

indicados na Resolução CONAMA 396, bem como possíveis produtos de degradação destes;

5. Para as amostras onde os compostos listados na Resolução CONAMA 396 forem encontrados, e em teores acima dos níveis preconizados, re-análises serão realizadas;
6. Para as amostras para as quais outros compostos (contaminantes emergentes, poluentes, *etc*), além daqueles indicados na Resolução CONAMA 396, forem encontrados, re-análises serão realizadas;
7. 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 subterrâneas da bacia do Rio Paraopeba.

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS METODOLOGIAS A SEREM EMPREGADAS NA ANÁLISE DOS ANALITOS SELECIONADOS

3.1. COLETA DAS AMOSTRAS

Todas as amostras serão coletadas por uma empresa acreditada a ser contratada neste projeto. As coletas serão realizadas de acordo com plano amostral descrito no Anexo III do EDITAL 10. A coleta e preservação seguirão os protocolos descritos no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da ANA (Agência Nacional de Águas, 2011), para fins de determinação de compostos orgânicos constantes na Norma CONAMA 396. Os parâmetros físico-químicos serão medidos *in situ* utilizando sonda multiparâmetros. As atividades de entrega e processamento inicial das amostras serão acompanhadas por membro do Comitê e da equipe executora. Estamos cientes que os orçamentos número 12722-4396 e número



164/2020, para as coletas das amostras e auditoria, respectivamente, são apenas uma referência orçamentária e não representam uma parceria na execução do subprojeto

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 na Resolução CONAMA 396. Já as análises *untarget* (ou global) podem ser convenientemente utilizadas como um método de triagem, além de permitira detecção de analitos que não estão na lista da Resolução CONAMA 396. Os métodos analíticos aqui descritos, que fazem o uso do método de extração denominado *Solid Phase Extraction (SPE)*, das técnicas de cromatografia gasosa ou líquida acoplada a espectrometria de massas e de análises do tipo *target* e *untarget*, são detalhados nos itens a seguir. 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. MÉTODO DE EXTRAÇÃO EMPREGADO NAS ANÁLISES: *SOLID PHASE EXTRACTION (SPE)*

A metodologia de SPE que será empregada nas análises das amostras de água subterrânea 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 cartuchos 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 subterrânea 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.

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.²

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)

Todos os compostos listados na Resolução CONAMA 396 podem ser analisados por cromatografia a líquido e a gás acoplada à espectrometria de massas. O grande diferencial nessas duas técnicas é em relação ao escopo de alguns compostos que possuem melhor resposta analítica como sensibilidade, seletividade ou requerem um preparo de amostras mais vantajoso em uma determinada técnica e empregando uma determinada engenharia de equipamento. Atualmente os equipamentos de cromatografia a líquido de ultra resolução (UHPLC) representam o estado da arte na área de separações de compostos não voláteis e/ou termicamente instáveis com o maior poder de separação, menor dispersão e análises de poucos minutos ou alguns segundos em alguns casos. Entre os analisadores de massas os mais amplamente utilizados para análises de rotina de compostos conhecidos (análise *target*) são aqueles que empregam quadrupolos sequenciais ou armadilhas de íons.

Os espectrômetros de massas contendo quadrupolos sequenciais merecem destaque devido sua robustez, além de não requererem calibração periódica, fornecerem respostas estáveis e com grande capacidade de filtrar relações massa/carga sem grande perda da intensidade do sinal. Frequentemente, os equipamentos mais sensíveis do mercado são baseados nessa tecnologia e os laboratórios de rotina de análise de água como a COPASA, em Minas Gerais, e a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo),



em São Paulo, empregam essas tecnologias para o controle da qualidade das amostras de água que recebem.

Apesar da grande sensibilidade e seletividade das técnicas de UHPLC acoplada a espectrômetros de massas do tipo triplo quadrupolo, nem sempre esses equipamentos conseguem produzir respostas adequadas para os níveis extremamente baixos de poluentes permitidos nas amostras de água segundo as resoluções CONAMA. Para esses casos a análise direta das amostras de água por simples filtração e injeção não é compatível com a finalidade requerida. Nessas situações, um preparo de amostras adequado é de fundamental importância para eliminar interferentes e pré-concentrar os analitos elevando a relação sinal ruído da resposta instrumental.

Entre as diversas técnicas de preparo de amostras existentes, a extração em fase sólida é uma das mais adequadas para análise da qualidade de água. O uso da extração em fase sólida faz parte da rotina dos laboratórios como COPASA e SABESP, sendo mais frequentemente empregada na modalidade *off line* com cartuchos tipo seringa descartáveis, juntamente com sistemas manuais de extração. Apesar da maior simplicidade dessa estratégia, erros associados à baixa reprodutibilidade das extrações, estresse do operador e baixa frequência analítica são comuns. Sistemas *online* de extração em fase sólida são os dispositivos mais avançados que permitem contornar todas essas limitações além de aumentar a frequência analítica.

Da lista dos compostos orgânicos preconizados na Resolução CONAMA 396,20 deles serão analisados por cromatografia líquida de ultra eficiência acoplada a um espectrômetro de massas do tipo triplo quadrupolo, conforme especificado na tabela do Anexo 1, com preparo de amostras por extração em fase sólida (SPE) *online* ou injeção direta. Para maiores detalhes



sobre as condições a serem empregadas na extração SPE, consultar o item 3.1.1 desta 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)

Em geral, as análises *target* (i.e., focadas em compostos alvo específicos) são as mais aplicadas em estudos de monitoramento ambiental, utilizando padrões analíticos para a quantificação absoluta dos analitos em escopo.^{3,4} Entretanto, 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.



Em comparação aos espectrômetros de massas do tipo triplo-quadrupolo utilizados nas análises *target*, os instrumentos de HRMS utilizados nas análises *untarget* apresentam maior sensibilidade no modo de varredura de massas (*fullscan*) e maior exatidão de massa, o que favorece a identificação de compostos desconhecidos.⁶ Essas duas abordagens são altamente complementares, fornecendo juntas informações mais completas sobre os contaminantes presentes nas amostras. Por exemplo, Meng *et al.*⁴ utilizaram um método *untarget* de triagem seguido de um método *target* para avaliar a presença de poluentes orgânicos em amostras de água superficial do lago Dianshan, na China. O método *untarget* permitiu a detecção de 95 potenciais contaminantes de diversas classes, dos quais 19 foram tentativamente identificados e subsequentemente confirmados e quantificados utilizando um método *target*. Abordagens semelhantes envolvendo métodos de triagem utilizando LC-HRMS têm sido propostas também para águas subterrâneas,⁷⁻⁹ águas de descarte¹⁰ e água potável.^{11,12}

Produtos de degradação/transformação de pesticidas são formados no ambiente por meio de processos bióticos (pela ação de microorganismos) ou abióticos (e.g., fototransformação direta e indireta, hidrólise, oxidação, redução).¹³ Muitos produtos de transformação tem se mostrado menos tóxicos do que os pesticidas que os deram origem. Porém, em diversos casos a toxicidade é mantida ou aumentada, por exemplo, quando: (1) a parte estrutural ativa da molécula permanece intacta; (2) o produto formado age como um pró-pesticida, que é metabolizado no pesticida após absorção pelo organismo; (3) o fator de bio-concentração é maior do que no pesticida original; (4) forma-se um produto com atividade toxicológica diferente do pesticida original (e.g., disruptor endócrino, carcinogênico).^{13,14} Os produtos de transformação de pesticidas não receberam tanta atenção no passado por não serem considerados toxicologicamente relevantes e por limitações analíticas para determiná-los.¹³ Porém, novas informações sobre sua presença e impactos no



ambiente tem surgido com o avanço da espectrometria de massas. Por exemplo, Moschet *et al.*¹⁵ utilizaram um método de triagem por LC-HRMS na avaliação ambiental de cinco rios na Suíça, detectando mais de cem pesticidas e quarenta produtos de transformação. Entre os compostos detectados, encontram-se produtos de transformação da atrazina, metolacoloro, alacoloro e simazina, os quais estão incluídos na CONAMA 396. Um estudo similar também utilizando triagem por LC-HRMS foi desenvolvido por Kiefer *et al.*,¹⁶ no qual 13 produtos de transformação foram confirmados ou tentativamente identificados em águas subterrâneas, incluindo sete produtos oriundos do fungicida clorotanilil e dois do herbicida metalocoloro, ambos listados na CONAMA 396.

Assim, no presente projeto propõe-se aplicar um método *untarget* para triagem inicial de contaminantes nas amostras de água subterrânea 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 pela Resolução CONAMA 396 (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).

Nos métodos *untarget*, busca-se preparos de amostra que sejam simples e pouco seletivos, de forma a manter compostos de diversas classes potencialmente presentes nas amostras. Na maioria dos estudos, o preparo de amostras de água tem sido realizado por extração em fase sólida (SPE), utilizando cartuchos com adsorventes adequados para reter tanto compostos lipofílicos quanto hidrofílicos.^{4,7-11,17} Além da extração, a SPE também



promove a pré-concentração desses compostos, o que ajuda a aumentar a sensibilidade do método. Por outro lado, trata-se de uma etapa demorada, que consome relativamente grandes quantidades de adsorventes e solventes orgânicos e envolve diversas etapas de manipulação da amostra. Dessa forma, na presente proposta, propõe-se a utilização um preparo de amostra mais direto, com simples filtração da amostra e injeção no sistema de análise por LC-HRMS, como o utilizado por Brunner *et al.*¹³ para águas de abastecimento humano.

No desenvolvimento do método de triagem, pretende-se testar uma mistura de compostos representativos, incluídos na Resolução CONAMA 396 (Anexo 1), porém buscando condições que sejam também adequadas para o maior número possível de potenciais contaminantes. Para isso, pretende-se utilizar um amplo gradiente de fase móvel na separação por LC, que favoreça a separação de compostos de diferentes polaridades. Em relação à detecção, será utilizado um espectrômetro de massas do tipo Q-Exactive Orbitrap (ThermoScientific), que atinge resoluções consideravelmente altas, da ordem de 140.000 (para m/z 200), com baixos erros de massa (<3ppm). As condições a serem utilizadas do espectrômetro de massas serão avaliadas a partir de estudos reportados na literatura e testes utilizando a mistura de compostos representativos. Pretende-se analisar as amostras em modo de *polarity switching*, no qual é possível adquirir dados nos modos de ionização negativo (ESI-) e positivo (ESI+) durante a mesma separação, de modo a abranger um maior número de compostos, porém sem aumentar o tempo total de análise.

A maioria dos guias de validação de métodos analíticos trata apenas de métodos *target*, porém é importante que os métodos de triagem também passem por algum tipo de validação que ajude a avaliar a sua adequação ao objetivo pretendido. O documento SANCO/12571/2013 da União Europeia,⁵ sobre o controle da qualidade analítica na determinação de resíduos de pesticidas em amostras de alimentos e rações, é o único, dentro do nosso conhecimento, que inclui recomendações para métodos de triagem (qualitativos).



Assim, apesar de o presente projeto ter uma proposta de aplicação diferente (contaminantes em águas subterrâneas), pretende-se utilizar as recomendações desse guia. Nesse sentido, o documento SANCO/12571/2013 recomenda a avaliação de parâmetros como: (i) o limite de detecção de triagem (SDL) para os compostos representativos; (ii) a seletividade, utilizando amostras branco; (iii) critérios para a identificação ou identificação tentativa de compostos por HRMS; e (iv) dados adicionais de validação que podem ser coletados utilizando resultados obtidos com a realização contínua de testes de controle de qualidade (QC) e verificações da performance do método durante as análises de rotina, como a construção de cartas de controle.

As amostras serão analisadas em ordem aleatória, intercaladas com amostras branco (para garantir a ausência de contaminantes que poderiam interferir em análises subsequentes) e misturas de padrões contendo alguns compostos representativos próximos do SLD (para confirmar que os compostos permanecem detectáveis no decorrer de toda a sequência analítica). Para os compostos representativos e para outros compostos definidos, como os orgânicos não voláteis presentes na Resolução CONAMA 396, pode-se criar uma lista de valores de m/z a serem rapidamente extraídos nos arquivos de dados adquiridos, utilizando o próprio *software* de controle do equipamento (XCalibur, ThermoScientific) ou opções de livre acesso, como o Proteo Wizard,¹⁸ um *software* originalmente desenvolvido para proteômica, porém muito eficiente para rápida análise de dados de MS em diversas aplicações.

Já o processamento de dados para detecção e identificação de outros compostos, pode ser realizado utilizando o *software* Compound Discoverer (ThermoScientific) ou outras ferramentas, como algumas comumente utilizadas no processamento de dados obtidos por análises *untarget* em metabolômica, como o XCMS,^{19,20} MZmine²¹ e El Maven,²² entre outros. A etapa de identificação dos íons extraídos é realizada através de buscas de valores de



m/z de alta resolução em bases de dados, utilização da massa exata e do padrão isotópico para determinação de fórmulas moleculares mais prováveis, além de comparações em bibliotecas espectrais para dados obtidos por espectrometria de massas sequencial (MS/MS).

3.6. TRATAMENTO DOS DADOS

Antes da análise dos dados faz-se necessária seu pré-processamento. Os mais comuns são deconvolução dos sinais, filtragem de ruído, detecção e alinhamento de picos cromatográficos, 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 passarão pela etapa de validação segundo as normas do guia de validação do INMETRO,² onde será avaliado seu desempenho para as condições nas quais está sendo proposto. A validação será feita por meio do uso de padrões. O processo de validação assegura a qualidade da análise realizada e gera informações confiáveis e interpretáveis sobre as amostras.

A validação de um método pode ser 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, precisão, recuperação, limite de detecção e limite de quantificação.^{2,23,24}

Os resultados obtidos serão comparados com os limites estabelecidos na legislação (norma, legislação). Nesta etapa, diferentes testes estatísticos serão aplicados, como teste t-Student, teste F, análise de variância (ANOVA).²⁵



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.²⁵ 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.



4. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Conforme Chamada Pública Interna Induzida 14/2019, o cronograma de execução da proposta tem prazo máximo de seis meses. O cronograma de execução é apresentado na Tabela 1.

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

Atividades	Mês					
	1	2	3	4	5	6
Contratação de uma empresa especializada e acreditada para a realização das coletas	X					
Contratação de uma empresa para realizar a auditoria das amostras coletadas e entregues	X					
Entrega e armazenamento das amostras na presença de um membro do CTC e de um auditor contratado			X	X		
Aquisição de materiais consumíveis para a realização das análises	X	X				
Treinamento da equipe com os equipamentos	X	X				
Ajuste das condições de preparo de amostras e dos parâmetros analíticos instrumentais	X	X	X			
Validação dos métodos e avaliação dos parâmetros de mérito			X	X		
Relatório de validação		X	X			
Análise das amostras				X	X	X
Relatório parcial com os resultados obtidos			X	X		
Tratamento dos dados aplicando-se ferramentas quimiométricas					X	X
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						X



5. EQUIPE

A vigência do projeto será de seis 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 tem 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), Zenilda de Lourdes Cardeal e 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). Um resumo da produção científica e tecnológica nos últimos cinco anos (2016-2020) dos pesquisadores membros da equipe da equipe é apresentado na Tabela 3.



Tabela 2. Equipe de trabalho do projeto.

Nome	Categoria da Bolsa	Atividades	Carga Horária Semanal (h)
<p>Prof. Dr. Rodinei Augusti (http://lattes.cnpq.br/3784094744916006)</p>	<p>P1</p>	<p>Coordenação da proposta e das compras, contratação de serviços de terceiros, treinamento da equipe, elaboração de protocolos, fiscalização da empresa responsável pelas coletas, elaboração de relatórios, instalação do equipamento UHPLC-HRMS, treinamento da equipe, análise no modo <i>full scan</i> para detectar os compostos descritos na Resolução CONAMA 396, análise <i>untarget</i> das amostras para detecção dos compostos não contemplados nas listas Resolução CONAMA 396.</p>	<p>2</p>
<p>Profa. Dra. Zenilda de Lourdes Cardeal (http://lattes.cnpq.br/0821156703012194)</p>	<p>P1</p>	<p>Coordenação de compras, fiscalização da empresa responsável pelas coletas, elaboração de relatórios, instalação do equipamento de GC-MS/MS de alta sensibilidade. Treinamento da equipe para os métodos GC/MS acompanhamento e suporte durante a etapa de validação com avaliação dos parâmetros de desempenho (seletividade, linearidade, limites de detecção e quantificação, exatidão, e precisão), Acompanhamento da equipe, análise das amostras para determinação quantitativa dos compostos da lista da</p>	<p>2</p>



Nome	Categoria da Bolsa	Atividades	Carga Horária Semanal (h)
		Resolução CONAMA 396.	
Prof. Dr. Ricardo Mathias Orlando (http://lattes.cnpq.br/8138054200128314)	P2	Treinamento de equipe, fiscalização da empresa responsável pelas coletas, 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 da Resolução CONAMA 396.	2
Prof. Dr. Helvécio Costa Menezes (http://lattes.cnpq.br/8501096347724709)	P2	Coordenação de compras, fiscalização da empresa responsável pelas coletas, 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 da Resolução CONAMA 396.	2
Profa. Dra. Mariana Ramos de Almeida (http://lattes.cnpq.br/6690913086860156)	P2	Coordenação de compras, fiscalização da empresa responsável pelas coletas, treinamento no equipamento de GC-MS/MS,	2



Nome	Categoria da Bolsa	Atividades	Carga Horária Semanal (h)
		preparo e análise das amostras para determinação quantitativa dos compostos contemplados na Resolução CONAMA 396, elaboração de relatórios, tratamento dos dados obtidos pelas análises <i>target</i> e <i>untarget</i> , aplicação das ferramentas quimiométricas.	
<p>Profa. Dra. Adriana Nori de Macedo (http://lattes.cnpq.br/1346159798306897)</p>	P2	Fiscalização da empresa responsável pelas coletas, 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 análise de varredura das amostras para detecção dos compostos não contemplados na lista da Resolução CONAMA 396, acompanhamento dessas análises e do processamento de dados envolvido.	2



Nome	Categoria da Bolsa	Atividades	Carga Horária Semanal (h)
<p>Vinícius Pires Gonçalves (http://lattes.cnpq.br/4158983882437581)</p>	<p>M1</p>	<p>Auxílio no preparo das amostras e na implantação e validação de métodos <i>target</i> e <i>untarget</i> para a detecção dos compostos orgânicos nas amostras de água subterrânea. 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 na Resolução CONAMA 396. Dados a serem obtidos voltados aos respectivos trabalhos de mestrado.</p>	<p>20</p>
<p>Msc. Millena Christie Ferreira Avelar (http://lattes.cnpq.br/8190355591231615)</p>	<p>P5</p>	<p>Recebimento das amostras, limpeza de frascos, lavagem de materiais, preparo de soluções, calibração de equipamentos, etiquetagem de frascos, auxílio no preparo das amostras. Implantação e validação de métodos <i>target</i> e <i>untarget</i> para a detecção dos compostos orgânicos nas amostras de água</p>	<p>20</p>



Nome	Categoria da Bolsa	Atividades	Carga Horária Semanal (h)
Msc. Marina Caneschi de Freitas (http://lattes.cnpq.br/4981845613241792)		subterrânea. 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 na Resolução CONAMA 396.	8
Msc. José Messias Gomes (http://lattes.cnpq.br/9384120272737724)			20
Aluno de Iniciação Científica (a ser definido)	IX	Recebimento das amostras, limpeza de frascos, lavagem de materiais, preparo de soluções, calibração de equipamentos, etiquetagem de frascos, auxílio no preparo das amostras. Auxílio na implantação e validação de métodos baseados em GC-MS	20



Tabela 3. Resumo numérico da produção científica e tecnológica da equipe proponente do atual projeto. Os dados referem-se à produtividade dos pesquisadores membros da equipe nos últimos cinco anos (2016-2020).

Indicador Quantitativo de Produtividade	Valor
Artigos Científicos	94
Patentes	15
Orientação de Dissertações de Mestrado Concluídas	15
Orientação de Teses de Doutorado Concluídas	4



6. ORÇAMENTOS

Tabela 4. Despesas com recursos humanos.

Integrante da equipe	Carga Horária Semanal (horas)	Quantidade de Meses	Valor da Bolsa Mensal (R\$)	Valor Total da Bolsa (R\$)
Rodinei Augusti	2	6	2.466,69	14.800,16
Zenilda de Lourdes Cardeal	2	6	2.466,69	14.800,16
Ricardo Mathias Orlando	2	6	2.343,36	14.060,15
Helvécio Costa Menezes	2	6	2.343,36	14.060,15
Mariana Ramos de Almeida	2	6	2.343,36	14.060,15
Adriana Nori de Macedo	2	6	2.343,36	14.060,15
Vinícius Pires Gonçalves	20	6	2.210,16	13.260,96
José Messias Gomes	20	6	3.946,71	23.680,26
Millena Christie Ferreira Avelar	20	6	3.946,71	23.680,26
Marina Caneschi de Freitas	8	6	1.578,68	9.472,10
Aluno de Iniciação Científica (a ser definido)	20	6	729,36	4.376,13
Total				160.310,63



Tabela 5. Materiais de consumo e despesas com serviços de terceiros para o desenvolvimento experimental do projeto.

Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Contratação da empresa responsável pelas coletas ^a	1 ^a	39.863,70 ^a	39.863,70 ^a	Coleta de amostras de água para análise dos compostos orgânicos
Contratação de auditoria ^b	1 ^b	45.600,00 ^b	45.600,00 ^b	Realização de auditoria das amostras coletadas
Aluguel de carro	35 diárias	180,00	6.300,00	O veículo será utilizado para o deslocamento do auditor e um membro da equipe até o local da coleta
Combustível	750 litros	4,00	3.000,00	A compra do combustível é necessária para abastecer o veículo descrito no item anterior
Motorista	35 diárias	80,00	2.800,00	O motorista será responsável pela condução do veículo para as coletas das amostras
Diárias ^c	50 diárias ^c	177,00 ^c	8.850,00 ^c	Diárias que serão utilizadas quando a equipe necessitar realizar coletas em localidades distantes de Belo Horizonte



Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Seringas de 3mL	10 caixas com 100 unidades cada	40,00	400,00	Filtração das amostras de água subterrânea
Seringas de 1mL	10 caixas com 100 unidades cada	40,00	400,00	Filtração das amostras de água subterrânea
Filtros de 0,45 um	300 unidades	5,00	1.500,00	Filtração das amostras de água subterrânea
Luvas nitrílicas	10 caixas	35,90	359,00	Manipulação de frascos e soluções em laboratório
Reagentes auxiliares: ácido fórmico, hidróxido de amônio, ácido acético	1 L de cada	500,00	1500,00	Preservante para as amostras, solventes e reagentes para preparo de fase móvel para UHPLC
Vidrarias certificadas ^d	50 unidades ^d	100,00 ^d	5.000,00 ^d	Preparo de soluções para a calibração de equipamentos e preservação de amostras



Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Micropipetas de volumes variados ^d	10 ^d	500,00 ^d	5.000,00 ^d	Preparação das soluções dos padrões
Ponteiras para micropipetas ^d	10 pacotes com 1000 unidades cada ^d	50,00 ^d	500,00 ^d	Preparação das soluções dos padrões
Vidrarias auxiliares (frascos de 100, 200, 500 e 1000 mL) ^d	50 unidades ^d	15,00 ^d	750,00 ^d	Preparo de soluções e fase móvel
Padrões analíticos da lista CONAMA 396 que serão quantificados por cromatografia a gás	26	700,00	18.200,00	Análise dos compostos listados na Resolução CONAMA 396 por cromatografia a gás
Padrões analíticos da lista CONAMA 396 que serão quantificados por cromatografia líquida	21	700,00	14700,00	Análise dos compostos listados na Resolução CONAMA 396 por cromatografia líquida
Colunas de cromatografia gasosa	3	4.825,00	14.475,00	Análise das amostras de água subterrânea



Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Colunas de SPE online para análise por UPLC-2D-MS/MS	1	5.000,00	5.000,00	Análise das amostras de água subterrânea
Cartuchos de extração em fase sólida para análises por GC-MS/MS	27 pacotes com 30 unidades cada	494,07	13.339,89	Análise das amostras de água subterrânea
Filtro de seringa de PVDF(0,22 µm)	5 pacotes com 100 unidades cada	424,79	2.123,95	Filtração das amostras de água subterrânea
Filtro de seringa de PTFE (0,22 µm)	5 pacotes com 100 unidades cada	285,85	1.429,25	Filtração das amostras de água subterrânea
Acetonitrila grau LC	10 galões de 4 L	356,00	3.560,00	Análise das amostras de água subterrânea
Metanol grau LC	2 galões de 20L	3.192,00	6.384,00	Análise das amostras de água subterrânea



Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Acetona grau LC	1 galão de 6L	1.700,00	1.700,00	Análise das amostras de água subterrânea
Tetrahidrofurano grau LC	1 galão de 2,5 L	891,00	891,00	Análise das amostras de água subterrânea
Acetato de etila grau LC	2 galões de 4 L	2.000,00	4.000,00	Análise das amostras de água subterrânea
Cloreto de metileno grau LC	1 galão de 6L	1.639,00	1.639,00	Análise das amostras de água subterrânea
Gás Hélio 5.0	5 cilindros	1.800,00	9.000,00	Análise das amostras de água subterrânea
Gás Nitrogênio	2 cilindros	1.200,00	2.400,00	Análise das amostras de água subterrânea



Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Outros consumíveis para o laboratório (sais, tubos Falcon)			10.000,00	Análise das amostras de água subterrânea
Leitor de código de barras	3	500,00	1.500,00	Leitura do código de barras das amostras
TOTAL			232.164,79	

^a Orçamento número 12722-4396 fornecido pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). O orçamento encontra-se de posse com o coordenador da proposta; ^b Orçamento número 164/2020 fornecido pela Rede Metrológica de Minas Gerais (RMMG). O orçamento encontra-se de posse com o coordenador da proposta (Obs.: Os orçamentos número 12722-4396 e número 164/2020 são apenas uma referência orçamentária e não representam uma parceria na execução do subprojeto); ^c As 50 diárias foram calculadas considerando 10 pernoites para uma equipe de 5 pessoas em cada viagem. ^d Itens duráveis que serão utilizados em outros projetos associados aos equipamentos e laboratórios.



Tabela 6. Orçamento consolidado do projeto considerando as taxas administrativas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Instituto de Ciências Exatas (ICEX), Departamento de Química (DQ) e Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (FUNDEP).

Descrição	Valor (R\$)
Material de consumo	232.164,79
Bolsas/ recursos humanos	160.310,63
Sub-total 1	392.475,42
Taxa 10/95 UFMG (2%)	8.919,90
Taxa 10/95 ICEX (2%)	8.919,90
Taxa 10/95 DQ (8%)	35.679,58
Sub-total 2	53.519,38
CUSTO TOTAL (Sub-total 1 + 2)	445.994,80
Custo por Analito Analisado^a	49,96^a

^a Custo Total / [Número de Amostras (144) x Número de Analitos por Amostra (62)]



7. REFERÊNCIAS

1. <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-subterranea>, acessado em 22/01/2020.
2. INMETRO. Orientação sobre validação de métodos analíticos. DOQ-CGCRE-008. 2018. Disponível em: www.inmetro.gov.br. Acesso em: março 2020
3. Bletsou, A. A.; Jeon, J.; Hollender, J.; Archontaki, E.; Thomaidis, N. S.; *Trends Anal. Chem.* 2015, **66**, 32.
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. TerLaak, T. L.; Puijker, L. M.; van Leerdam, J. A.; Raat, K. J.; Kolkman, A.; de Voogt, P.; van Wezel, A. P.; *Sci. Total Environ.* 2012, **427–428**, 308.
8. Soulier, C.; Coureau, C.; Togola, A.; *Sci. Total Environ.* 2016, **563–564**, 845.
9. Pinasseau, L.; Wiest, L.; Fildier, A.; Volatier, L.; Fones, G. R.; Mills, G. A.; Mermillod-Blondin, F.; Vulliet, E.; *Sci. Total Environ.* 2019, **672**, 253.
10. Hug, C.; Ulrich, N.; Schulze, T.; Brack, W.; Krauss, M.; *Environ. Pollut.* 2014, **184**, 25.
11. Albergamo, V.; Escher, B. I.; Schymanski, E. L.; Helmus, R.; Dingemans, M. M. L.; Cornelissen, E. R.; Kraak, M. H. S.; Hollender, J.; De Voogt, P.; *Environ. Sci. Water Res. Technol.* 2020, **6**, 103.



12. Brunner, A. M.; Bertelkamp, C.; Dingemans, M. M. L.; Kolkman, A.; Wols, B.; Harmsen, D.; Siegers, W.; Martijn, B. J.; Oorthuizen, W. A.; terLaak, T. L.; *Sci. Total Environ.* 2020, **705**, 135779.
13. Fenner, K.; Canonica, S.; Wackett, L. P.; Elsner, M.; *Science* 2013, **341**, 752.
14. Sinclair, C. J.; Boxall, A. B. A.; *Environ. Sci. Technol.* 2003, **37**, 4617.
15. Moschet, C.; Wittmer, I.; Simovic, J.; Junghans, M.; Piazzoli, A.; Singer, H.; Stamm, C.; Leu, C.; Hollender, J.; *Environ. Sci. Technol.* 2014, **48**, 5423.
16. Kiefer, K.; Müller, A.; Singer, H.; Hollender, J.; *Water Res.* 2019, **165**, 114972.
17. Angeles, L. F.; Islam, S.; Aldstadt, J.; Saqeeb, K. N.; Alam, M.; Khan, M. A.; Johura, F. T.; Ahmed, S. I.; Aga, D. S.; *Sci. Total Environ.* 2020, **712**, 136285.
18. Kessner, D.; Chambers, M.; Burke, R.; Agus, D.; Mallick, P.; *Bioinformatics* 2008, **24**, 2534.
19. Smith, C. A.; Want, E. J.; Maille, G. O.; Abagyan, R.; Siuzdak, G.; *Anal. Chem.* 2006, **78**, 779.
20. Tautenhahn, R.; Patti, G. J.; Rinehart, D.; Siuzdak, G.; *Anal. Chem.* 2012, **84**, 5035.
21. Pluskal, T.; Castillo, S.; Villar-Briones, A.; Orešič, M.; *BMC Bioinformatics* 2010, 11.
22. Clasquin, M. F.; Melamud, E.; Rabinowitz, J. D.; *Curr. Protoc. Bioinformatics* 2012, 14.
23. 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.
24. Miller, J. N.; Miller, J. C.; *Statistics and chemometrics for analytical chemistry*. 6th ed. Harlow: Prentice Hall, 2010
25. 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 na Resolução CONAMA 396 e que serão analisados pela proposta desse projeto pelas técnicas de cromatografia líquida e gasosa. Cada analito será analisado de acordo com a técnica indicada.

	Composto	Nº CAS	Classe	Limite de Quantificação Praticável - LQP µg.L ⁻¹	Cromatografia Líquida	Cromatografia Gasosa
1	Acrilamida	79-06-1	VOC	0,15	x ^{1,2}	
3	Benzo(a)antraceno	56-55-3	HPA	0,15		x
4	Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	HPA	0,15		x
5	Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	HPA	0,15		x
6	Benzo(a)pireno	50-32-8	HPA	0,15		x
7	Cloreto de vinila	75-01-4	VOC e OCC	2		x
8	Clorofórmio	67-66-3	VOC e OCC	5		x
9	Criseno	218-01-9	HPA	0,15		x
10	Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	HPA	0,15		x
11	Diclorometano	75-09-2	VOC e OCC	10		x
12	Estireno	100-42-5	VOC	5		x
13	Etilbenzeno	100-41-4	VOC	5		x
14	Pentaclorofenol	87-86-5	OCC	10	x	
15	2,4,6 Triclorofenol	88-06-2	OCC	10	x	
16	2,4 Diclorofenol	120-83-2	OCC	10	x	
17	Indeno(1,2,3)pireno	193-39-005	HPA	0,15		x



	Composto	Nº CAS	Classe	Limite de Quantificação Praticável - LQP µg.L⁻¹	Cromatografia Líquida	Cromatografia Gasosa
18	2,4,4'-Triclorobifenila	7012-37-5	OCC	0,01		x
19	2,2',5,5'- Tetraclorobifenila	35693-99-3	OCC	0,01		x
20	2,2',4,5,5'-Pentaclorobifenila	37680- 73-2	OCC	0,01		x
21	2,3',4,4',5-Pentaclorobifenila	31508-00-6	OCC	0,01		x
22	2,2',3,4,4',5'- Hexaclorobifenila	35056-28-2	OCC	0,01		x
23	2,2'4,4',5,5'- Hexaclorobifenila	3505-27-1	OCC	0,01		x
24	2,2',3,4,4',5,5'- Heptaclorobifenila	35065-29-3	OCC	0,01		x
25	1,2,4-Triclorobenzeno	120-82-1	VOC e OCC	5		x
26	1,3,5-Triclorobenzeno	108-70-3	VOC e OCC	5		x
27	1,2,3-Triclorobenzeno	87-61-6	VOC e OCC	5		x
28	Alaclor	15972-60-8	AGR e OCC	0,1		x
29	Aldicarb	116-06-3	AGR	3	x ^{1,2}	
30	Aldicarb sulfona	1646-88-4	AGR	3	x ^{1,2}	
31	Aldicarb sulfóxido	1646-87-3	AGR	3	x ^{1,2}	
32	Aldrin +	309-00-2	AGR e OCC	0,005		x
33	Dieldrin	60- 57-1	AGR e OCC	0,005		x
34	Atrazina	1912-24-9	AGR	0,5	x ^{1,2}	
35	Bentazona	25057-89-0	AGR	30	x ^{1,2}	
36	Carbofuran	1563-66-2	AGR	5	x ^{1,2}	
37	<i>cis</i> -Clordano	5103-71-9	AGR e OCC	0,01		x
38	<i>trans</i> -Clordano	5103-74-2	AGR e OCC	0,01		x



	Composto	Nº CAS	Classe	Limite de Quantificação Praticável - LQP µg.L⁻¹	Cromatografia Líquida	Cromatografia Gasosa
39	Clorotalonil	1897-45-6	AGR	0,1		x
40	Clorpirifós	2921-88-2	AGR	2		x
41	2,4-D	94-75-7	AGR	2	x ^{1,2}	
42	p,p'- DDT	50-29-3	OCC e AGR	0,01		x
43	p,p'-DDE	72-55-9	OCC e AGR	0,01		x
44	p,p'- DDD	72-54-8	OCC e AGR	0,01		x
45	Endosulfan I	959-98-8	AGR	0,02		x
46	Endosulfan II	33213-65-9	AGR	0,02		x
47	Endosulfan sulfato	1031-07-8	AGR	0,02		x
48	Endrin	72-20-8	AGR	0,01		x
49	Glifosato + Ampa	1071-83-6	AGR	30	x ^{1,2}	
50	Heptacloro	76-44-8	OCC	0,01		x
51	Heptacloro epóxido	1024-57-3	OCC	0,01		x
52	Hexaclorobenzeno	118-74-1	OCC	0,01		x
53	Lindano (gama- BHC)	58-89-9	OCC e AGR	0,01		x
54	Malation	121-75-5	AGR	2	x ²	
55	Metolacloro	51218-45-2	AGR	0,1	x ²	
56	Metoxicloro	72-43-5	AGR	0,1		x
57	Molinato	2212-67-1	AGR	5	x ²	
58	Pendimetalina	40487-42-1	AGR	0,1	x ²	
59	Permetrina	52645-53-1	AGR	10		x



	Composto	Nº CAS	Classe	Limite de Quantificação Praticável - LQP µg.L⁻¹	Cromatografia Líquida	Cromatografia Gasosa
60	Propanil	709-98-8	AGR	10		x
61	Simazina	122-34-9	AGR	1	x ^{1,2}	
62	Trifluralina	1582-09-8	AGR	0,1	x ^{1,2}	

(1) Efeito organoléptico;

(2) Máxima concentração de substância na água de irrigação em 100 anos de irrigação (proteção de plantas e outros organismos).





**ATA DA REUNIÃO
DE JULGAMENTO DE
RECURSO E
RESULTADO FINAL**



**ATA DA REUNIÃO DE JULGAMENTO DOS RECURSOS DA CHAMADA 14/2019 NO DIA
08.06.2020**

No dia 8 de junho de 2020, às 16h30 horas, reuniram-se virtualmente os membros do Comitê Técnico-Científico do “Projeto Brumadinho-UFMG”, Claudia Mayorga, Fabiano Teodoro Lara, Ricardo Machado 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. A divulgação do resultado preliminar da Chamada 14/2019 ocorreu no dia 29 de maio, tendo sido informado ao Professor Rodinei Augusti a APROVAÇÃO COM AJUSTES do Subprojeto. O proponente não interpôs recursos contra as recomendações do Comitê, enviando novo Subprojeto com atendimento aos ajustes sugeridos. A proposta foi reexaminada e decidiu-se, por unanimidade, por sua APROVAÇÃO PARA RECOMENDAÇÃO. Sendo assim, o Comitê Técnico-Científico requererá a divulgação do RESULTADO FINAL na forma prevista na Chamada 14/2019. Encerrou-se a reunião às 17h30. 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, 8 de junho de 2020.

Fabiano Teodoro Lara

Claudia Mayorga

Ricardo Machado Ruiz

Adriana Monteiro da Costa

Carlos Augusto Gomes Leal

Claudia Carvalhinho Windmöller

Gustavo Ferreira Simões

Efigênia Ferreira

Tiago Barros Duarte



CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA N. 14/2019

COLETA E ANÁLISE DE COMPOSTOS ORGÂNICOS EM ÁGUA SUBTERRÂNEA

Resultado Final

Proponente	Unidade	Resultado
Rodinei Augusti	Instituto de Ciências Exatas	Proposta aprovada





PROPOSTA DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS

Fundep 328358

Projeto Brumadinho – Chamada 14
Subprojeto: “ COMPOSTOS ORGÂNICOS EM ÁGUA SUBTERRÂNEA”

UFMG
Instituto de Ciências Exatas

Coordenação: Prof. Rodinei Augusti

Junho 2020



Sumário

PROPOSTA DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS	1
1. DADOS CADASTRAIS	3
2. HISTÓRICO	4
3. DESCRIÇÃO DA PROPOSTA	7
3.1. Objeto	7
3.2. Justificativa	7
3.3. Detalhamento dos Serviços	7
4. RESPONSABILIDADE TÉCNICA	9
5. VALOR DA PROPOSTA	9
6. PRAZO DE EXECUÇÃO	9
7. APROVAÇÃO DA PROPOSTA	9
8. VALIDADE DA PROPOSTA	9



1. DADOS CADASTRAIS

Denominação

Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – Fundep

Endereço

Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – Pampulha Cep 31 270-901
– Caixa Postal 6990 - Belo Horizonte – MG

Telefone: (31) 3409.6572

E-mail: novosprojetos@fundep.ufmg.br

Home page: <http://www.fundep.ufmg.br>

Dirigente

Prof. Alfredo Gontijo de Oliveira – Presidente

Constituição

A Fundep é uma entidade de direito privado, sem fins lucrativos, com sede e foro na cidade de Belo Horizonte. Foi instituída por escritura pública em 28 de fevereiro de 1975, no Cartório do 1º Ofício de Notas (Tabelião Ferraz), à folha 01 do livro 325 B, devidamente aprovada pela Curadoria de Fundações (Ministério Público) em 30 de janeiro de 1975. Registrada no Cadastro Nacional da Pessoas Jurídica, sob o número 18.720.938/0001-41 e com registro no Cartório Jero Oliva, no Livro A 42, Folhas 83v., sob o número de ordem 29.218, em 13 de fevereiro de 1975.

Declarada de “Utilidade Pública” pela Lei nº 7.075, do Governo do Estado de Minas Gerais, de 28.09.77 e pela Lei nº 2.958, da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, rege-se pelas normas de seu estatuto.



2. HISTÓRICO

Na década de setenta, professores da Universidade Federal de Minas Gerais empenharam-se, com êxito, na constituição de uma fundação de apoio para as atividades acadêmicas de pesquisa, extensão e de desenvolvimento tecnológico. Fazia-se necessária a criação de um instrumento ágil, dotado de estrutura operacional especializada e adequada às necessidades de captação e gestão dos projetos da Universidade.

A Fundep – Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – foi então criada no dia 29 de novembro de 1974, por aprovação do Conselho Universitário da UFMG, como entidade de direito privado, com personalidade jurídica própria e autonomia financeira e administrativa.

Em sua relação com o ambiente externo, as IFES (Instituição Federal de Ensino Superior) e ICTs (Institutos de Ciência e Tecnologia) tanto podem atuar em projetos próprios quanto participar conjuntamente de projetos com outros órgãos e entidades, e ainda, prestar serviços.

A Fundep, neste contexto e amparada pela Lei Federal 8.958/94 e seus decretos, cumpre funções específicas, complementares àquelas da UFMG e demais apoiadas, especializando-se no conhecimento de políticas de atuação e procedimentos das agências de financiamento e fomento, zelando para que os projetos contemplem os objetivos de todos os partícipes e atuando como gestora administrativo-financeira das atividades acadêmicas de pesquisa, ensino, extensão e desenvolvimento tecnológico da UFMG e de vários outros Institutos e Centros de Pesquisa.

Em decorrência de sua experiência e excelência reconhecida como gestora de Projetos da UFMG em cumprimento à sua finalidade estatutária de cooperar com outras instituições nos campos da ciência, pesquisa e cultura em geral, em conformidade com a Portaria Interministerial 191 de 2012, a Fundep hoje tem autorização do MEC/MCTI e atua como Fundação de Apoio das seguintes instituições:

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

AMAZUL - Amazônia Azul Tecnologias de Defesa

CETEM - Centro de Tecnologia Espacial

CETENE - Centro de Tecnologia Estratégica do Nordeste

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil

EBSERH/UFRN - Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares na Universidade Federal do Rio Grande do Norte

UNIFAL - Fundação de apoio à Universidade Federal de Alfenas

EBSERH/HC UFMG - Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais

HUMAP-UFMS-EBSERH - Hospital Universitário Maria Aparecida Pedrossian

IBICT - Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IAE - Instituto de Aeronáutica e Espaço

IEAv - Instituto de Estudos Avançados

IFI - Instituto de Fomento e Coordenação Industrial

IFMG - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais



INCA - Instituto Nacional de Câncer
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INT - Instituto Nacional de Tecnologia
INSA - Instituto Nacional do Semiárido
ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica
LNA - Laboratório Nacional de Astrofísica
MPEG - Museu Paraense Emílio Goeldi
NIT-MB - Núcleo de Inovação Tecnológica da Marinha do Brasil
ON - Observatório Nacional
UNILA - Universidade Federal da Integração Latino-Americana
UFAL - Universidade Federal de Alagoas
UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto
UFSM - Universidade Federal de Santa Maria
UFABC - Universidade Federal do ABC

QUALIFICAÇÃO FUNDEP

Com uma estrutura operacional altamente especializada, a Fundep atua como gestora administrativo-financeira das atividades acadêmicas de pesquisa, ensino, extensão e desenvolvimento tecnológico da UFMG e demais Centros de Pesquisa, além de prestar serviços a órgãos públicos e privados, e realizar concursos públicos.

Através de sua expertise em gestão administrativa e financeira de projetos a FUNDEP vem contribuindo para o desenvolvimento da sociedade tanto no setor público quanto no setor privado, priorizando a busca do conhecimento dentro da UFMG e a transferência do mesmo para o mercado.

A Fundação também atua como interface entre as organizações públicas e privadas, nas negociações e nas contratações de projetos, buscando tecnologias e inovações dentro das Universidades e/ou por meio de parcerias.

Entre 2014 e 2017 foram mais de 1,2 bilhões de reais movimentados em projetos de ensino, pesquisa e extensão, sendo tudo isso possível a partir de uma estrutura robusta, qualificada e tecnologicamente avançada, onde as demandas administrativas e operacionais do projeto são realizadas através de um sistema on-line, disponível 24 horas por dia e acessível de qualquer parte do mundo, seja através do computador, tablete ou smartphone.

Possuímos um portal de compras próprio, garantindo economia e agilidade nas aquisições.

A Fundep disponibiliza serviço de importação especializado sendo credenciada junto ao CNPq, no âmbito da Lei Federal n.º 8.010/90, para efetuar importação de equipamentos e materiais destinados à pesquisa científica e tecnológica, com isenção de tributos, sendo a segunda maior importadora do Estado de Minas Gerais em volume de recursos e a primeira em número de itens importados.



A Fundação é gestora do Embrapii DCC e INT e operadora do Sibratec Redes de Centros de Inovação em Nanomateriais, Nanocompósitos e em Nanodispositivos e Nanosensores.

Ao apoiar os parceiros na busca pela inovação, realizando uma eficiente gestão dos projetos de pesquisa, inovação, ensino e extensão, a Fundep se revela uma importante agente no processo de PD&I no Brasil.

Nosso relatório de atividades está disponível em nossa página na Internet.

Estrutura de Governança

O corpo gestor da Fundep é composto pelos conselhos Fiscal, Curador e Diretor, sendo presidida pelo Presidente do Conselho Diretor, o Prof. Dr. Alfredo Gontijo de Oliveira. Por exigência estatutária, as demonstrações contábeis da Fundep são auditadas regularmente. Atualmente a empresa de Auditoria contratada é a Fernando Motta e Associados. Além da empresa de auditoria, a Fundep tem as contas analisadas pelos seus Conselhos Curador e Fiscal, bem como pelo Conselho Universitário da Universidade Federal de Minas Gerais.

Depois de apreciada pelo Conselho Curador, a prestação de contas é encaminhada ao órgão competente do Ministério Público de Minas Gerais. Ver o Art. 26º do Estatuto da Fundep.

Processos Certificados

Os processos da Fundep referentes à gestão de projetos, apoio institucional, prestação de serviços e outros foram avaliados pelo Conselho de Acreditação Holandês – Raad voor Accreditatie (Rva) em junho de 2018 que os atestou em conformidade aos requisitos estabelecidos pela norma ISO 9001:2015.



3. DESCRIÇÃO DA PROPOSTA

3.1. Objeto

Prestação de serviços técnicos especializados, para dar apoio ao projeto “COMPOSTOS ORGÂNICOS EM ÁGUA SUBTERRÂNEA”, sob coordenação do Prof. Rodinei Augusti, recomendado pelo Comitê Técnico Científico do Projeto Brumadinho, no valor de R\$ 445.994,80 (quatrocentos e quarenta e cinco mil, novecentos e noventa e quatro reais e oitenta centavos), no âmbito da Lei n.º 8-958 e Termo de Cooperação Técnica nº 037/19.

3.2. Justificativa

Ente de cooperação da UFMG, a FUNDEP é capaz de agilizar o desenvolvimento das atividades do projeto em questão, pois é dotada de estrutura operacional especializada e adequada às necessidades da Universidade Federal de Minas Gerais. Atuando como interface junto aos vários agentes que participarão do projeto, a FUNDEP poderá zelar para que o referido trabalho contemple seus objetivos e metas.

3.3. Detalhamento dos Serviços

3.1. Gerenciar o recebimento de recursos destinados à realização da proposta em questão:

- ✓ Efetuar pagamentos comandados pela (o) Coordenador(a), utilizando-se dos recursos previstos;
- ✓ Monitorar e acompanhar administrativamente e analiticamente o cronograma físico-financeiro;
- ✓ Adquirir materiais e serviços, contratar pessoal especializado, administrar de forma contábil e financeira e prestar contas dos recursos;
- ✓ Recolher os impostos, taxas, contribuições e outros encargos porventura devidos em decorrência do projeto, apresentar os respectivos comprovantes ao setor competente da (o) ICEX;
- ✓ Contratar, fiscalizar e pagar pessoal, porventura necessário à execução do objeto da proposta;
- ✓ Aplicar no mercado financeiro, através de instituições oficiais, os recursos administrados, devendo posteriormente revertê-los para o projeto, junto com o respectivo rendimento;
- ✓ Transferir, de imediato, à (o) ICEX, a posse e uso dos materiais de consumo e bens duráveis adquiridos para execução da proposta;
- ✓ A Fundep disponibilizará ao Comitê Técnico Científico relação de bens permanentes adquiridos no Projeto e Subprojetos para que este recomende a Reitoria da UFMG a destinação dos equipamentos;
- ✓ Formalizar doação sem qualquer encargo, ao final da execução da Proposta do Projeto Brumadinho UFMG, dos bens duráveis, adquiridos para execução da proposta para unidade indicada pela Reitoria da UFMG, conforme Termo de Cooperação Técnica nº 037/19;
- ✓ Restituir ao Juízo, ao final do projeto, se for o caso, eventual saldo remanescente, monetariamente corrigido e acrescido dos rendimentos percebidos;



- ✓ Solucionar, judicialmente ou extrajudicialmente, quaisquer litígios com terceiros, decorrentes da execução desta proposta;
- ✓ Conceder bolsas de pesquisa e extensão de acordo com a Lei n.º 8.958 e Termo de Cooperação Técnica n° 037/19, quando for o caso.

- Oferecer serviço de acesso direto para o coordenador, disponibilizando software próprio, via Internet, que permite acessar a qualquer momento, de qualquer lugar, os dados relativos ao projeto, composto dos seguintes módulos:
 - ✓ Módulo Financeiro:
 - Extrato “inteligente”, via Internet / e-mail
 - Balancetes
 - Faturas
 - Demonstrativo de despesas
 - Prestação de contas
 - ✓ Módulo compras
 - Controle de solicitações de compras nacionais e importadas
 - Custo de importação
 - Autorização e justificativa para aquisição de bens
 - ✓ Módulo pessoal
 - Custo de pessoal

- Responsabilizar-se por:
 - ✓ Prestar os serviços na forma e condições definidas no projeto, responsabilizar-se pela sua perfeita e integral execução;
 - ✓ Responder pelos prejuízos causados à (o) ICEX, em razão de culpa ou dolo de seus empregados ou prepostos;
 - ✓ Respeitar e fazer com que seu pessoal cumpra as normas de segurança do trabalho e demais regulamentos vigentes nos locais em que estiverem trabalhando;
 - ✓ Facilitar, por todos os meios ao seu alcance, a ampla ação fiscalizadora da (o) ICEX, atendendo prontamente às observações por ele apresentadas;

- Oferecer estrutura gerencial e operacional com pessoal especializado para acompanhar individualmente os processos e atender coordenadores.
- Disponibilizar ao coordenador, via Internet, formulários *on line*, para solicitações de serviços.
- Responsabilizar-se pela guarda dos documentos relativos a proposta;
- Disponibilizar para a proposta sistema de gestão (software) com os módulos – compras, financeiro, pessoal, cursos e eventos, integrados para dar maior segurança, transparência, rapidez e confiabilidade aos processos.
- Observar rigorosamente o disposto na Lei 8958 de 1994 e ao Decreto 8241 de 2014.



4. RESPONSABILIDADE TÉCNICA

O gerenciamento das atividades acima propostas ficará a cargo da CIA – Centro Integrado de Atendimento Fundep.

5. VALOR DA PROPOSTA

Para a execução das atividades previstas nesta proposta, a Contratante pagará a Fundep a importância de R\$ 44.599,45 (quarenta e quatro mil, quinhentos e noventa e nove reais e quarenta e cinco centavos), referente a remuneração pelos serviços prestados, conforme anexo I).

6. PRAZO DE EXECUÇÃO

O prazo estimado para realização do serviço proposto será definido no contrato a ser firmado entre as partes.

7. APROVAÇÃO DA PROPOSTA

Em caso de aprovação da presente Proposta, solicitamos a emissão ou o pedido de emissão do contrato por parte da FUNDEP.

8. VALIDADE DA PROPOSTA

Esta proposta tem a validade de 30 (trinta) dias a contar de sua data de assinatura.

Belo Horizonte, 10 de junho de 2020

ALFREDO GONTIJO DE OLIVEIRA:04512421653
Assinado de forma digital por ALFREDO GONTIJO DE OLIVEIRA:04512421653
Dados: 2020.06.10 17:04:31 -03'00'

Prof Alfredo Gontijo de Oliveira

Presidente

Anexo I

Custos Fundep para apoio ao Projeto 'COMPOSTOS ORGÂNICOS EM ÁGUA SUBTERRÂNEA'

Envolvimento da Fundação	Vigência (em meses)						Encerramento		CUSTOS	Total
	1	2	3	4	5	6	Mês + 1	Mês + 2		
Direto										
1. Gerência de Proposta									445,99	445,99
2. Gerência de Projetos									1.337,99	10.703,88
3. Financeiro									828,28	5.797,93
4. Contas a Pagar									223,00	1.337,98
5. Prestação de Contas									223,00	445,99
6. Contabilidade									191,14	1.337,98
7. Assessoria Jurídica									74,33	445,99
8. Divulgação/matrícula										-
Necessidade do Projeto										-
1. Pessoal									1.114,99	6.689,92
2. Compras Nacionais									1.189,32	7.135,92
3. Importação										-
Suporte										-
1. Informática									390,25	3.121,96
2. Apoio									55,75	445,99
3. Material de Expediente									148,67	891,99
Manutenção									148,67	891,99
Custos Indiretos									148,67	891,99
Arquivo: 05 anos após a aprovação das contas da UFMG pelo TCU									66,90	4.013,95
Total										44.599,45



**PROPOSTA RECOMENDADA
E
TERMO DE COMPROMISSO
ÉTICO E DE
CONFIDENCIALIDADE**





UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROJETO BRUMADINHO-UFMG

**CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA Nº 14/2019: COLETA E ANÁLISE DE
COMPOSTOS ORGÂNICOS EM ÁGUA SUBTERRÂNEA**

**Determinação de Compostos Orgânicos Contemplados na Resolução CONAMA 396 em
Águas Subterrâneas Coletadas 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

Maio, 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. Isso causou o aumento da utilização de água subterrânea para os diversos fins, além da perfuração de novos poços para garantir o abastecimento. O programa de monitoramento de águas subterrâneas do Estado de Minas Gerais se encontra em fase de implementação pelo IGAM (Instituto Mineiro de Gestão de Águas), e ainda não há dados sobre a qualidade da água dos poços de água subterrânea outorgados pela SEMAD (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável).

Sabe-se que diversas empresas, comércio 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, que foram arrastados, espalhados e soterrados pelo caminho, ainda não está equacionada.

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 subterrâneas e estabelecidos na Resolução CONAMA 396. Esses possíveis contaminantes de identidade, quantidade e concentração desconhecidos foram arrastados abruptamente e simultaneamente, podendo se encontrar na superfície ou ainda soterrados e concentrados no subsolo. Somado a isso, as constantes escavações na região para resgatar os restos mortais das vítimas pode ter alterado a cinética de distribuição desses poluentes levando a uma mudança periódica do cenário de



contaminação. Assim, não se sabe quais e quanto dos compostos foram liberados, e se eles estão acumulados ou não em algum local dos depósitos de lama ou sedimento. É amplamente conhecido que muitas substâncias orgânicas e seus produtos de degradação são altamente tóxicos 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 subterrâneas das propriedades ao longo do Rio Paraopeba, as quais são usadas para consumo humano e animal. Deste modo, um monitoramento sistemático sobre a presença de compostos orgânicos nocivos nestas águas mostra-se de extrema relevância para acalmar toda a população do entorno da região do acidente.

A avaliação da qualidade das águas subterrâneas da bacia do Rio Paraopeba será realizada de acordo com o plano amostral disponibilizado pelo Comitê Técnico Científico (CTC) da UFMG do Projeto Brumadinho-UFMG na Chamada Pública Induzida 10/2019, apresentado na Figura 1, constando de 144 pontos de amostragem. Acredita-se que os resultados obtidos nesta proposta servirão de subsídio para avaliação da necessidade de monitoramento das águas subterrâneas da região, uma vez que elas têm sido utilizadas para consumo humano, dessedentação animal e irrigação. Apresenta-se como um dos compromissos da presente proposta, a apresentação dos resultados não apenas como uma comparação com os valores guia de qualidade da Resolução CONAMA 396, mas estabelecendo-se correlações fazendo uso de ferramentas quimiométricas, tais como análise de componentes principais (PCA, do inglês *Principal Component Analysis*) e análise de agrupamento hierárquico (HCA, do inglês *Hierarchical Clustering Analysis*). Dessa forma, será possível traçar perfis de similaridades e padrões de distribuição dos compostos orgânicos na bacia do Rio Paraopeba e, no futuro próximo, estabelecer a provável origem desses



elementos, quando dados de concentração desses compostos em solos, sedimentos e rejeitos puderem ser incorporados ao conjunto amostral.

2. OBJETIVOS E METAS

2.1. OBJETIVO GERAL E META FINAL

A avaliação da qualidade das águas subterrâneas da bacia do Rio Paraopeba será realizada de acordo com o plano amostral disponibilizado pelo Comitê Técnico Científico (CTC) da UFMG na Chamada Pública Induzida 10/2019, o qual é apresentado na Figura 1, constando de 144 pontos de amostragem. A coleta das amostras será realizada por uma empresa especializada, a qual será contratada com esta finalidade. A coleta e preservação das amostras serão feitas, necessariamente, seguindo os protocolos descritos no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas.¹



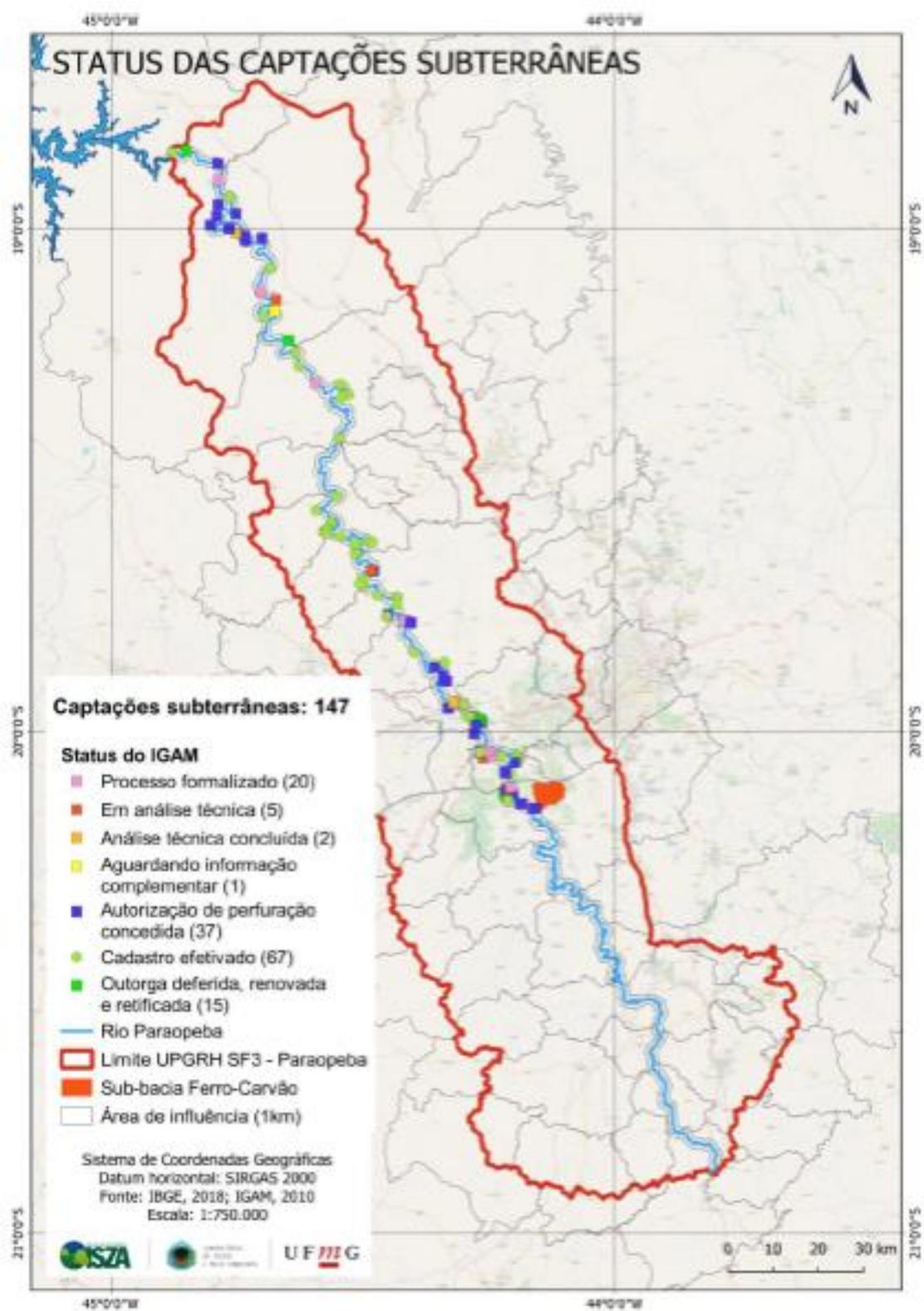


Figura 1. Localização dos 144 pontos de coleta de água subterrânea do plano amostral do CTC do Projeto Brumadinho-UFMG (Fonte: Chamada Pública Induzida10/2019, onde se cita as coordenadas geográficas destes pontos).



Para as análises das amostras, a equipe apresenta, como objetivo geral e meta final, analisar 62 analitos previstos na Resolução CONAMA 396 (Anexo 1), o que representa 81,6 % dos compostos desta lista, dentro do prazo estipulado de seis meses de execução da proposta. Os 14 analitos restantes, i. e. benzeno, 1,2-diclorobenzeno, 1,4-diclorobenzeno, 1,2-dicloroetano, 1,1-dicloroetano, *cis*-1,2-dicloroetano, *trans*-1,2-dicloroetano, tetracloreto de carbono, tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano, tolueno, *orto*-xileno, *meta*-xileno e *para*-xileno, são compostos de elevada volatilidade, sendo improvável que eles percolem o solo e atinjam o lençol freático. Assim, não se justifica o dispêndio financeiro e técnico para a prospecção desses compostos nesta proposta. Deve-se levar ainda em conta que é muito provável que para os dois primeiros meses de vigência do projeto, a equipe estará totalmente voltada para as tarefas de montagem do laboratório, instalação e treinamento com os novos equipamentos adquiridos. Dentre os 62 analitos selecionados, 18 (29 %) serão analisados por cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas sequencial (UHPLC-2D-MS/MS), enquanto que os 44 restantes (71 %) 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*). Maiores detalhes sobre todas estas técnicas serão apresentados nos itens a seguir da presente proposta. Os analitos a serem determinados se dividem em quatro categorias principais: agrotóxicos (AGRs), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), compostos organoclorados (OCCs) e contaminantes orgânicos voláteis (VOCs), como também indicado no Anexo 1.



2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A presente proposta apresenta os seguintes objetivos específicos:

1. Contratar e acompanhar a empresa que irá realizar a coleta de amostras de águas subterrâneas para determinação dos compostos orgânicos listados na Resolução CONAMA 396. A empresa a ser contratada deverá cumprir as exigências legais quanto ao sigilo das amostras e as boas práticas preconizadas no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas e de acordo com o plano amostral fornecido pelo CTC;
2. Analisar as amostras aplicando metodologias de preparo adequadas para determinação de compostos contemplados na Resolução CONAMA 396 (Anexo 1) pelo uso da técnica de cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas sequencial (UHPLC-2D-MS/MS), empregando metodologias quantitativas validadas segundo os parâmetros preconizados no guia de validação do INMETRO;²
3. Analisar as amostras aplicando metodologias de preparo adequadas para a determinação de compostos contemplados na Resolução CONAMA 396 (Anexo 1) pelo uso da técnica de 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
4. Analisar as amostras aplicando metodologias de preparo adequadas para determinação de compostos contemplados na Resolução CONAMA 396 (Anexo 1) pelo uso da 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 na Resolução CONAMA 396, bem como possíveis produtos de degradação destes;

5. Para as amostras onde os compostos listados na Resolução CONAMA 396 forem encontrados, e em teores acima dos níveis preconizados, re-análises serão realizadas;
6. Para as amostras para as quais outros compostos (contaminantes emergentes, poluentes, *etc*), além daqueles indicados na Resolução CONAMA 396, forem encontrados, re-análises serão realizadas;
7. 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 subterrâneas da bacia do Rio Paraopeba.

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS METODOLOGIAS A SEREM EMPREGADAS NA ANÁLISE DOS ANALITOS SELECIONADOS

3.1. COLETA DAS AMOSTRAS

Todas as amostras serão coletadas por uma empresa acreditada a ser contratada neste projeto. As coletas serão realizadas de acordo com plano amostral descrito no Anexo III do EDITAL 10. A coleta e preservação seguirão os protocolos descritos no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da ANA (Agência Nacional de Águas, 2011), para fins de determinação de compostos orgânicos constantes na Norma CONAMA 396. Os parâmetros físico-químicos serão medidos *in situ* utilizando sonda multiparâmetros. As atividades de entrega e processamento inicial das amostras serão acompanhadas por membro do Comitê e da equipe executora. Estamos cientes que os orçamentos número 12722-4396 e número



164/2020, para as coletas das amostras e auditoria, respectivamente, são apenas uma referência orçamentária e não representam uma parceria na execução do subprojeto

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 na Resolução CONAMA 396. Já as análises *untarget* (ou global) podem ser convenientemente utilizadas como um método de triagem, além de permitira detecção de analitos que não estão na lista da Resolução CONAMA 396. Os métodos analíticos aqui descritos, que fazem o uso do método de extração denominado *Solid Phase Extraction (SPE)*, das técnicas de cromatografia gasosa ou líquida acoplada a espectrometria de massas e de análises do tipo *target* e *untarget*, são detalhados nos itens a seguir. 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. MÉTODO DE EXTRAÇÃO EMPREGADO NAS ANÁLISES: *SOLID PHASE EXTRACTION (SPE)*

A metodologia de SPE que será empregada nas análises das amostras de água subterrânea 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 cartuchos 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 subterrânea 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.

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.²

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)

Todos os compostos listados na Resolução CONAMA 396 podem ser analisados por cromatografia a líquido e a gás acoplada à espectrometria de massas. O grande diferencial nessas duas técnicas é em relação ao escopo de alguns compostos que possuem melhor resposta analítica como sensibilidade, seletividade ou requerem um preparo de amostras mais vantajoso em uma determinada técnica e empregando uma determinada engenharia de equipamento. Atualmente os equipamentos de cromatografia a líquido de ultra resolução (UHPLC) representam o estado da arte na área de separações de compostos não voláteis e/ou termicamente instáveis com o maior poder de separação, menor dispersão e análises de poucos minutos ou alguns segundos em alguns casos. Entre os analisadores de massas os mais amplamente utilizados para análises de rotina de compostos conhecidos (análise *target*) são aqueles que empregam quadrupolos sequenciais ou armadilhas de íons.

Os espectrômetros de massas contendo quadrupolos sequenciais merecem destaque devido sua robustez, além de não requererem calibração periódica, fornecerem respostas estáveis e com grande capacidade de filtrar relações massa/carga sem grande perda da intensidade do sinal. Frequentemente, os equipamentos mais sensíveis do mercado são baseados nessa tecnologia e os laboratórios de rotina de análise de água como a COPASA, em Minas Gerais, e a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo),



em São Paulo, empregam essas tecnologias para o controle da qualidade das amostras de água que recebem.

Apesar da grande sensibilidade e seletividade das técnicas de UHPLC acoplada a espectrômetros de massas do tipo triplo quadrupolo, nem sempre esses equipamentos conseguem produzir respostas adequadas para os níveis extremamente baixos de poluentes permitidos nas amostras de água segundo as resoluções CONAMA. Para esses casos a análise direta das amostras de água por simples filtração e injeção não é compatível com a finalidade requerida. Nessas situações, um preparo de amostras adequado é de fundamental importância para eliminar interferentes e pré-concentrar os analitos elevando a relação sinal ruído da resposta instrumental.

Entre as diversas técnicas de preparo de amostras existentes, a extração em fase sólida é uma das mais adequadas para análise da qualidade de água. O uso da extração em fase sólida faz parte da rotina dos laboratórios como COPASA e SABESP, sendo mais frequentemente empregada na modalidade *off line* com cartuchos tipo seringa descartáveis, juntamente com sistemas manuais de extração. Apesar da maior simplicidade dessa estratégia, erros associados à baixa reprodutibilidade das extrações, estresse do operador e baixa frequência analítica são comuns. Sistemas *online* de extração em fase sólida são os dispositivos mais avançados que permitem contornar todas essas limitações além de aumentar a frequência analítica.

Da lista dos compostos orgânicos preconizados na Resolução CONAMA 396,20 deles serão analisados por cromatografia líquida de ultra eficiência acoplada a um espectrômetro de massas do tipo triplo quadrupolo, conforme especificado na tabela do Anexo 1, com preparo de amostras por extração em fase sólida (SPE) *online* ou injeção direta. Para maiores detalhes



sobre as condições a serem empregadas na extração SPE, consultar o item 3.1.1 desta 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)

Em geral, as análises *target* (i.e., focadas em compostos alvo específicos) são as mais aplicadas em estudos de monitoramento ambiental, utilizando padrões analíticos para a quantificação absoluta dos analitos em escopo.^{3,4} Entretanto, 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.



Em comparação aos espectrômetros de massas do tipo triplo-quadrupolo utilizados nas análises *target*, os instrumentos de HRMS utilizados nas análises *untarget* apresentam maior sensibilidade no modo de varredura de massas (*fullscan*) e maior exatidão de massa, o que favorece a identificação de compostos desconhecidos.⁶ Essas duas abordagens são altamente complementares, fornecendo juntas informações mais completas sobre os contaminantes presentes nas amostras. Por exemplo, Meng *et al.*⁴ utilizaram um método *untarget* de triagem seguido de um método *target* para avaliar a presença de poluentes orgânicos em amostras de água superficial do lago Dianshan, na China. O método *untarget* permitiu a detecção de 95 potenciais contaminantes de diversas classes, dos quais 19 foram tentativamente identificados e subsequentemente confirmados e quantificados utilizando um método *target*. Abordagens semelhantes envolvendo métodos de triagem utilizando LC-HRMS têm sido propostas também para águas subterrâneas,⁷⁻⁹ águas de descarte¹⁰ e água potável.^{11,12}

Produtos de degradação/transformação de pesticidas são formados no ambiente por meio de processos bióticos (pela ação de microorganismos) ou abióticos (e.g., fototransformação direta e indireta, hidrólise, oxidação, redução).¹³ Muitos produtos de transformação tem se mostrado menos tóxicos do que os pesticidas que os deram origem. Porém, em diversos casos a toxicidade é mantida ou aumentada, por exemplo, quando: (1) a parte estrutural ativa da molécula permanece intacta; (2) o produto formado age como um pró-pesticida, que é metabolizado no pesticida após absorção pelo organismo; (3) o fator de bio-concentração é maior do que no pesticida original; (4) forma-se um produto com atividade toxicológica diferente do pesticida original (e.g., disruptor endócrino, carcinogênico).^{13,14} Os produtos de transformação de pesticidas não receberam tanta atenção no passado por não serem considerados toxicologicamente relevantes e por limitações analíticas para determiná-los.¹³ Porém, novas informações sobre sua presença e impactos no



ambiente tem surgido com o avanço da espectrometria de massas. Por exemplo, Moschet *et al.*¹⁵ utilizaram um método de triagem por LC-HRMS na avaliação ambiental de cinco rios na Suíça, detectando mais de cem pesticidas e quarenta produtos de transformação. Entre os compostos detectados, encontram-se produtos de transformação da atrazina, metolacoloro, alacoloro e simazina, os quais estão incluídos na CONAMA 396. Um estudo similar também utilizando triagem por LC-HRMS foi desenvolvido por Kiefer *et al.*,¹⁶ no qual 13 produtos de transformação foram confirmados ou tentativamente identificados em águas subterrâneas, incluindo sete produtos oriundos do fungicida clorotanilil e dois do herbicida metalocoloro, ambos listados na CONAMA 396.

Assim, no presente projeto propõe-se aplicar um método *untarget* para triagem inicial de contaminantes nas amostras de água subterrânea 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 pela Resolução CONAMA 396 (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).

Nos métodos *untarget*, busca-se preparos de amostra que sejam simples e pouco seletivos, de forma a manter compostos de diversas classes potencialmente presentes nas amostras. Na maioria dos estudos, o preparo de amostras de água tem sido realizado por extração em fase sólida (SPE), utilizando cartuchos com adsorventes adequados para reter tanto compostos lipofílicos quanto hidrofílicos.^{4,7-11,17} Além da extração, a SPE também



promove a pré-concentração desses compostos, o que ajuda a aumentar a sensibilidade do método. Por outro lado, trata-se de uma etapa demorada, que consome relativamente grandes quantidades de adsorventes e solventes orgânicos e envolve diversas etapas de manipulação da amostra. Dessa forma, na presente proposta, propõe-se a utilização um preparo de amostra mais direto, com simples filtração da amostra e injeção no sistema de análise por LC-HRMS, como o utilizado por Brunner *et al.*¹³ para águas de abastecimento humano.

No desenvolvimento do método de triagem, pretende-se testar uma mistura de compostos representativos, incluídos na Resolução CONAMA 396 (Anexo 1), porém buscando condições que sejam também adequadas para o maior número possível de potenciais contaminantes. Para isso, pretende-se utilizar um amplo gradiente de fase móvel na separação por LC, que favoreça a separação de compostos de diferentes polaridades. Em relação à detecção, será utilizado um espectrômetro de massas do tipo Q-Exactive Orbitrap (ThermoScientific), que atinge resoluções consideravelmente altas, da ordem de 140.000 (para m/z 200), com baixos erros de massa (<3ppm). As condições a serem utilizadas do espectrômetro de massas serão avaliadas a partir de estudos reportados na literatura e testes utilizando a mistura de compostos representativos. Pretende-se analisar as amostras em modo de *polarity switching*, no qual é possível adquirir dados nos modos de ionização negativo (ESI-) e positivo (ESI+) durante a mesma separação, de modo a abranger um maior número de compostos, porém sem aumentar o tempo total de análise.

A maioria dos guias de validação de métodos analíticos trata apenas de métodos *target*, porém é importante que os métodos de triagem também passem por algum tipo de validação que ajude a avaliar a sua adequação ao objetivo pretendido. O documento SANCO/12571/2013 da União Europeia,⁵ sobre o controle da qualidade analítica na determinação de resíduos de pesticidas em amostras de alimentos e rações, é o único, dentro do nosso conhecimento, que inclui recomendações para métodos de triagem (qualitativos).



Assim, apesar de o presente projeto ter uma proposta de aplicação diferente (contaminantes em águas subterrâneas), pretende-se utilizar as recomendações desse guia. Nesse sentido, o documento SANCO/12571/2013 recomenda a avaliação de parâmetros como: (i) o limite de detecção de triagem (SDL) para os compostos representativos; (ii) a seletividade, utilizando amostras branco; (iii) critérios para a identificação ou identificação tentativa de compostos por HRMS; e (iv) dados adicionais de validação que podem ser coletados utilizando resultados obtidos com a realização contínua de testes de controle de qualidade (QC) e verificações da performance do método durante as análises de rotina, como a construção de cartas de controle.

As amostras serão analisadas em ordem aleatória, intercaladas com amostras branco (para garantir a ausência de contaminantes que poderiam interferir em análises subsequentes) e misturas de padrões contendo alguns compostos representativos próximos do SLD (para confirmar que os compostos permanecem detectáveis no decorrer de toda a sequência analítica). Para os compostos representativos e para outros compostos definidos, como os orgânicos não voláteis presentes na Resolução CONAMA 396, pode-se criar uma lista de valores de m/z a serem rapidamente extraídos nos arquivos de dados adquiridos, utilizando o próprio *software* de controle do equipamento (XCalibur, ThermoScientific) ou opções de livre acesso, como o Proteo Wizard,¹⁸ um *software* originalmente desenvolvido para proteômica, porém muito eficiente para rápida análise de dados de MS em diversas aplicações.

Já o processamento de dados para detecção e identificação de outros compostos, pode ser realizado utilizando o *software* Compound Discoverer (ThermoScientific) ou outras ferramentas, como algumas comumente utilizadas no processamento de dados obtidos por análises *untarget* em metabolômica, como o XCMS,^{19,20} MZmine²¹ e El Maven,²² entre outros. A etapa de identificação dos íons extraídos é realizada através de buscas de valores de



m/z de alta resolução em bases de dados, utilização da massa exata e do padrão isotópico para determinação de fórmulas moleculares mais prováveis, além de comparações em bibliotecas espectrais para dados obtidos por espectrometria de massas sequencial (MS/MS).

3.6. TRATAMENTO DOS DADOS

Antes da análise dos dados faz-se necessária seu pré-processamento. Os mais comuns são deconvolução dos sinais, filtragem de ruído, detecção e alinhamento de picos cromatográficos, 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 passarão pela etapa de validação segundo as normas do guia de validação do INMETRO,² onde será avaliado seu desempenho para as condições nas quais está sendo proposto. A validação será feita por meio do uso de padrões. O processo de validação assegura a qualidade da análise realizada e gera informações confiáveis e interpretáveis sobre as amostras.

A validação de um método pode ser 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, precisão, recuperação, limite de detecção e limite de quantificação.^{2,23,24}

Os resultados obtidos serão comparados com os limites estabelecidos na legislação (norma, legislação). Nesta etapa, diferentes testes estatísticos serão aplicados, como teste t-Student, teste F, análise de variância (ANOVA).²⁵



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.²⁵ 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.



4. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Conforme Chamada Pública Interna Induzida 14/2019, o cronograma de execução da proposta tem prazo máximo de seis meses. O cronograma de execução é apresentado na Tabela 1.

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

Atividades	Mês					
	1	2	3	4	5	6
Contratação de uma empresa especializada e acreditada para a realização das coletas	X					
Contratação de uma empresa para realizar a auditoria das amostras coletadas e entregues	X					
Entrega e armazenamento das amostras na presença de um membro do CTC e de um auditor contratado			X	X		
Aquisição de materiais consumíveis para a realização das análises	X	X				
Treinamento da equipe com os equipamentos	X	X				
Ajuste das condições de preparo de amostras e dos parâmetros analíticos instrumentais	X	X	X			
Validação dos métodos e avaliação dos parâmetros de mérito			X	X		
Relatório de validação		X	X			
Análise das amostras				X	X	X
Relatório parcial com os resultados obtidos			X	X		
Tratamento dos dados aplicando-se ferramentas quimiométricas					X	X
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						X



5. EQUIPE

A vigência do projeto será de seis 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 tem 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), Zenilda de Lourdes Cardeal e 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). Um resumo da produção científica e tecnológica nos últimos cinco anos (2016-2020) dos pesquisadores membros da equipe da equipe é apresentado na Tabela 3.



Tabela 2. Equipe de trabalho do projeto.

Nome	Categoria da Bolsa	Atividades	Carga Horária Semanal (h)
<p>Prof. Dr. Rodinei Augusti (http://lattes.cnpq.br/3784094744916006)</p>	P1	<p>Coordenação da proposta e das compras, contratação de serviços de terceiros, treinamento da equipe, elaboração de protocolos, fiscalização da empresa responsável pelas coletas, elaboração de relatórios, instalação do equipamento UHPLC-HRMS, treinamento da equipe, análise no modo <i>full scan</i> para detectar os compostos descritos na Resolução CONAMA 396, análise <i>untarget</i> das amostras para detecção dos compostos não contemplados nas listas Resolução CONAMA 396.</p>	2
<p>Profa. Dra. Zenilda de Lourdes Cardeal (http://lattes.cnpq.br/0821156703012194)</p>	P1	<p>Coordenação de compras, fiscalização da empresa responsável pelas coletas, elaboração de relatórios, instalação do equipamento de GC-MS/MS de alta sensibilidade. Treinamento da equipe para os métodos GC/MS acompanhamento e suporte durante a etapa de validação com avaliação dos parâmetros de desempenho (seletividade, linearidade, limites de detecção e quantificação, exatidão, e precisão), Acompanhamento da equipe, análise das amostras para determinação quantitativa dos compostos da lista da</p>	2



Nome	Categoria da Bolsa	Atividades	Carga Horária Semanal (h)
		Resolução CONAMA 396.	
Prof. Dr. Ricardo Mathias Orlando (http://lattes.cnpq.br/8138054200128314)	P2	Treinamento de equipe, fiscalização da empresa responsável pelas coletas, 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 da Resolução CONAMA 396.	2
Prof. Dr. Helvécio Costa Menezes (http://lattes.cnpq.br/8501096347724709)	P2	Coordenação de compras, fiscalização da empresa responsável pelas coletas, 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 da Resolução CONAMA 396.	2
Profa. Dra. Mariana Ramos de Almeida (http://lattes.cnpq.br/6690913086860156)	P2	Coordenação de compras, fiscalização da empresa responsável pelas coletas, treinamento no equipamento de GC-MS/MS,	2



Nome	Categoria da Bolsa	Atividades	Carga Horária Semanal (h)
		preparo e análise das amostras para determinação quantitativa dos compostos contemplados na Resolução CONAMA 396, elaboração de relatórios, tratamento dos dados obtidos pelas análises <i>target</i> e <i>untarget</i> , aplicação das ferramentas quimiométricas.	
<p>Profa. Dra. Adriana Nori de Macedo (http://lattes.cnpq.br/1346159798306897)</p>	P2	Fiscalização da empresa responsável pelas coletas, 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 análise de varredura das amostras para detecção dos compostos não contemplados na lista da Resolução CONAMA 396, acompanhamento dessas análises e do processamento de dados envolvido.	2



Nome	Categoria da Bolsa	Atividades	Carga Horária Semanal (h)
<p>Vinícius Pires Gonçalves (http://lattes.cnpq.br/4158983882437581)</p>	<p>M1</p>	<p>Auxílio no preparo das amostras e na implantação e validação de métodos <i>target</i> e <i>untarget</i> para a detecção dos compostos orgânicos nas amostras de água subterrânea. 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 na Resolução CONAMA 396. Dados a serem obtidos voltados aos respectivos trabalhos de mestrado.</p>	<p>20</p>
<p>Msc. Millena Christie Ferreira Avelar (http://lattes.cnpq.br/8190355591231615)</p>	<p>P5</p>	<p>Recebimento das amostras, limpeza de frascos, lavagem de materiais, preparo de soluções, calibração de equipamentos, etiquetagem de frascos, auxílio no preparo das amostras. Implantação e validação de métodos <i>target</i> e <i>untarget</i> para a detecção dos compostos orgânicos nas amostras de água</p>	<p>20</p>



Nome	Categoria da Bolsa	Atividades	Carga Horária Semanal (h)
Msc. Marina Caneschi de Freitas (http://lattes.cnpq.br/4981845613241792)		subterrânea. 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 na Resolução CONAMA 396.	8
Msc. José Messias Gomes (http://lattes.cnpq.br/9384120272737724)			20
Aluno de Iniciação Científica (a ser definido)	IX	Recebimento das amostras, limpeza de frascos, lavagem de materiais, preparo de soluções, calibração de equipamentos, etiquetagem de frascos, auxílio no preparo das amostras. Auxílio na implantação e validação de métodos baseados em GC-MS	20



Tabela 3. Resumo numérico da produção científica e tecnológica da equipe proponente do atual projeto. Os dados referem-se à produtividade dos pesquisadores membros da equipe nos últimos cinco anos (2016-2020).

Indicador Quantitativo de Produtividade	Valor
Artigos Científicos	94
Patentes	15
Orientação de Dissertações de Mestrado Concluídas	15
Orientação de Teses de Doutorado Concluídas	4



6. ORÇAMENTOS

Tabela 4. Despesas com recursos humanos.

Integrante da equipe	Carga Horária Semanal (horas)	Quantidade de Meses	Valor da Bolsa Mensal (R\$)	Valor Total da Bolsa (R\$)
Rodinei Augusti	2	6	2.466,69	14.800,16
Zenilda de Lourdes Cardeal	2	6	2.466,69	14.800,16
Ricardo Mathias Orlando	2	6	2.343,36	14.060,15
Helvécio Costa Menezes	2	6	2.343,36	14.060,15
Mariana Ramos de Almeida	2	6	2.343,36	14.060,15
Adriana Nori de Macedo	2	6	2.343,36	14.060,15
Vinícius Pires Gonçalves	20	6	2.210,16	13.260,96
José Messias Gomes	20	6	3.946,71	23.680,26
Millena Christie Ferreira Avelar	20	6	3.946,71	23.680,26
Marina Caneschi de Freitas	8	6	1.578,68	9.472,10
Aluno de Iniciação Científica (a ser definido)	20	6	729,36	4.376,13
Total				160.310,63



Tabela 5. Materiais de consumo e despesas com serviços de terceiros para o desenvolvimento experimental do projeto.

Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Contratação da empresa responsável pelas coletas ^a	1 ^a	39.863,70 ^a	39.863,70 ^a	Coleta de amostras de água para análise dos compostos orgânicos
Contratação de auditoria ^b	1 ^b	45.600,00 ^b	45.600,00 ^b	Realização de auditoria das amostras coletadas
Aluguel de carro	35 diárias	180,00	6.300,00	O veículo será utilizado para o deslocamento do auditor e um membro da equipe até o local da coleta
Combustível	750 litros	4,00	3.000,00	A compra do combustível é necessária para abastecer o veículo descrito no item anterior
Motorista	35 diárias	80,00	2.800,00	O motorista será responsável pela condução do veículo para as coletas das amostras
Diárias ^c	50 diárias ^c	177,00 ^c	8.850,00 ^c	Diárias que serão utilizadas quando a equipe necessitar realizar coletas em localidades distantes de Belo Horizonte



Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Seringas de 3mL	10 caixas com 100 unidades cada	40,00	400,00	Filtração das amostras de água subterrânea
Seringas de 1mL	10 caixas com 100 unidades cada	40,00	400,00	Filtração das amostras de água subterrânea
Filtros de 0,45 um	300 unidades	5,00	1.500,00	Filtração das amostras de água subterrânea
Luvas nitrílicas	10 caixas	35,90	359,00	Manipulação de frascos e soluções em laboratório
Reagentes auxiliares: ácido fórmico, hidróxido de amônio, ácido acético	1 L de cada	500,00	1500,00	Preservante para as amostras, solventes e reagentes para preparo de fase móvel para UHPLC
Vidrarias certificadas ^d	50 unidades ^d	100,00 ^d	5.000,00 ^d	Preparo de soluções para a calibração de equipamentos e preservação de amostras



Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Micropipetas de volumes variados ^d	10 ^d	500,00 ^d	5.000,00 ^d	Preparação das soluções dos padrões
Ponteiras para micropipetas ^d	10 pacotes com 1000 unidades cada ^d	50,00 ^d	500,00 ^d	Preparação das soluções dos padrões
Vidrarias auxiliares (frascos de 100, 200, 500 e 1000 mL) ^d	50 unidades ^d	15,00 ^d	750,00 ^d	Preparo de soluções e fase móvel
Padrões analíticos da lista CONAMA 396 que serão quantificados por cromatografia a gás	26	700,00	18.200,00	Análise dos compostos listados na Resolução CONAMA 396 por cromatografia a gás
Padrões analíticos da lista CONAMA 396 que serão quantificados por cromatografia líquida	21	700,00	14700,00	Análise dos compostos listados na Resolução CONAMA 396 por cromatografia líquida
Colunas de cromatografia gasosa	3	4.825,00	14.475,00	Análise das amostras de água subterrânea



Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Colunas de SPE online para análise por UPLC-2D-MS/MS	1	5.000,00	5.000,00	Análise das amostras de água subterrânea
Cartuchos de extração em fase sólida para análises por GC-MS/MS	27 pacotes com 30 unidades cada	494,07	13.339,89	Análise das amostras de água subterrânea
Filtro de seringa de PVDF(0,22 µm)	5 pacotes com 100 unidades cada	424,79	2.123,95	Filtração das amostras de água subterrânea
Filtro de seringa de PTFE (0,22 µm)	5 pacotes com 100 unidades cada	285,85	1.429,25	Filtração das amostras de água subterrânea
Acetonitrila grau LC	10 galões de 4 L	356,00	3.560,00	Análise das amostras de água subterrânea
Metanol grau LC	2 galões de 20L	3.192,00	6.384,00	Análise das amostras de água subterrânea



Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Acetona grau LC	1 galão de 6L	1.700,00	1.700,00	Análise das amostras de água subterrânea
Tetrahidrofurano grau LC	1 galão de 2,5 L	891,00	891,00	Análise das amostras de água subterrânea
Acetato de etila grau LC	2 galões de 4 L	2.000,00	4.000,00	Análise das amostras de água subterrânea
Cloreto de metileno grau LC	1 galão de 6L	1.639,00	1.639,00	Análise das amostras de água subterrânea
Gás Hélio 5.0	5 cilindros	1.800,00	9.000,00	Análise das amostras de água subterrânea
Gás Nitrogênio	2 cilindros	1.200,00	2.400,00	Análise das amostras de água subterrânea



Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Descrição
Outros consumíveis para o laboratório (sais, tubos Falcon)			10.000,00	Análise das amostras de água subterrânea
Leitor de código de barras	3	500,00	1.500,00	Leitura do código de barras das amostras
TOTAL			232.164,79	

^a Orçamento número 12722-4396 fornecido pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). O orçamento encontra-se de posse com o coordenador da proposta; ^b Orçamento número 164/2020 fornecido pela Rede Metrológica de Minas Gerais (RMMG). O orçamento encontra-se de posse com o coordenador da proposta (Obs.: Os orçamentos número 12722-4396 e número 164/2020 são apenas uma referência orçamentária e não representam uma parceria na execução do subprojeto); ^c As 50 diárias foram calculadas considerando 10 pernoites para uma equipe de 5 pessoas em cada viagem. ^d Itens duráveis que serão utilizados em outros projetos associados aos equipamentos e laboratórios.



Tabela 6. Orçamento consolidado do projeto considerando as taxas administrativas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Instituto de Ciências Exatas (ICEX), Departamento de Química (DQ) e Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (FUNDEP).

Descrição	Valor (R\$)
Material de consumo	232.164,79
Bolsas/ recursos humanos	160.310,63
Sub-total 1	392.475,42
Taxa 10/95 UFMG (2%)	8.919,90
Taxa 10/95 ICEX (2%)	8.919,90
Taxa 10/95 DQ (8%)	35.679,58
Sub-total 2	53.519,38
CUSTO TOTAL (Sub-total 1 + 2)	445.994,80
Custo por Analito Analisado^a	49,96^a

^a Custo Total / [Número de Amostras (144) x Número de Analitos por Amostra (62)]



7. REFERÊNCIAS

1. <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-subterranea>, acessado em 22/01/2020.
2. INMETRO. Orientação sobre validação de métodos analíticos. DOQ-CGCRE-008. 2018. Disponível em: www.inmetro.gov.br. Acesso em: março 2020
3. Bletsou, A. A.; Jeon, J.; Hollender, J.; Archontaki, E.; Thomaidis, N. S.; *Trends Anal. Chem.* 2015, **66**, 32.
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. TerLaak, T. L.; Puijker, L. M.; van Leerdam, J. A.; Raat, K. J.; Kolkman, A.; de Voogt, P.; van Wezel, A. P.; *Sci. Total Environ.* 2012, **427–428**, 308.
8. Soulier, C.; Coureau, C.; Togola, A.; *Sci. Total Environ.* 2016, **563–564**, 845.
9. Pinasseau, L.; Wiest, L.; Fildier, A.; Volatier, L.; Fones, G. R.; Mills, G. A.; Mermillod-Blondin, F.; Vulliet, E.; *Sci. Total Environ.* 2019, **672**, 253.
10. Hug, C.; Ulrich, N.; Schulze, T.; Brack, W.; Krauss, M.; *Environ. Pollut.* 2014, **184**, 25.
11. Albergamo, V.; Escher, B. I.; Schymanski, E. L.; Helmus, R.; Dingemans, M. M. L.; Cornelissen, E. R.; Kraak, M. H. S.; Hollender, J.; De Voogt, P.; *Environ. Sci. Water Res. Technol.* 2020, **6**, 103.



12. Brunner, A. M.; Bertelkamp, C.; Dingemans, M. M. L.; Kolkman, A.; Wols, B.; Harmsen, D.; Siegers, W.; Martijn, B. J.; Oorthuizen, W. A.; terLaak, T. L.; *Sci. Total Environ.* 2020, **705**, 135779.
13. Fenner, K.; Canonica, S.; Wackett, L. P.; Elsner, M.; *Science* 2013, **341**, 752.
14. Sinclair, C. J.; Boxall, A. B. A.; *Environ. Sci. Technol.* 2003, **37**, 4617.
15. Moschet, C.; Wittmer, I.; Simovic, J.; Junghans, M.; Piazzoli, A.; Singer, H.; Stamm, C.; Leu, C.; Hollender, J.; *Environ. Sci. Technol.* 2014, **48**, 5423.
16. Kiefer, K.; Müller, A.; Singer, H.; Hollender, J.; *Water Res.* 2019, **165**, 114972.
17. Angeles, L. F.; Islam, S.; Aldstadt, J.; Saqeeb, K. N.; Alam, M.; Khan, M. A.; Johura, F. T.; Ahmed, S. I.; Aga, D. S.; *Sci. Total Environ.* 2020, **712**, 136285.
18. Kessner, D.; Chambers, M.; Burke, R.; Agus, D.; Mallick, P.; *Bioinformatics* 2008, **24**, 2534.
19. Smith, C. A.; Want, E. J.; Maille, G. O.; Abagyan, R.; Siuzdak, G.; *Anal. Chem.* 2006, **78**, 779.
20. Tautenhahn, R.; Patti, G. J.; Rinehart, D.; Siuzdak, G.; *Anal. Chem.* 2012, **84**, 5035.
21. Pluskal, T.; Castillo, S.; Villar-Briones, A.; Orešič, M.; *BMC Bioinformatics* 2010, 11.
22. Clasquin, M. F.; Melamud, E.; Rabinowitz, J. D.; *Curr. Protoc. Bioinformatics* 2012, 14.
23. 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.
24. Miller, J. N.; Miller, J. C.; *Statistics and chemometrics for analytical chemistry*. 6th ed. Harlow: Prentice Hall, 2010
25. 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 na Resolução CONAMA 396 e que serão analisados pela proposta desse projeto pelas técnicas de cromatografia líquida e gasosa. Cada analito será analisado de acordo com a técnica indicada.

	Composto	Nº CAS	Classe	Limite de Quantificação Praticável - LQP µg.L ⁻¹	Cromatografia Líquida	Cromatografia Gasosa
1	Acrilamida	79-06-1	VOC	0,15	x ^{1,2}	
3	Benzo(a)antraceno	56-55-3	HPA	0,15		x
4	Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	HPA	0,15		x
5	Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	HPA	0,15		x
6	Benzo(a)pireno	50-32-8	HPA	0,15		x
7	Cloreto de vinila	75-01-4	VOC e OCC	2		x
8	Clorofórmio	67-66-3	VOC e OCC	5		x
9	Criseno	218-01-9	HPA	0,15		x
10	Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	HPA	0,15		x
11	Diclorometano	75-09-2	VOC e OCC	10		x
12	Estireno	100-42-5	VOC	5		x
13	Etilbenzeno	100-41-4	VOC	5		x
14	Pentaclorofenol	87-86-5	OCC	10	x	
15	2,4,6 Triclorofenol	88-06-2	OCC	10	x	
16	2,4 Diclorofenol	120-83-2	OCC	10	x	
17	Indeno(1,2,3)pireno	193-39-005	HPA	0,15		x



	Composto	Nº CAS	Classe	Limite de Quantificação Praticável - LQP µg.L⁻¹	Cromatografia Líquida	Cromatografia Gasosa
18	2,4,4'-Triclorobifenila	7012-37-5	OCC	0,01		x
19	2,2',5,5'- Tetraclorobifenila	35693-99-3	OCC	0,01		x
20	2,2',4,5,5'-Pentaclorobifenila	37680- 73-2	OCC	0,01		x
21	2,3',4,4',5-Pentaclorobifenila	31508-00-6	OCC	0,01		x
22	2,2',3,4,4',5'- Hexaclorobifenila	35056-28-2	OCC	0,01		x
23	2,2'4,4',5,5'- Hexaclorobifenila	3505-27-1	OCC	0,01		x
24	2,2',3,4,4',5,5'- Heptaclorobifenila	35065-29-3	OCC	0,01		x
25	1,2,4-Triclorobenzeno	120-82-1	VOC e OCC	5		x
26	1,3,5-Triclorobenzeno	108-70-3	VOC e OCC	5		x
27	1,2,3-Triclorobenzeno	87-61-6	VOC e OCC	5		x
28	Alaclor	15972-60-8	AGR e OCC	0,1		x
29	Aldicarb	116-06-3	AGR	3	x ^{1,2}	
30	Aldicarb sulfona	1646-88-4	AGR	3	x ^{1,2}	
31	Aldicarb sulfóxido	1646-87-3	AGR	3	x ^{1,2}	
32	Aldrin +	309-00-2	AGR e OCC	0,005		x
33	Dieldrin	60- 57-1	AGR e OCC	0,005		x
34	Atrazina	1912-24-9	AGR	0,5	x ^{1,2}	
35	Bentazona	25057-89-0	AGR	30	x ^{1,2}	
36	Carbofuran	1563-66-2	AGR	5	x ^{1,2}	
37	<i>cis</i> -Clordano	5103-71-9	AGR e OCC	0,01		x
38	<i>trans</i> -Clordano	5103-74-2	AGR e OCC	0,01		x



	Composto	Nº CAS	Classe	Limite de Quantificação Praticável - LQP µg.L⁻¹	Cromatografia Líquida	Cromatografia Gasosa
39	Clorotalonil	1897-45-6	AGR	0,1		x
40	Clorpirifós	2921-88-2	AGR	2		x
41	2,4-D	94-75-7	AGR	2	x ^{1,2}	
42	p,p'- DDT	50-29-3	OCC e AGR	0,01		x
43	p,p'-DDE	72-55-9	OCC e AGR	0,01		x
44	p,p'- DDD	72-54-8	OCC e AGR	0,01		x
45	Endosulfan I	959-98-8	AGR	0,02		x
46	Endosulfan II	33213-65-9	AGR	0,02		x
47	Endosulfan sulfato	1031-07-8	AGR	0,02		x
48	Endrin	72-20-8	AGR	0,01		x
49	Glifosato + Ampa	1071-83-6	AGR	30	x ^{1,2}	
50	Heptacloro	76-44-8	OCC	0,01		x
51	Heptacloro epóxido	1024-57-3	OCC	0,01		x
52	Hexaclorobenzeno	118-74-1	OCC	0,01		x
53	Lindano (gama- BHC)	58-89-9	OCC e AGR	0,01		x
54	Malation	121-75-5	AGR	2	x ²	
55	Metolacloro	51218-45-2	AGR	0,1	x ²	
56	Metoxicloro	72-43-5	AGR	0,1		x
57	Molinato	2212-67-1	AGR	5	x ²	
58	Pendimetalina	40487-42-1	AGR	0,1	x ²	
59	Permetrina	52645-53-1	AGR	10		x



	Composto	Nº CAS	Classe	Limite de Quantificação Praticável - LQP µg.L⁻¹	Cromatografia Líquida	Cromatografia Gasosa
60	Propanil	709-98-8	AGR	10		x
61	Simazina	122-34-9	AGR	1	x ^{1,2}	
62	Trifluralina	1582-09-8	AGR	0,1	x ^{1,2}	

(1) Efeito organoléptico;

(2) Máxima concentração de substância na água de irrigação em 100 anos de irrigação (proteção de plantas e outros organismos).





TERMO DE COMPROMISSO ÉTICO E DE CONFIDENCIALIDADE

RODINEI AUGUSTI, RG 16972136-X, CPF 027668918-62 (Pesquisador-Coordenador), (CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA No 14/2019 COLETA E ANÁLISE DE COMPOSTOS ORGÂNICOS EM ÁGUA SUBTERRÂNEA), 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 *amicicuriaes*, o MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, DEFENSORIA PÚBLICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS, DEFENSORIA PÚBLICA 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 *amicicuriaes* nos processos indicados *acima*, ou em processos movidos contra quaisquer das partes ou *amicicuriaes* 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 *amicuriae* 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 *amicuriae* 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 *amicuriae* 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 *amicuriae* descritos **acima**, em juízo ou fora dele;
- f) NÃO É sócio ou membro de direção ou de administração de quaisquer das partes ou *amicuriae* descritos **acima**;
- g) NÃO É herdeiro presuntivo, donatário ou empregador de quaisquer das partes ou *amicuriae* descritos **acima**;
- h) NÃO É empregado ou tenha qualquer relação de subordinação ou dependência com quaisquer das partes ou *amicuriae* descritos **acima**;
- i) NÃO prestou serviços relacionados com o rompimento da Barragem da Mina "Córrego do Feijão" a quaisquer das partes ou *amicuriae* 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 *amicuriae* descritos **acima**;
- k) NÃO tem em curso a ação contra quaisquer das partes ou *amicuriae* descritos **acima**, ou seu advogado;
- l) NÃO É amigo íntimo ou inimigo de quaisquer das partes ou *amicuriae* 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 *amicuriae* 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 *amicuriae* descritos **acima**;
- o) NÃO TEM interesse direto no julgamento dos processos em favor de quaisquer das partes ou *amicuriae* descritos **acima**.

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

BELO HORIZONTE, 03 de Junho de 2020



PROF. RODINEI AUGUSTI

TERMO DE COMPROMISSO ÉTICO E DE CONFIDENCIALIDADE

Vinícius Pires Gonçalves, RG 47.771.741-X, CPF 388.859.618-19, (Bolsista/Estudante de mestrado), (CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA Nº 14/2019 COLETA E ANÁLISE DE COMPOSTOS ORGÂNICOS EM ÁGUA SUBTERRÂNEA), 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 PÚBLICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS, DEFENSORIA PÚBLICA 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 irretroatável, e o seu não cumprimento acarretará todos os efeitos de ordem penal, civil e administrativa contra seus transgressores.

BELO HORIZONTE, **30/05/2020**.



Vinicius Pires Gonçalves

TERMO DE COMPROMISSO ÉTICO E DE CONFIDENCIALIDADE

Adriana Nori de Macedo, RG 43.315.910-8, CPF 351.747.438-01, pesquisadora, CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA NO. 14/2019 COLETA E ANÁLISE DE COMPOSTOS ORGÂNICOS EM ÁGUA SUBTERRÂNEA, 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 *amicicuriaes*, o MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, DEFENSORIA PÚBLICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS, DEFENSORIA PÚBLICA 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 *amicicuriaes* nos processos indicados **acima**, ou em processos movidos contra quaisquer das partes ou *amicicuriaes* 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 *amicicuriae* 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 *amicicuriae* 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 *amicicuriae* 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 *amicicuriae* descritos **acima**, em juízo ou fora dele;
- f) NÃO É sócio ou membro de direção ou de administração de quaisquer das partes ou *amicicuriae* descritos **acima**;
- g) NÃO É herdeiro presuntivo, donatário ou empregador de quaisquer das partes ou *amicicuriae* descritos **acima**;
- h) NÃO É empregado ou tenha qualquer relação de subordinação ou dependência com quaisquer das partes ou *amicicuriae* descritos **acima**;
- i) NÃO prestou serviços relacionados com o rompimento da Barragem da Mina "Córrego do Feijão" a quaisquer das partes ou *amicicuriae* 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 *amicicuriae* descritos **acima**;
- k) NÃO tem em curso a ação contra quaisquer das partes ou *amicicuriae* descritos **acima**, ou seu advogado;
- l) NÃO É amigo íntimo ou inimigo de quaisquer das partes ou *amicicuriae* 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 *amicicuriae* 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 *amicuriae* descritos **acima**;
- o) NÃO TEM interesse direto no julgamento dos processos em favor de quaisquer das partes ou *amicuriae* descritos **acima**.

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

BELO HORIZONTE, **31 de maio de 2020**.

Adriana Nori de Macedo

PROF(A).

ADRIANA NORI DE MACEDO