) indicados no Anexo 1).

Descrição	Valor (R\$)
Material permanente	134.000,00
Material de consumo	226.620,76
Bolsas/ recursos humanos	658.002,88
Sub-total 1	1.018.623,64
Taxa UFMG (2%)	23.150,54
Taxa ICEX (2%)	23.150,54
Taxa DQ (8%)	92.602,15
Sub-total 2	138.903,23
CUSTO TOTAL (Sub-total 1 + 2)	1.157.526,87

8. REFERÊNCIAS

1. Santos, R. R.; Cardeal, Z. L.; Menezes, H.; *Chemosphere* 2020, **250**,126223.
2. Arthur, C. L.; Pawliszyn, J.; *Anal. Chem.*1990, 2145.
3. INMETRO; *Orientação sobre validação de métodos analíticos*. DOQ-CGCRE-008. 2018. Disponível em: www.inmetro.gov.br. Acesso em: março 2020.
4. Meng, D.; Fan, D.; Gu, W.; Wang, Z.; Chen, Y.; Bu, H.; Liu, J.; *Chemosphere* 2020, **243**, 125367.
5. European Commission SANCO/12571/2013; *Guidance document on analytical quality control and validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed*; 2013.
6. Hogenboom, A. C.; van Leerdam, J. A.; de Voogt, P.; *J. Chromatogr. A* 2009, **1216**, 510.
7. EURACHEM; Guide: *The fitness for purpose of analytical methods – A laboratory guide to method validation and related topics*. Magnusson, B. and U. Örnemark (Ed.), 2014.
8. Miller, J. N.; Miller, J. C.; *Statistics and chemometrics for analytical chemistry*. 6th ed. Harlow: Prentice Hall, 2010
9. Souza, S. V. C.; Junqueira, R. G. *Anal. Chim. Acta*, 2005, **552**, 25
10. Massart, D.L.; *Handbook of chemometrics and qualimetrics. Data handling in science and technology* v 20A-20B. Amsterdam; New York: Elsevier, 1997



ANEXOS

Anexo 1. Lista dos compostos contemplados nas Resoluções CONAMA 357 e 454 que serão analisados pela presente proposta pelas técnicas de cromatografia líquida e gasosa. Cada analito será analisado de acordo com a técnica indicada. Os compostos VOLÁTEIS, que devem ser analisados pelas técnicas DI-SPME e HS-SPME, estão sombreados em cinza claro.

	Composto	Nº CAS	Resolução CONAMA	LC ^a	GC ^b
1	Acenafteno	83-32-9	454		DI-SPME
2	Acenaftileno	208-96-8	454		DI-SPME
3	Acrilamida	79-06-1	357	DIn	
4	Alaclor	15972-60-8	357		SPE
5	Aldrin	309-00-2	357		SPE
6	Antraceno	120-12-7	454		SPE
7	Atrazina	1912-24-9	357	SPE-2D	
8	Benzeno	71-43-2	357		HS-SPME
9	Benzidina	92-87-5	357	DIn	
10	Benzo(a)antraceno	56-55-3	357 e 454		DI-SPME
11	Benzo(a)pireno	50-32-8	357		DI-SPME
12	Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	357		DI-SPME
13	Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	357		DI-SPME
14	Carbaril	63-25-2	357	DIn	
15	cis-Clordano	5103-71-9	357 e 454		SPE
16	trans-Clordano	5103-74-2	357 e 454		SPE
17	2-Clorofenol	95-57-8	357	SPE-2D	
18	Criseno	218-01-9	357 e 454		DI-SPME



	Composto	Nº CAS	Resolução CONAMA	LC ^a	GC ^b
19	2,4-D	94-75-7	357	DIn	
20	p,p'- DDD	72-54-8	357 e 454		SPE
21	p,p'-DDE	72-55-9	357 e 454		SPE
22	p,p'- DDT	50-29-3	357 e 454		SPE
23	Demeton-O	298-03-3	357	SPE-2D	
24	Demeton-S	126-75-0	357	SPE-2D	
25	Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	357 e 454		DI-SPME
26	1,2-Dicloroetano	107-06-2	357		HS-SPME
27	cis-1,2-Dicloroetano	156-59-2	357		HS-SPME
28	trans-1,2-Dicloroetano	156-60-5	357		HS-SPME
29	2,4 Diclorofenol	120-83-2	357	SPE-2D	
30	Diclorometano	75-09-2	357		HS-SPME
31	Dieldrin	60- 57-1	357 e 454		SPE
32	Endosulfan I	959-98-8	357		SPE
33	Endosulfan II	33213-65-9	357		SPE
34	Endosulfan sulfato	1031-07-8	357		SPE
35	Endrin	72-20-8	357 e 454		SPE
36	Estireno	100-42-5	357		SPE
37	Etilbenzeno	100-41-4	357		HS-SPME
3839	Fenantreno	85-01-8	454		DI-SPME
40	Fluoranteno	206-44-0	454		DI-SPME
41	Fluoreno	86-73-7	454		DI-SPME
42	Glifosato	1071-83-6	357	DIn	
43	Gution	86-50-0	357	SPE-2D	
44	alfa-HCH	319-84-6	454		SPE



	Composto	Nº CAS	Resolução CONAMA	LC ^a	GC ^b
45	<i>beta</i> -HCH	319-85-7	454		SPE
46	<i>delta</i> -HCH	319-86-8	454		SPE
47	2,2',3,4,4',5,5'- Heptaclorobifenila	35065-29-3	357 e 454		SPE
48	Heptacloro epóxido	1024-57-3	357		SPE
49	Hexaclorobenzeno	118-74-1	357		SPE
50	2,2',3,4,4',5'- Hexaclorobifenila	35056-28-2	357 e 454		SPE
51	2,2',4,4',5,5'- Hexaclorobifenila	3505-27-1	357 e 454		SPE
52	Indeno(1,2,3)pireno	193-39-005	357		DI-SPME
53	Lindano	58-89-9	357		SPE
54	Malation	121-75-5	357	SPE-2D	
55	2-Metilnaftaleno	91-57-6	454		SPE
56	Metolacoloro	51218-45-2	357	SPE-2D	
57	Metoxicloro	72-43-5	357		SPE
58	Naftaleno	91-20-3	454		DI-SPME
59	Paration	56-38-2	357	SPE-2D	
60	2,2',4,5,5'-Pentaclorobifenila	37680- 73- 2	357 e 454		SPE
61	2,3',4,4',5-Pentaclorobifenila	31508-00-6	357 e 454		SPE
62	Pentaclorofenol	87-86-5	357	SPE-2D	
63	Simazina	122-34-9	357	DIn	
64	2,4,5-T	93-76-5	357	DIn	
65	Tetracloroeto de carbono	56-23-5	357		HS-SPME
66	Tetracloro eteno	127-18-4	357		HS-SPME
67	2,2',5,5'- Tetraclorobifenila	35693-99-3	357 e 454		SPE
68	Tolueno	108-88-3	357		HS-SPME



	Composto	Nº CAS	Resolução CONAMA	LC ^a	GC ^b
69	Toxafeno	8001-35-2	357		SPE
70	2,4,5-TP	93-72-1	357	DIn	
71	Tributilestanho	688-73-3	357 e 454	DIn	
72	1,2,3-Triclorobenzeno	87-61-6	357		SPE
73	1,2,4-Triclorobenzeno	120-82-1	357		SPE
74	1,3,5-Triclorobenzeno	108-70-3	357		SPE
75	2,4,4'-Triclorobifenila	7012-37-5	357 e 454		SPE
76	Tricloroeteno	79-01-6	357		HS-SPME
77	2,4,6-Triclorofenol	88-06-2	357	SPE-2D	
78	Trifluralina	1582-09-8	357	SPE-2D	
79	<i>meta</i> -Xileno	108-38-3	357		HS-SPME
80	<i>orto</i> -Xileno	95-47-6	357		HS-SPME
81	<i>para</i> -Xileno	106-42-3	357		HS-SPME

^a Métodos de extração que serão empregados nas análises por LC: DIn (*Direct Injection*); SPE-2D (*Solid Phase Extraction Bi Dimentional*); ^b Métodos de extração que serão empregados nas análises por GC: SPE (*Solid Phase Extraction*); DI-SPME (*Direct Infusion Solid Phase Microextraction*); HS-SPME (*Headspace Solid Phase Microextraction*);



PRESTAÇÃO DE SERVIÇO - DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS CONTEMPLADOS NAS RESOLUÇÕES CONAMA 357 E 454 EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E SEDIMENTOS COLETADOS NA BACIA DO RIO PARAOPÉBA UTILIZANDO AS TÉCNICAS DE CROMATOGRAFIA GASOSA E CROMATOGRAFIA LÍQUIDA ACOPLADAS À ESPECTROMETRIA DE MASSAS

Registro

-

Revisão

17/06/2020

Status

Aguardando aprovação

Título

Determinação de Compostos Orgânicos Contemplados nas Resoluções CONAMA 357 e 454 em Águas Superficiais e Sedimentos Coletados na Bacia do Rio Paraopeba utilizando as Técnicas de Cromatografia Gasosa e Cromatografia Líquida Acopladas à Espectrometria de Massas

Data de início

01/09/2020

Previsão de término

01/01/2022

Data da última aprovação pelo Órgão Competente

-

Órgão Competente

-

CARACTERIZAÇÃO
Ano em que se iniciou a ação

2020

Unidade

Instituto de Ciências Exatas

Departamento

Departamento de Química

Caracterização

Exames e Laudos Técnicos

Subcaracterização

Laudos Técnicos

Programa vinculado

SEM VÍNCULO

Projeto vinculado

SEM VÍNCULO

Principal Área Temática de Extensão

Meio Ambiente

Área Temática de Extensão Afim

NÃO POSSUI

Linha de Extensão

Questões Ambientais

Grande Área do Conhecimento

Ciências Exatas e da Terra

Palavras-chave

análise de compostos orgânicos; resoluções CONAMA 357 e 454; monitoramento águas superficiais, monitoramento de sedimentos, Bacia do Rio Paraopeba, cromatografias líquida e gasosa

DESCRIÇÃO
Apresentação e justificativa


PRESTAÇÃO DE SERVIÇO - DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS CONTEMPLADOS NAS RESOLUÇÕES CONAMA 357 E 454 EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E SEDIMENTOS COLETADOS NA BACIA DO RIO PARAÓPEBA UTILIZANDO AS TÉCNICAS DE CROMATOGRAFIA GASOSA E CROMATOGRAFIA LÍQUIDA ACOPLADAS À ESPECTROMETRIA DE MASSAS

A captação de água do Rio Paraopeba para tratamento e disponibilização para consumo humano foi interrompida a jusante do ponto onde ocorreu o rompimento da barragem 1 (B1) do complexo da Mina Córrego do Feijão da empresa Vale, em Brumadinho. Sabe-se que diversas empresas, comércios e pequenas plantações foram parcialmente ou totalmente destruídos pela passagem do rejeito, além de uma enorme área da própria Vale. A quantidade e a diversidade dos compostos orgânicos presentes na barragem B1 ou ainda no maquinário, veículos, depósitos, transformadores e laboratórios, além de todos os locais no entorno da empresa, foram arrastados e dispersos nos corpos d'água. O tipo de contaminação que pode ter potencialmente ocorrido não tem precedentes e/ou parâmetro de comparação com outros casos de contaminação pelos contaminantes orgânicos frequentemente monitorados em amostras de água superficial e sedimentos estabelecidos nas Resoluções CONAMA 357 e 454, respectivamente. É importante ressaltar que muitas dessas substâncias orgânicas, e também seus produtos de degradação, são altamente tóxicos, mesmo em quantidades ínfimas, e o seu monitoramento é de vital importância para a saúde da população e também dos ecossistemas. Portanto, mostra-se não apenas importante, como também diligente, que seja avaliada a qualidade das águas superficiais e sedimentos das propriedades ao longo do Rio Paraopeba, as quais são usadas para diversas finalidades, principalmente para consumo humano e dessedentação animal. Deste modo, um monitoramento sistemático sobre a presença de tais compostos orgânicos nocivos nestas amostras mostra-se de extrema relevância para tranquilizar toda a população do entorno da região do acidente.

Objetivos gerais

Para as análises das amostras, a equipe apresenta, como objetivo geral e meta final, a avaliação qualitativa e quantitativa de contaminantes orgânicos em água superficial e sedimentos da Bacia do Rio Paraopeba. Os analitos previstos nas Resoluções CONAMA 357 (água superficial) e 454 (sedimento), como exposto no Anexo 1, serão quantificados em amostras coletadas em 44 pontos da Bacia do Rio Paraopeba definidos no plano amostral do CTC do Projeto Brumadinho-UFMG, como indicado na Figura 1.

Objetivos específicos

- 1) Analisar as amostras aplicando metodologias de preparo de amostra adequadas para determinação de compostos contemplados nas Resoluções CONAMA 357 e 454 (Anexo 1) pelo uso das técnicas de cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas sequencial (UHPLC-2D-MS/MS) e cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS e GC-MS/MS), empregando metodologias quantitativas validadas segundo os parâmetros preconizados no guia de validação do INMETRO;2
- 2) Utilizar a técnica de cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas de alta resolução (UHPLC-HRMS), empregando metodologias no modo de varredura completa (screening), buscando outros compostos, além daqueles indicados nas Resoluções CONAMA 357 e 454, bem como possíveis produtos de degradação destes;
- 3) Estabelecer correlações de similaridade pelo uso de ferramentas quimiométricas, tais como PCA (Principal Component Analysis) e HCA (Hierarchical Clustering Analysis), buscando-se traçar perfis de similaridades e padrões de distribuição dos compostos orgânicos das águas superficiais da bacia do Rio Paraopeba.

Metodologia

As coletas das amostras serão realizadas por uma equipe selecionada em outros editais (Chamada Projeto Brumadinho-UFMG nº 9-2019 e nº 11-2019 e serão distribuídas da seguinte maneira: (1) 44 amostras de água superficial coletadas mensalmente, durante 11 meses, totalizando 484 coletas; (2) no caso de sedimentos, serão 44 amostras coletadas em dois períodos distintos, durante a vigência do edital, totalizando 88 amostras. Portanto, o número de amostras totais a ser coletado é 572 (484 de águas superficiais e 88 de sedimentos). A região de referência (municípios atingidos), onde as amostras deverão ser coletadas, compreende os seguintes municípios selecionados, de Brumadinho até a represa da Usina Hidrelétrica de Retiro Baixo, a saber: (1) Betim, (2) Brumadinho, (3) Curvelo, (4) Esmeraldas, (5) Florestal, (6) Fortuna de Minas, (7) Igarapé, (8) Juatuba, (9) Maravilhas, (10) Mário Campos, (11) Martinho Campos, (12) Papagaios, (13) Pará de Minas, (14) Paraopeba, (15) Pequi, (16) Pompéu, (17) São Joaquim de Bicas, (18) São José da Varginha e (19) Sarzedo (Figura 1). As análises target (ou alvo) centralizam-se na análise de um grupo ou classe de compostos, nesse caso, os compostos listados nas Resoluções CONAMA 357 e 454. Já as análises untarget (ou global) podem ser convenientemente utilizadas como um método de triagem, além de permitir a detecção de analitos que não estão nas listas das Resoluções CONAMA 357 e 454. Os métodos de extração dos compostos orgânicos das águas superficiais, quais sejam Solid Phase Extraction (SPE) e Solid Phase Microextraction (SPME), e um tratamento inicial das amostras de sedimento por banho de ultra-som. Esses modos de extração e tratamento serão combinados com as técnicas de cromatografia gasosa ou líquida acoplada à espectrometria de massas para a realização das análises do tipo target e untarget. Finalmente, todas as análises serão realizadas no Centro de Referência Ambiental (CRA), localizado no Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais (DQ-UFMG).

Forma de avaliação da ação de Extensão

A forma de avaliação da ação de Extensão será realizada pela elaboração do mapa amostral com o perfil de distribuição dos compostos orgânicos nas águas subterrâneas georreferenciadas da bacia do rio Paraopeba. Além disso, haverá a confecção de um relatório completo com todas as atividades envolvidas no subprojeto, resultados obtidos, discussões e conclusões, o qual será apresentado ao final da vigência do projeto.

Site

<http://www.projetobrumadinho.ufmg.br/sites/default/files/2020-05/Chamada%2017%20e%2019%20-%20Determina%20a%20qualidade%20das%20%C3%A1guas%20superficiais%20e%20sedimentos%20na%20bacia%20do%20rio%20Para%C3%B3peba.pdf>

Origem do público-alvo

Interno e Externo

Caracterização do público-alvo



PRESTAÇÃO DE SERVIÇO - DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS CONTEMPLADOS NAS RESOLUÇÕES CONAMA 357 E 454 EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E SEDIMENTOS COLETADOS NA BACIA DO RIO PARAÓPEBA UTILIZANDO AS TÉCNICAS DE CROMATOGRAFIA GASOSA E CROMATOGRAFIA LÍQUIDA ACOPLADAS À ESPECTROMETRIA DE MASSAS

Pesquisadores do Departamento de Química da UFMG e a população ribeirinha da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba constituem o público-alvo da presente proposta.

Captação por edital de fomento

Sim

Articulado com política pública

Sim

ESTUDANTES MEMBROS DA EQUIPE

Plano de atividades

Os bolsistas vinculados à presente proposta estarão participando das seguintes atividades:

1. Recepção e armazenamento das amostras coletadas;
2. Treinamento com os equipamentos utilizados nas análises;
3. Desenvolvimento e otimização das condições de preparo das amostras e dos parâmetros analíticos instrumentais;
4. Validação dos métodos e avaliação dos parâmetros de mérito;
5. Análise das amostras coletadas e interpretação dos resultados;
6. Tratamento dos dados aplicando-se ferramentas quimiométricas
7. Auxílio na elaboração de um mapa amostral com o perfil de distribuição dos compostos orgânicos nas águas subterrâneas georreferenciadas;
8. Auxílio na confecção de um relatório completo, com os resultados obtidos, discussões e conclusões.

Plano de acompanhamento e orientação

Os bolsistas serão acompanhados e orientados pelos respectivos orientadores com relação às atividades desenvolvidas por eles no âmbito do projeto. Espera-se que o trabalho desenvolvido auxilie na produção do relatório final do projeto, que terá impacto junto à comunidade ribeirinha da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba. Espera-se, também, que os resultados gerem material suficiente para participação dos alunos em congressos nacionais e internacionais, bem como artigos em revistas científicas indexadas.

Processo de avaliação

Os bolsistas serão avaliados continuamente pela sua assiduidade e participação nas atividades diárias do laboratório. Ao final do período de vigência do projeto, os alunos receberão uma avaliação por escrito, tendo como base os critérios acima discriminados.

INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS

Infra-estrutura física

O laboratório onde os trabalhos serão desenvolvidos possui todas as condições de infra-estrutura e equipamentos necessários para que todas as análises previstas sejam realizadas.

Vínculo com Ensino

Não

Vínculo com Pesquisa

Sim

Público estimado

40

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Informações adicionais

Trata-se de uma proposta submetida no âmbito do projeto Brumadinho-UFMG, especificamente na Chamada Pública Induzida 17 e 19/2020. No presente momento, o laboratório onde as análises serão realizadas está sendo montado, sendo que todos os grandes equipamentos necessários para a infra-estrutura já foram adquiridos.

EXECUÇÕES

Data Início			Data Término			
EQUIPE						
Participação	Nome	Telefone	E-mail	Unidade	Departamento/ Curso/Setor	Período
Coordenador	RODINEI AUGUSTI		augusti@ufmg.br augusti@ufmg.br	INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS	Departamento de Química	- a -
Co-coordenador	R I C A R D O M A T H I A S O R L A N D O	(31) 9172-8797	orlandoricardo@ufmg.br orlandoricardo@hotmail.com	INSTITUTO DE CIÊNCIAS	Departamento de Química	01/09/2020 a 01/01/2022



PRESTAÇÃO DE SERVIÇO - DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS CONTEMPLADOS NAS RESOLUÇÕES CONAMA 357 E 454 EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E SEDIMENTOS COLETADOS NA BACIA DO RIO PARAÓPEBA UTILIZANDO AS TÉCNICAS DE CROMATOGRAFIA GASOSA E CROMATOGRAFIA LÍQUIDA ACOPLADAS À ESPECTROMETRIA DE MASSAS

				EXATAS		
Bolsista(Outras)	JULIANA ALMEIDA BARATTA	(31) 9294-4912	Julianaabaratta@gmail.com	Toxicologia Pardini Laboratórios S/A	-	01/09/2020 a 01/01/2022
Bolsista(Outras)	CYNTIA CABRAL RIBEIRO	(31) 9209-6771	nity_ninty@hotmail.com	Toxicologia Pardini Laboratórios S/A	-	01/09/2020 a 01/01/2022
Bolsista(Outras)	M I L L E N A C H R I S T I E F E R R E I R A A V E L A R	(31) 9266-4151	millasoad@hotmail.com	Universidade Federal de Minas Gerais	-	01/09/2020 a 01/01/2022
Bolsista(Outras)	JOSÉ MESSIAS GOMES	(31) 7568-9709	josemgomes1989@ufmg.br messiasgome@hotmail.com	-	QUÍMICA/M	01/09/2020 a 01/01/2022
Bolsista(Outras)	M A R I N A C A N E S C H I D E F R E I T A S	(31) 8538-6060	marinacaneschi@ufmg.br	INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS	Departamento de Química	01/03/2021 a 01/01/2022
Bolsista(Outras)	NATHALIA DE OLIVEIRA MELO	(31) 8778-0208	natyoliveira90@ufmg.br natyoliveira90@hotmail.com	-	FARMÁCIA	01/09/2020 a 01/01/2022
Participante	ADRIANA NORI DE MACEDO	(11) 4325-4454	adrianamacedo@ufmg.br adrianandm@gmail.com	INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS	Departamento de Química	01/09/2020 a 01/01/2022
Participante	JÚLIA CÉLIA LIMA GOMES	(31) 9989-9366	juliaclg@hotmail.com	Universidade Federal de Minas Gerais	-	01/09/2020 a 01/01/2022
Participante	HELVECIO COSTA MENEZES	(37) 9905-1412	hmenezes@ufmg.br helvecio52@gmail.com	INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS	Departamento de Química	01/09/2020 a 01/01/2022
Participante	MARIANA RAMOS DE ALMEIDA	(31) 8257-0549	mariramos@ufmg.br mariramosalmeida@gmail.com	INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS	Departamento de Química	01/09/2020 a 01/01/2022

PARCERIAS

CNPJ	Nome	Caracterização	Tipo
	MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS	Outros	Outros

ABRANGÊNCIAS

Nome	Estado	Município	CEP	Detalhes
Barragem 1 (B1) do complexo da Mina Córrego do Feijão da empresa Vale	Minas Gerais	Brumadinho	35.460-000	Barragem 1 (B1) do complexo da Mina Córrego do Feijão da empresa Vale





UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

DECLARAÇÃO DE ANUÊNCIA

Ao Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG

Prezado Coordenador,

Declaro que estou ciente da participação da equipe de recursos humanos composta por docentes e funcionário técnico do DQ-UFMG, abaixo relacionados, na equipe do projeto **“Determinação de Compostos Orgânicos Contemplados nas Resoluções CONAMA 357 e 454 em Águas Superficiais e Sedimentos Coletados na Bacia do Rio Paraopeba utilizando as Técnicas de Cromatografia Gasosa e Cromatografia Líquida Acopladas à Espectrometria de Massas”**, coordenado pelo Prof. Rodinei Augusti, que será submetido às Chamada Pública Interna Induzida Nº 17 e 19/2019 do Projeto Brumadinho-UFMG. Declaro ainda que, caso este projeto venha a ser aprovado com vigência por período igual a seis meses, a equipe participante da proposta terá apoio institucional necessário para sua realização.

Equipe: Rodinei Augusti, Ricardo Mathias Orlando, Helvécio Costa Menezes, Mariana Ramos de Almeida, Adriana Nori de Macedo, Marina Caneschi de Freitas

Belo Horizonte, 15 de junho de 2020.

PROF. RUBÉN DARIO SINISTERRA MILLÁN
Chefe do Departamento de Química



Documento assinado eletronicamente por **Ruben Dario Sinisterra Millan, Chefe de departamento**, em 16/06/2020, às 21:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0149733** e o código CRC **82C905A4**.

Referência: Processo nº 23072.215195/2020-02

SEI nº 0149733



ATA DA REUNIÃO DE JULGAMENTO DA CHAMADA



ATA DA REUNIÃO DE JULGAMENTO DA CHAMADA 17+19/2020 NO DIA 22.06.2020

No dia 22 de junho de 2020, às 16h30 horas, reuniram-se virtualmente os membros do Comitê Técnico-Científico do “Projeto Brumadinho-UFMG”, Fabiano Lara, Ricardo Ruiz, Adriana Monteiro da Costa, Carlos Augusto Gomes Leal, Claudia Carvalhinho Windmöller, Efigênia Ferreira e Gustavo Ferreira Simões e o Secretário Executivo do “Projeto Brumadinho-UFMG”, Tiago Barros Duarte. Ausente, justificadamente, a Professora Claudia Mayorga.

Tendo sido previamente encaminhado o Subprojeto para exame, foi avaliada a PROPOSTA submetida pelo professor Rodinei Augusti para a Chamada 17+19. Foi identificado que o Subprojeto apresentado cumpriu os requisitos formais de submissão. Examinado e discutido o mérito, a proposta foi avaliada como relevante e cientificamente robusta e com equipe executora experiente e apta à execução do projeto. O Subprojeto propõe alternativas e novos objetivos, traçando perspectivas para a avaliação de compostos orgânicos para além dos previstos nas normas do CONAMA, como também produtos de degradação que apresentam toxicidade. Verificou-se, portanto, que a proposta preenche o objetivo completamente, com elevada qualidade, concluindo, por unanimidade pela APROVAÇÃO COM AJUSTES. Observou-se necessidade de adequações, tendo sido identificadas as seguintes recomendações a serem realizadas pelo proponente:

- 1) Reescrever item “JUSTIFICATIVA E CONTEXTUALIZAÇÃO”, de modo a evitar frases de juízo de valor, utilizando referências bibliográficas para subsidiar as informações apresentadas.
- 2) Incluir de forma explícita no item “OBJETIVOS E METAS” e no subitem “OBJETIVOS ESPECÍFICOS” os itens previstos no texto da Chamada.
- 3) No último parágrafo da página 10, uma vez que a escolha da técnica de extração vai depender fundamentalmente da composição do sedimento, incluir previsão da realização dessas análises.
- 4) Esclarecer no texto da proposta se a utilização das técnicas no modo screening apresenta sensibilidade suficiente e equivalente à metodologia padrão para cada analito, para evitar resultados falso negativo de análises.
- 5) Adequar quadro de membros da equipe (Tabela 2), suas atividades e cargas horárias, considerando que o Centro de Referência Ambiental já conta com gestor de qualidade para adequação às normas ISO 17025 e coordenação geral do laboratório. Não será necessário designar membros da equipe para esta atividade.
- 6) Inserir itens de produtos a serem entregue, conforme previsto no item 3.5 da Chamada.
- 7) O CTC entende que o uso da técnica de SPME é justificada do ponto de vista técnico e científico, sendo recomendada sua manutenção no Subprojeto. Porém, a manutenção não exige que a proposta atenda ao teto de orçamento previsto na Chamada. Assim sendo, solicita-se que a equipe realize as adequações pertinentes na proposta (se devem utilizar a técnica SPME com módulo automático ou com o módulo manual, e/ou ainda diminuindo a frequência das análises dos compostos voláteis), garantindo que o orçamento não ultrapasse o valor disponível estipulado na Chamada e que todos os compostos orgânicos previstos na Norma CONAMA 357 e 454 sejam determinados.
- 8) Com relação ao item “ORÇAMENTOS”:
 - Retirar pedido de computadores e ultrassom (Tabela 5);

- Rever pedido de colunas cromatográficas (Tabela 4), uma vez que serão adquiridas 3 pelo subprojeto de análise de águas subterrâneas;
 - Incluir: adicional de 10% no número de testes a serem realizados, ensaios de proficiência, calibração de pipetas, balança, materiais de referência, padrões de rastreabilidade e padrões da ISO 17025.
- 9) Incluir no “CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO”:
- Reunião com o coordenador geral do CRA para definições de uso das instalações do Laboratório;
 - Treinamento de equipe e aquisição de consumíveis;
 - Adequar cronograma, excluindo o item de montagem do laboratório.
 - Adequar cronograma, trocando o item “treinamento da equipe com equipamentos” por “treinamento nos equipamentos, elaboração de Instruções de Trabalho (ITs) e início das análises de amostras coletadas”.
- 10) Apresentar detalhamento do cronograma de atividades dos bolsistas, contemplando as análises que realizarão.
- 11) Incluir membros da equipe responsáveis por (a) produzir informações/conteúdos sobre o Subprojeto que serão publicadas no site da Plataforma Brumadinho e (b) receber demandas externas.
- 12) Pesquisadores que compõem outras equipes, candidatas ou selecionadas, em outras chamadas do Projeto Brumadinho UFMG devem obedecer ao limite de carga horária e bolsa, estabelecidos por categoria. Neste sentido, pede-se ajustes, se necessário, para os seguintes pesquisadores: Prof. Dr. Rodinei Augusti, Prof. Dr. Ricardo Mathias Orlando, Prof^a. Dr^a. Mariana Ramos de Almeida, Prof^a. Dr^a. Adriana Nori de Macedo, Msc. Millena Christie Ferreira Avelar.
- 13) Apresentar protocolo de garantia de rastreabilidade das amostras a serem analisadas.
- 14) Retirar todas as comparações com a Chamada 14, principalmente as relacionadas ao número de análises a serem feitas.
- 15) Revisar e reescrever os trechos onde são feitas afirmações genéricas sem a devida comprovação por referências bibliográficas cientificamente reconhecidas, bem como retirar afirmações que tragam qualquer juízo de valor.

Encerrou-se a reunião às 18h30. Eu, Tiago Barros Duarte, Secretário-Executivo do Comitê Técnico-Científico do “Projeto Brumadinho-UFMG” lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos demais. Belo Horizonte, 22 de junho de 2020.

Adriana Monteiro da Costa	Gustavo Ferreira Simões
Carlos Augusto Gomes Leal	Ricardo Machado Ruiz
Claudia Carvalhinho Windmüller	Efigênia Ferreira
Fabiano Lara	Tiago Duarte



RECURSOS E ADEQUAÇÕES



Prezados Coordenadores do Comitê Técnico Científico (CTC) do Projeto Brumadinho - UFMG,

Inicialmente, gostaríamos de agradecer ao CTC por considerar que nossa proposta apresenta mérito, relevância, é cientificamente robusta e é composta por uma equipe executora com experiência e apta à execução do projeto. Seguindo as orientações do CTC, preparamos uma versão retificada com as modificações sugeridas, as quais estão indicadas em amarelo. As respostas detalhadas para todos os ajustes solicitados pelos membros do CTC são apresentadas a seguir:

1) Reescrever item “JUSTIFICATIVA E CONTEXTUALIZAÇÃO”, de modo a evitar frases de juízo de valor, utilizando referências bibliográficas para subsidiar as informações apresentadas.

O item 1 (JUSTIFICATIVA E CONTEXTUALIZAÇÃO) foi revisado, buscando-se evitar frases de juízo de valor e inserindo referências bibliográficas para dar suporte às informações apresentadas.

2) Incluir de forma explícita no item “OBJETIVOS E METAS” e no subitem “OBJETIVOS ESPECÍFICOS” os itens previstos no texto da Chamada.

Como recomendado, os itens previstos no texto da Chamada Pública Interna Induzida Nº 17 e 19/2020 foram incluídos no projeto retificado os itens 2.1 (OBJETIVO GERAL E META FINAL) e 2.2 (OBJETIVOS ESPECÍFICOS).

3) No último parágrafo da página 10, uma vez que a escolha da técnica de extração vai depender fundamentalmente da composição do sedimento, incluir previsão da realização dessas análises.

Para atender à solicitação do Comitê, a seguinte frase foi adicionada à versão retificada (página 9): “Será realizado um teste preliminar de adição e recuperação para verificar qual das técnicas é a mais promissora conforme descrito no cronograma de execução (Tabela 1).”



4) Esclarecer no texto da proposta se a utilização das técnicas no modo screening apresenta sensibilidade suficiente e equivalente à metodologia padrão para cada analito, para evitar resultados falso negativo de análises.

As técnicas de *screening* serão utilizadas a fim de avaliar a possível presença de compostos orgânicos não contemplados pelas resoluções do CONAMA, incluindo, por exemplo, produtos de degradação de contaminantes, poluentes emergentes e compostos atípicos/incomuns. A sensibilidade do instrumento e do método utilizados ainda precisa ser avaliada. Porém destaca-se que isso não afetará a análise dos compostos listados nas resoluções do CONAMA, os quais serão determinados utilizando métodos *target*, desenvolvidos e validados para garantir a sensibilidade requerida para esses compostos. O *screening* fornecerá resultados extras para permitir uma avaliação mais completa da qualidade hídrica, complementando as demais análises. O texto do projeto foi alterado para deixar isso mais claro (item 3.5.2).

5) Adequar quadro de membros da equipe (Tabela 2), suas atividades e cargas horárias, considerando que o Centro de Referência Ambiental já conta com gestor de qualidade para adequação às normas ISO 17025 e coordenação geral do laboratório. Não será necessário designar membros da equipe para esta atividade.

As funções da Dra. Cyntia Cabral Ribeiro e Msc. Juliana Almeida Baratta foram reformuladas para que não houvesse conflito de funções com profissionais que serão contratados (Tabela 2).

6) Inserir itens de produtos a serem entregues, conforme previsto no item 3.5 da Chamada.

O item 4 (PRODUTOS) foi incluído na versão retificada do projeto.

7) O CTC entende que o uso da técnica de SPME é justificada do ponto de vista técnico e científico, sendo recomendada sua manutenção no Subprojeto. Porém, a manutenção não exige que a proposta atenda ao teto de orçamento previsto na Chamada. Assim sendo, solicita-se que a equipe realize as adequações pertinentes na proposta (se devem utilizar a técnica SPME com módulo automático ou com o módulo manual, e/ou ainda



diminuindo a frequência das análises dos compostos voláteis), garantindo que o orçamento não ultrapasse o valor disponível estipulado na Chamada e que todos os compostos orgânicos previstos na Norma CONAMA 357 e 454 sejam determinados.

Para garantir que o orçamento não ultrapasse o valor disponível, optamos por substituir o método SPME pelo método *headspace*. Este método é indicado pela USEPA (5021A) para o preparo de amostras contendo compostos orgânicos voláteis (VOCs). Entretanto sua principal desvantagem é a baixa sensibilidade, o que pode dificultar a detecção e quantificação de analitos em níveis de traços. As alterações estão apresentadas nos itens 3.2 e 3.3.2. As menções ao uso da técnica de SPME foram removidas da Tabela 4 e Anexo 1.

8) Com relação ao item “ORÇAMENTOS”:

- Retirar pedido de computadores e ultrassom (Tabela 5);

Os materiais permanentes, computadores e ultrassom, foram retirados do orçamento (Tabela 4).

- Rever pedido de colunas cromatográficas (Tabela 4), uma vez que serão adquiridas 3 pelo subprojeto de análise de águas subterrâneas;

As colunas cromatográficas são materiais de consumo e precisam ser trocadas periodicamente. As análises de amostras de águas e sedimentos possuem grandes quantidades de interferentes que danificam a coluna e diminuem a vida útil da mesma.

- Incluir: adicional de 10% no número de testes a serem realizados, ensaios de proficiência, calibração de pipetas, balança, materiais de referência, padrões de rastreabilidade e padrões da ISO 17025.

Todos esses itens foram incluídos na Tabela 4.

9) Incluir no “CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO”:

- Reunião com o coordenador geral do CRA para definições de uso das instalações do Laboratório;

- Treinamento de equipe e aquisição de consumíveis;



- Adequar cronograma, excluindo o item de montagem do laboratório.
- Adequar cronograma, trocando o item “treinamento da equipe com equipamentos” por “treinamento nos equipamentos, elaboração de Instruções de Trabalho (ITs) e início das análises de amostras coletadas”.

Os ajustes necessários foram feitos no cronograma de execução (Tabela 1).

10) Apresentar detalhamento do cronograma de atividades dos bolsistas, contemplando as análises que realizarão.

Os cronogramas de execução das atividades de todos os bolsistas foram incluídos na versão retificada, item 8 (PLANO DE TRABALHO DOS BOLSISTAS).

11) Incluir membros da equipe responsáveis por (a) produzir informações/ conteúdos sobre o Subprojeto que serão publicadas no site da Plataforma Brumadinho e (b) receber demandas externas.

Ao coordenador da equipe (Rodinei Augusti) foram atribuídas as tarefas citadas acima: quais sejam: produzir informações/ conteúdos sobre a proposta e receber demandas externas (Tabela 2 e item 8).

12) Pesquisadores que compõem outras equipes, candidatas ou selecionadas, em outras chamadas do Projeto Brumadinho UFMG devem obedecer ao limite de carga horária e bolsa, estabelecidos por categoria. Neste sentido, pede-se ajustes, se necessário, para os seguintes pesquisadores: Prof. Dr. Rodinei Augusti, Prof. Dr. Ricardo Mathias Orlando, Prof^a. Dr^a. Mariana Ramos de Almeida, Prof^a. Dr^a. Adriana Nori de Macedo, Msc. Millena Christie Ferreira Avelar.

Todos os ajustes necessários foram feitos para que nenhum membro da equipe ultrapasse o número ao limite da carga horária semanal permitida (Tabela 3).

13) Apresentar protocolo de garantia de rastreabilidade das amostras a serem analisadas.



Foi inserido um texto na pagina 6 indicando que os protocolos de garantia de rastreabilidade estarão compondo a documentação pertinente que contemplará todas as etapas do processo desde a coleta das amostras até a análise.

14) Retirar todas as comparações com a Chamada 14, principalmente as relacionadas ao número de análises a serem feitas.

Foram retiradas todas as comparações com a Chamada 14.

15) Revisar e reescrever os trechos onde são feitas afirmações genéricas sem a devida comprovação por referências bibliográficas cientificamente reconhecidas, bem como retirar afirmações que tragam qualquer juízo de valor.

Conforme solicitado, o texto foi revisado para evitar afirmações com juízo de valor e referências bibliográficas foram inseridas para dar respaldo às informações.





UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROJETO BRUMADINHO-UFMG

CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA Nº 17 E 19/2020

**DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E
SEDIMENTOS DA BACIA DO RIO PARAÓPEBA**

**Determinação de Compostos Orgânicos Contemplados nas Resoluções CONAMA 357 e
454 em Águas Superficiais e Sedimentos Coletados na Bacia do Rio Paraopeba
utilizando as Técnicas de Cromatografia Gasosa e Cromatografia Líquida Acopladas à
Espectrometria de Massas**

Coordenador: Rodinei Augusti

Departamento de Química - Instituto de Ciências Exatas

Junho, 2020



1. JUSTIFICATIVA E CONTEXTUALIZAÇÃO

A captação de água do Rio Paraopeba para tratamento e disponibilização para consumo humano foi interrompida a jusante do ponto onde ocorreu o rompimento da barragem 1 (B1) do complexo da Mina Córrego do Feijão da empresa Vale, em Brumadinho. Sabe-se que diversas empresas, comércios e pequenas plantações foram parcialmente ou totalmente destruídos pela passagem do rejeito, além de uma enorme área da própria Vale. Mesmo um ano após o derramamento dos rejeitos, ainda não há evidência de ausência de risco à saúde humana e ao ambiente, com base nos resultados de monitoramento obtidos pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) em relação à turbidez e ao teor de metais em amostras de água e sedimento da região.¹ Além dos metais, é possível que uma diversidade de compostos orgânicos originários do rejeito, de maquinários, veículos, depósitos, transformadores e laboratórios, bem como de outros locais nos entornos da barragem, tenham sido arrastados e dispersos nos corpos d'água. Assim, um monitoramento ambiental de compostos orgânicos nos corpos d'água da região é essencial para diagnosticar a possível presença e concentração de tais substâncias. Nos corpos d'água, água e sedimento se encontram em contato direto, de forma que compostos presentes na água podem se depositar no sedimento, bem como compostos encontrados no sedimento podem se deslocar para a água por meio de processos físicos ou químicos.² Dada essa interferência de uma fase sobre a outra, a avaliação da qualidade hídrica requer a análise de ambas as matrizes, cujos padrões de qualidade são estabelecidos nas Resoluções CONAMA 357 e 454, para águas superficiais e sedimentos, respectivamente. Essas resoluções preconizam a determinação de diversos compostos orgânicos, como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), fenóis, bifenilas policloradas (BPCs) e pesticidas. É importante ressaltar que muitas dessas substâncias orgânicas, e também vários de seus produtos de degradação, são altamente tóxicos, mesmo em quantidades ínfimas, e o seu monitoramento é de vital importância para a saúde da população e também dos ecossistemas.³⁻⁵

Portanto, mostra-se não apenas importante, como também diligente, que seja avaliada a qualidade das águas superficiais e sedimentos das propriedades ao longo do Rio Paraopeba, as quais são usadas para diversas finalidades, incluindo o consumo humano e dessedentação animal. Deste modo, um monitoramento sistemático sobre a possível presença de tais compostos orgânicos nocivos nestas amostras mostra-se de extrema relevância para fornecer um diagnóstico sobre a qualidade hídrica e tranquilizar a população do entorno da região do acidente.



2. OBJETIVOS E METAS

2.1. OBJETIVO GERAL E META FINAL

Para as análises das amostras, a equipe apresenta, como objetivo geral e meta final, a avaliação qualitativa e quantitativa de contaminantes orgânicos em água superficial e sedimentos da Bacia do Rio Paraopeba. Os analitos previstos nas Resoluções CONAMA 357 (água superficial) e 454 (sedimento), como exposto no Anexo 1, serão quantificados em amostras coletadas em 44 pontos da Bacia do Rio Paraopeba definidos no plano amostral do CTC do Projeto Brumadinho-UFMG, como indicado na Figura 1.

Neste projeto, 81 analitos serão analisados. Dentre esses, 21 (26 %) serão analisados por cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas sequencial (UHPLC-2D-MS/MS), enquanto os 60 restantes (75 %) serão objeto de análise por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC-MS e GC-MS/MS), como indicado no Anexo 1. Além disso, todas as amostras serão analisadas via cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas de alta resolução (HPLC-HRMS) para a realização de uma triagem (*screening*), visando, também, a detecção de compostos orgânicos ausentes das Resoluções CONAMA 357 e 454. Maiores detalhes sobre todas estas técnicas serão apresentados nos itens a seguir da presente proposta.



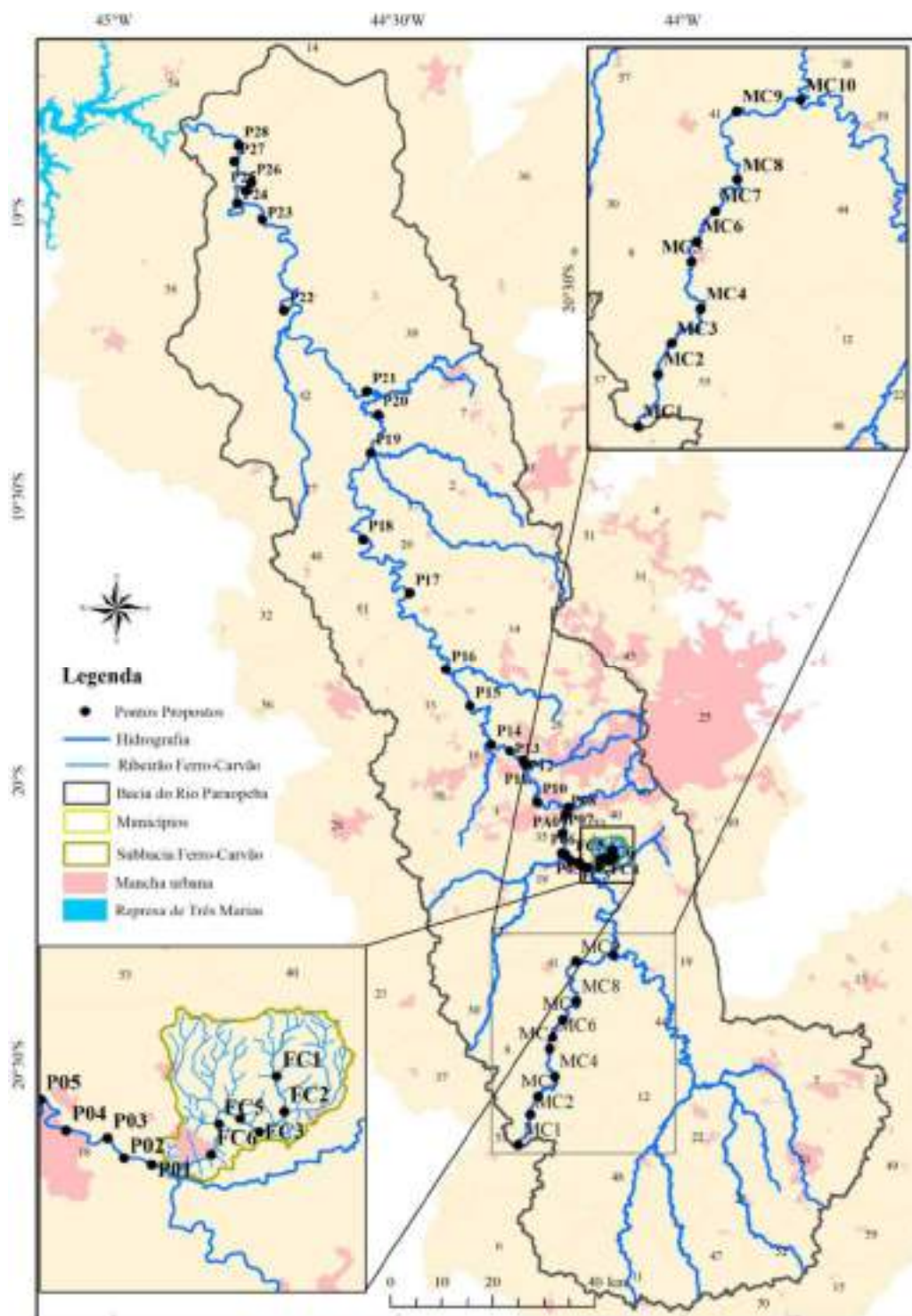


Figura 1. Localização dos 44 pontos de coleta de água superficial e de sedimentos do plano amostral do CTC do Projeto Brumadinho-UFMG (Fonte: Chamada Pública Induzida 11/2019 e Chamada Pública Induzida 09/2019 onde se citam as coordenadas geográficas destes pontos).



2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A presente proposta apresenta os seguintes objetivos específicos:

- 1) Determinar e quantificar compostos orgânicos previstos nas Normas CONAMA 357 e 454 Anexo 1) em amostras de água superficial e sedimentos, respectivamente, encaminhadas para análise pelo CTC-UFMG, pelo uso das técnicas de cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas sequencial (UHPLC-2D-MS/MS) e cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS e GC-MS/MS), empregando metodologias quantitativas validadas segundo os parâmetros preconizados no guia de validação do INMETRO;²
- 2) Determinar qualitativamente e, se possível, quantitativamente a presença de contaminantes orgânicos tóxicos que não constem nas Normas CONAMA 357 e 454, respectivamente, encaminhadas para análise pelo CTC-UFMG. Isto será feito utilizando-se a técnica de cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas de alta resolução (UHPLC-HRMS), empregando metodologias no modo de varredura completa (*screening*);
- 3) Após a entrega dos resultados dos relatórios parciais com os resultados obtidos e recebimento do georreferenciamento das amostras do CTC-UFMG, comparar os resultados obtidos com os valores-guia de qualidade das Normas CONAMA 357 e 454. Utilizar gráficos e métodos estatísticos para interpretação dos dados obtidos, em conjunto com os resultados provenientes de outros subprojetos no âmbito do Projeto Brumadinho-UFMG, se houver;
- 4) Estabelecer correlações de similaridade pelo uso de ferramentas quimiométricas, tais como PCA (*Principal Component Analysis*) e HCA (*Hierarchical Clustering Analysis*), buscando-se traçar perfis de similaridades e padrões de distribuição dos compostos orgânicos das águas superficiais da bacia do Rio Paraopeba;
- 5) Avaliar os resultados obtidos com relação a trabalhos desenvolvidos pelas partes envolvidas nas ações judiciais (autos 5000121-74.2019.8.13.0054, 5010709-36.2019.8.13.0024, 5026408-67.2019.8.13.0024, 5044954-73.2019.8.13.0024), que tramitam perante o Juízo da 2ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte, além de outros trabalhos de monitoramento ambiental e estudos científicos disponíveis.

3. METODOLOGIA

3.1. COLETA DAS AMOSTRAS

As coletas das amostras serão realizadas por uma equipe selecionada em outros editais (Chamada Projeto Brumadinho-UFMG nº 9-2019 e nº 11-2019 e serão distribuídas da

seguinte maneira: (1) 44 amostras de água superficial coletadas mensalmente, durante 11 meses, totalizando 484 coletas; (2) no caso de sedimentos, serão 44 amostras coletadas em dois períodos distintos, durante a vigência do edital, totalizando 88 amostras. Portanto, o número de amostras totais a ser coletado é 572 (484 de águas superficiais e 88 de sedimentos). A região de referência (municípios atingidos), onde as amostras deverão ser coletadas, compreende os seguintes municípios selecionados, de Brumadinho até a represa da Usina Hidrelétrica de Retiro Baixo, a saber: (1) Betim, (2) Brumadinho, (3) Curvelo, (4) Esmeraldas, (5) Florestal, (6) Fortuna de Minas, (7) Igarapé, (8) Juatuba, (9) Maravilhas, (10) Mário Campos, (11) Martinho Campos, (12) Papagaios, (13) Pará de Minas, (14) Paraopeba, (15) Pequi, (16) Pompéu, (17) São Joaquim de Bicas, (18) São José da Varginha e (19) Sarzedo (Figura 1). Os protocolos de garantia de rastreabilidade estarão compondo a documentação pertinente que contemplará todas as etapas do processo desde a coleta das amostras até a análise.

3.2. ANÁLISE DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS

As análises *target* (ou alvo) centralizam-se na análise de um grupo ou classe de compostos, nesse caso, os compostos listados nas Resoluções CONAMA 357 e 454. Já as análises *untarget* (ou global) podem ser convenientemente utilizadas como um método de triagem, permitindo a detecção de analitos que não estão nas listas das Resoluções CONAMA 357 e 454. Os métodos de extração dos compostos orgânicos das águas superficiais, quais sejam *Solid Phase Extraction (SPE)* (EPA 3535A), para compostos orgânicos semi-voláteis (SVOC), e *Headspace (HS)* (EPA 5021A), para os compostos orgânicos voláteis (VOCs). O tratamento inicial das amostras de sedimento são detalhados nos itens a seguir. Esses modos de extração serão combinados com as técnicas de cromatografia gasosa ou líquida acoplada à espectrometria de massas para a realização das análises do tipo *target* e *untarget*. Finalmente, todas as análises serão realizadas no Centro de Referência Ambiental (CRA), localizado no Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais (DQ-UFMG).



3.3. MÉTODOS DE EXTRAÇÃO

3.3.1. Solid Phase Extraction (SPE)

A metodologia de SPE que será empregada no preparo das amostras de água superficial foi baseada naquela utilizada pelo laboratório da companhia de saneamento de Minas Gerais (COPASA), o qual possui acreditação na norma ISO 17025. Para a otimização do método serão avaliados diferentes cartucho de fase reversa contendo 500 mg de sorvente e com capacidade para 6 mL. Todos eles são baseados em sílica ou polímero de interações predominantemente hidrofóbicas e são utilizados nas análises realizadas pela COPASA.

As etapas de SPE a serem executadas serão as seguintes: a) condicionamento do cartucho pela adição de 3 mL da solução de acetato de etila:diclorometano (50:50, v/v) seguido de 3 mL de metanol; (b) percolação da amostra, quando serão avaliados os volumes de 250, 500, 750 e 1000 mL de amostras de água superficial para verificação do volume de ruptura ideal de compromisso para os analitos de interesse; (c) secagem dos cartuchos pela remoção da fração da água aplicando-se alto vácuo por pelo menos 10 minutos. Esta etapa é necessária para a perfeita eluição dos analitos; (d) eluição dos analitos do cartucho percolando-se 2 mL de acetona, seguido de 5 mL de acetato de etila e, finalmente, 7 mL de diclorometano.

Após a eluição, a água residual será retirada por uma última percolação do eluato orgânico por um cartucho de sulfato de magnésio anidro. Finalmente, após a remoção da água residual, os 7 mL de percolado final serão evaporados sob fluxo de nitrogênio (aproximadamente 40 °C) até o volume de aproximadamente 0,7 mL, o qual será completado para 1 mL com acetato de etila em *vial* de injeção. Desse *vial* serão retiradas alíquotas para injeção nos sistemas de cromatografia líquida e gasosa.

A otimização dos parâmetros de extração, como volume de amostra, tipo e volume do solvente de eluição, pH da amostra e adição de sais será feita empregando métodos estatísticos de planejamento de experimentos do tipo fatorial completo e fracionário. A aplicação do planejamento experimental permitirá obter as melhores condições de extração para os analitos a serem analisados.



3.3.2. *Headspace (HS)*

O método *headspace* (HS) será utilizado na etapa de preparo das amostras de águas superficiais. Neste método a fase gasosa que está em equilíbrio com a matriz, contém o analito que volatiliza preferencialmente, podendo ser injetado diretamente no cromatógrafo. Em todo o preparo será utilizado um amostrador automático PAL3 RTC 120 da Agilent. As condições de extração estão descritas no método 5021A da Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA, 2014).

3.3.3. *EXTRAÇÃO DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTOS*

Diferentemente das amostras de água, para as amostras de sedimento, visando atender à resolução CONAMA 454, será necessário empregar uma etapa de extração prévia. No sedimento os analitos podem estar fortemente sorvidos sob as partículas de minerais ou ainda na matéria orgânica. Dessa forma, é necessário aplicar métodos de extração mais enérgicos para garantir a recuperação adequada dos possíveis analitos ali presentes. A *Environmental Protection Agency* (EPA) dos Estados Unidos prevê, basicamente, quatro possíveis diferentes estratégias para a análise de poluentes orgânicos em solo ou sedimento: *Soxhlet*, micro-ondas, ultrassom e extração acelerada por solvente. Das quatro técnicas citadas o *Soxhlet* é a mais antiga, sendo a primeira a ser preconizada. Sua eficiência e simplicidade são inquestionáveis. Porém o tempo, quantidade de solvente orgânico e água gastos durante a etapa de extração são extremamente elevados.⁷⁻¹¹

A técnica de micro-ondas emprega um aquecimento controlado do solvente e da amostra empregando ondas eletromagnéticas (tipicamente 2450 MHz) em frascos fechados.⁹ Os frascos utilizados são revestidos com materiais especiais como WeflonTM capazes de absorver as ondas eletromagnéticas e transformá-las em calor, o qual é transferido do frasco para o solvente e amostra. As grandes vantagens dessa técnica é que múltiplas amostras podem ser extraídas simultaneamente, o controle da temperatura e potência pode ser feito de forma rigorosa e os gastos de solvente e tempo são reduzidos significativamente. Em compensação o uso de equipamentos de micro-ondas e dos frascos especiais depende da sua aquisição, de um conhecimento maior de operação e gastos e tempo com manutenção de uma máquina muito mais cara que os sistemas de Soxhlet.

A técnica de ultrassom é outra técnica de extração que converte um tipo de onda (sonora na faixa de 25 a 45 kHz) em aquecimento visando acelerar o processo e aumentar a

eficiência de extração dos analitos de partículas de sedimento ou solo.¹⁰ As ondas sonoras nesta faixa de frequência geram pontos de baixa pressão que evaporam pequenos volumes de solventes formando bolhas de vapor. Essas bolhas podem então absorver as ondas sonoras ultrassônicas e colapsar, liberando a energia em forma de ondas de choque no fenômeno de cavitação. Essas ondas de choque dissipam rapidamente sua energia em forma de calor aquecendo o sistema. É um sistema de aquecimento e extração eficientes, que pode ser empregado com várias amostras em batelada equiparável nesses aspectos ao sistema de micro-ondas, porém com a grande vantagem dos equipamentos de ultrassom serem muito mais baratos. As grandes desvantagens são que os extratos ficam muito mais sujos devido a cominuição das partículas pelas ondas de choque além do controle da potência empregada não ser tão preciso quanto o dos sistemas por micro-ondas.¹¹

As técnicas de extração acelerada por solvente (ASE do inglês, *Accelerated Solvent Extraction*) ou ainda extração com líquido pressurizado (PLE do inglês, *Pressurized Liquid Extraction*) utilizam solventes pré-aquecidos que são forçados por pressão a passar por cartuchos (colunas) de aço dentro das quais o solo ou sedimento foi previamente dispersado e acondicionado.⁸ Essa é uma técnica de extração de não equilíbrio onde busca-se esgotar a amostra “lavando-a” com volumes adequados de solventes pré-aquecidos. É uma técnica muito eficiente de extrair compostos orgânicos de material particulado, sendo praticamente toda automatizada. Porém, algumas limitações dessa técnica podem ser mencionadas como gasto mediano a elevado de solvente, não pode ser realizada em batelada (apenas uma amostra de cada vez), é mais susceptível ao efeito memória (*carry over*) e a quase obrigatoriedade de uma técnica adicional efetiva para realizar a pré-concentração e limpeza (*clean-up*).

A escolha de uma dessas técnicas vai depender fundamentalmente da composição do sedimento (minerais, tamanho de partícula, quantidade de matéria orgânica, *etc*), da frequência analítica que o laboratório é demandado (número de amostras dia ou semana) e dos recursos disponíveis.^{11,12} Para atender esse edital, duas diferentes técnicas de extração que já foram adquiridas serão avaliadas e comparadas para o sedimento analisado: a extração com ultrassom e a extração acelerada por solvente. **Será realizado um teste preliminar de adição e recuperação para verificar qual das técnicas é a mais promissora conforme descrito no cronograma de execução (Tabela 1).** Cada uma dessas técnicas será comparada em termos de reprodutibilidade, eficiência de extração, efeito de matriz e facilidade de operação. Aquela que melhor atender esses parâmetros será validada e empregada nas amostras fornecidas.

