

estrutura vetorial devem estar disponíveis, preferencialmente, em formato *shapefile*. Já os arquivos de estrutura matricial devem adotar o formato *Tagged Image File Format* (.tiff), como exposto. O Sistema de Referência Geodésico utilizado na produção dos dados geoespaciais deverá ser o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas do ano 2000 (SIRGAS2000). Os arquivos contendo os dados geoespaciais devem vir acompanhados dos seus respectivos metadados, atendendo os requisitos da Resolução CONCAR nº 001 de 2009.

São produtos a entregar, com correspondência a essa chamada:

1. Plano Preliminar de Trabalho para a execução das tarefas, contendo fundamentação, referenciais metodológicos e de materiais, especificação dos produtos (e possíveis compras necessárias, como as imagens de satélite) e apresentar o cronograma das atividades a serem desenvolvidas (planejamento das atividades de gabinete e de campo) e das entregas dos produtos (os mapeamentos).
2. Planejamento do levantamento de pontos amostrais em campo, para fins de validação da classificação (e, se necessário, também para o treinamento do algoritmo de classificação).
3. Fluxograma das relações do trabalho da equipe que fará os mapeamentos, incluindo todos os bolsistas.
4. Apresentação do fluxograma com conexão das etapas realizadas para a composição da produção cartográfica demandada nessa chamada.
5. Arquivos vetoriais, em formato *shapefile*, com metadados e a expressão dos atributos em tabulação elaborada no Excel, correspondente a todos os arquivos gerados durante os processamentos realizados, incluindo temporários (treinamentos) e finais, a fim de compor base de dados que permita a consulta e formação de inventário referente aos mapeamentos.
6. Apresentar, no planejamento, a sistematização da organização das pastas que compõem as bases de dados vetoriais e matriciais que serão entregues.
7. Relatório Técnico nos formatos Word e *Portable Document Format* (PDF) que apresentem e descrevam todas as etapas realizadas, desde a compra de imagens, definição das metodologias de classificação, pontos amostragem, dentre outros, contendo todo o percurso de fluxo de trabalho; o mesmo se aplica para as saídas de campo empreendidas pelo analista e equipe de analistas. Anexar e descrever relatório fotográfico, georreferenciado das ações em campo.
8. Arquivos .gtm, .grm, .kml, .kmz, .gpx e .dbx, quais sejam que componham pontos e trilhas de campo, prévios e coletados *in loco*, como memória de coordenadas ou pontos amostrais visitados e estudados em campo, exportados de aparelhos de localização GPS.
9. Arquivos matriciais, raster, originais, adquiridos por VANT e por satélite, com referência das datas de coleta e aquisição e suas respectivas fontes, com composição de metadados, com a identificação das bandas, resoluções, sistema de projeção, *datum* e atributos, em composição de banco de dados.
10. Arquivos matriciais, raster processados e pós-processados durante a classificação de imagens e relativos ao mapeamento.
11. Arquivos-fonte relativos aos procedimentos, processos, método e metodologias, árvores de decisão, matrizes de confusão, resultados das etapas de acurácia individual e global e de todos os processos envolvidos, associados aos *softwares*

utilizados pelo analista para as etapas de classificação, processamento digital das imagens e para o mapeamento.

12. Memorial descritivo de todas as etapas desenvolvidas. Relatórios parcial (decorrido 30 dias de projeto, a partir da assinatura do contrato) e final desse memorial (contados 60 dias da assinatura do contrato).
13. Apresentação da licença de cada *software* utilizado para todos os processamentos. Quando do uso de *software* livre, caracterizá-lo com a atribuição dos créditos aos desenvolvedores e/ou da plataforma que o disponibilizou, informando versões, uso de *plug-ins*, complementos e em qual ou quais sistemas operacionais instalados e utilizados.
14. Relatório técnico final contendo o histórico completo dos projetos, em meio digital e impresso, com os mapas e imagens impressos em formatos e escala adequada (incluindo grandes formatos, iguais ou superiores ao A2) para uso nos estudos posteriores do Comitê Técnico-Científico. Apresentar a fundamentação teórica, seleções metodológicas, objetivos pretendidos e alcançados, resultados e discussões.
15. Entrega dos mapas gerados em todos os processos e mapas finais, em formato digital, com as extensões de saída apropriadas (exemplos: .geotiff, .jpg, .jp2), sendo que a entrega em formato .pdf, é obrigatória.
16. Cálculo de todas áreas correspondentes à cada classe usada para os mapeamentos de uso e cobertura, definidos nessa chamada no item 2.3.
17. Entrega em mídia digital e nuvem dos arquivos de todos os projetos gerados, em cada *software* trabalhado, que atestem a composição da realização de todas as tarefas constantes e descritas no relatório final e nos memoriais apresentados mensalmente, tratando-se de complemento ao banco de dados desenvolvido.

2.5. PRAZOS

Todos os resultados deverão ser entregues após a contagem de 60 (sessenta) dias corridos da data de assinatura do contrato entre as partes. O relatório parcial deve ser apresentado contados 30 dias da assinatura do contrato, a fim de conferir conhecimento sobre o andamento das tarefas desenvolvidas para o projeto dos três mapeamentos.

3. REQUISITOS PARA CANDIDATURA

Poderão ser proponentes:

- a) Docentes do Quadro Permanente em efetivo exercício na UFMG; ou
- b) Docentes do Quadro Permanente em efetivo exercício na UFMG em parceria com outras Instituições de Ensino e Pesquisa ou seus pesquisadores.

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

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



4. IMPEDIMENTOS PARA COORDENAÇÃO OU PARTICIPAÇÃO EM EQUIPE EXECUTORA DO SUBPROJETO

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

- a) figura como parte ou *amicus curiae* nos processos indicados no item 1 desta Chamada, ou em processos movidos contra quaisquer das partes ou *amicus curiae* nos processos indicados no item 1 desta Chamada, relacionados com o rompimento da Barragem da Mina “Córrego do Feijão”;
- b) interveio como mandatário ou auxiliar de qualquer natureza de quaisquer das partes ou *amicus curiae* indicadas item 1 desta Chamada, em atos relacionados com o rompimento da Barragem da Mina “Córrego do Feijão”, ou oficiou como perito ou prestou depoimento como testemunha neste caso;
- c) for cônjuge ou companheiro, ou qualquer parente, consanguíneo ou afim, em linha reta ou colateral, até o terceiro grau, inclusive, de qualquer das partes ou *amicus curiae* descritos item 1 desta Chamada, do Juízo e de membros do CTC do **Projeto Brumadinho-UFMG**;
- d) formulou pedidos relacionados com o rompimento da Barragem da Mina “Córrego do Feijão” a quaisquer das partes ou *amicus curiae* descritos item 1 desta Chamada, em juízo ou fora dele; ou ainda, seja cônjuge ou companheiro, ou parente, consanguíneo ou afim, em linha reta ou colateral, até o terceiro grau, de quem tenha formulado pedidos relacionados com o rompimento da Barragem da Mina “Córrego do Feijão” a quaisquer das partes ou *amicus curiae* descritos item 1 desta Chamada, em juízo ou fora dele;
- e) for sócio ou membro de direção ou de administração de quaisquer das partes ou *amicus curiae* descritos item 1 desta Chamada;
- f) for herdeiro presuntivo, donatário ou empregador de quaisquer das partes ou *amicus curiae* descritos item 1 desta Chamada;
- g) seja empregado ou tenha qualquer relação de subordinação ou dependência com quaisquer das partes ou *amicus curiae* descritos item 1 desta Chamada;
- h) prestou serviços relacionados com o rompimento da Barragem da Mina “Córrego do Feijão” a quaisquer das partes ou *amicus curiae* descritos item 1 desta Chamada;
- i) seja cônjuge, companheiro ou parente, consanguíneo ou afim, em linha reta ou colateral, até o terceiro grau, inclusive, de advogados ou representantes das partes ou *amicus curiae* descritos item 1 desta Chamada;
- j) tiver em curso a ação contra quaisquer das partes ou *amicus curiae* descritos item 1 desta Chamada, ou seu advogado;
- k) for amigo íntimo ou inimigo de quaisquer das partes ou *amicus curiae* descritos item 1 desta Chamada, bem como de seus advogados;
- l) recebeu presentes de pessoas que tiverem interesse na causa antes ou depois de iniciado o processo, que aconselhar alguma das partes ou *amicus curiae* descritos item 1 desta Chamada acerca do objeto da causa ou que subministrar meios para atender às despesas do litígio;

- m) tiver como credor ou devedor, de seu cônjuge ou companheiro ou de parentes destes, em linha reta até o terceiro grau, inclusive, quaisquer das partes ou *amicus curiae* descritos item 1 desta Chamada
- n) tiver interesse direto no julgamento dos processos em favor de quaisquer das partes ou *amicus curiae* descritos item 1 desta Chamada.

5. SUBMISSÃO DA PROPOSTA E CRONOGRAMA

Cada proponente poderá participar de apenas uma proposta para a presente Chamada.

As propostas deverão conter:

- a) descrição das etapas e atividades a serem desenvolvidas;
- b) sequência e cronograma das etapas e atividades;
- c) programação de despesas, aquisição de equipamentos e serviços de terceiros; e
- d) programação de entrega de relatórios parciais, finais e de apresentações;
- e) definição de indicadores de cumprimento de atividades e fases.

As propostas de Subprojeto da presente chamada deverão ser acompanhadas dos respectivos Planos de Trabalho contendo identificação do objeto a ser executado, metas a serem atingidas, etapas ou fases de execução, plano de aplicação dos recursos financeiros, cronograma de desembolso, previsão de início e fim da execução do objeto, bem assim da conclusão das etapas ou fases programadas e de outra documentação pertinente, conforme o caso, aplicando-se no que couber o disposto no §1º do art. 116, da Lei nº 8.666/93.

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

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

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

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

CRONOGRAMA	
APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS	ATÉ 28/11/2019
RESULTADO PRELIMINAR	ATÉ 02/12/2019
INTERPOSIÇÃO DE RECURSO	ATÉ 12/12/2019
RESULTADO FINAL	ATÉ 16/12/2019



6. AVALIAÇÃO DAS PROPOSTAS

As propostas serão avaliadas coletivamente pelo CTC do **Projeto Brumadinho-UFMG**.

6.1. COMITÊ TÉCNICO CIENTÍFICO

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

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

Todos os Subprojetos a serem realizados dependem de aprovação do Juízo para execução, incluindo estimativas de prazos e orçamento. Aprovados pelo juízo, os Subprojetos terão execução supervisionada pelo CTC.

O CTC é composto pelos Profs. Claudia Mayorga (Ciências Humanas), Fabiano Teodoro Lara (Ciências Sociais Aplicadas), Ricardo Machado Ruiz (Ciências Sociais Aplicadas), Efigênia Ferreira e Ferreira (Ciências da Saúde); Adriana Monteiro da Costa (Geociências); Claudia Carvalhinho Windmüller (Química Ambiental), Carlos Augusto Gomes Leal (Ciências Agrárias) e Gustavo Simões (Engenharia).

6.2. AVALIAÇÃO E SELEÇÃO

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

As propostas serão analisadas em três etapas:

6.2.1 Enquadramento: as propostas submetidas serão analisadas pelo Comitê Técnico-Científico (CTC) do **Projeto Brumadinho-UFMG** para verificar se atendem aos termos do presente Edital. Esta etapa é eliminatória.

6.2.2 Mérito: cada proposta enquadrada será analisada quanto ao mérito técnico, científico, relevância, estruturação e adequação metodológica, orçamento e qualificação da equipe, e será classificada em ordem de prioridade. As propostas serão classificadas e recomendadas ao juízo por ordem de classificação.

6.2.3 Homologação: as propostas recomendadas e classificadas na etapa anterior pelo Comitê Técnico-Científico (CTC) do **Projeto Brumadinho-UFMG**, serão encaminhadas ao juízo, que decidirá sobre a contratação de uma ou mais classificadas, quando houver.

6.3 Os critérios de julgamento das propostas apresentadas são:

6.3.1 Consistência, mérito, viabilidade do conteúdo e adequação da metodologia da proposta;

6.3.2 Competência e experiência prévia dos Coordenadores na área do Subprojeto proposto;

6.3.3 Qualificação da equipe para execução do Subprojeto;

6.3.4 Plano(s) de trabalho(s) do(s) bolsista(s);

6.3.5 Viabilidade de execução do Subprojeto;



6.3.6 Adequação dos aparelhos, equipamentos e espaço físico, previstos e orçados para o funcionamento e operacionalização efetiva do Subprojeto;

6.3.7 Adequação do cronograma físico-financeiro e do orçamento proposto;

O resultado será divulgado pelo endereço eletrônico, e por email diretamente ao Coordenador dos projetos indicados ao juízo para contratação.

7. ITENS FINANCIÁVEIS

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

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

- a) equipamentos e material permanente;
- b) material de consumo (incluindo aquisição de livros);
- c) serviços de terceiros;
- d) software;
- e) passagens e diárias, conforme valores definidos pelo Decreto no 6.907/2009;
- f) bolsas, conforme tabela abaixo;
- g) manutenção de equipamentos;
- h) despesas acessórias de importação;
- i) despesas operacionais.

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

7.3 Os valores das Bolsas para Coordenadores, Professores e Estudantes vinculados aos Subprojetos são os seguintes:

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

P1 - Professor Extensionista/Pesquisador Sênior é Pesquisador com experiência e trajetória acadêmica equivalente ou superior à de Professor Titular em Universidades Federais.

P2 - Professor Extensionista/Pesquisador Doutor é Pesquisador com trajetória acadêmica equivalente à de Professor Adjunto ou Associado em Universidades Federais.

P3 - Pós-Doutorado Sênior é Doutor diplomado há mais de cinco anos.

P4 - Pós-Doutorado Júnior é Doutor diplomado há menos de cinco anos.

P5 - Professor Pesquisador/Extensionista ou Técnico Mestre é especializado vinculado ao projeto com Mestrado ou Doutorado concluído antes do início do período da bolsa.

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

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

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

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

8. ATRIBUIÇÕES DOS COORDENADORES

São atribuições do Coordenador do Subprojeto selecionado:

- a) Responsabilizar-se pela execução das atividades do Subprojeto, conforme proposto e contratado (Anexo I).
- b) Responsabilizar-se pela alocação de todos os recursos do projeto.
- c) Constituir a equipe de execução do Subprojeto, observando os impedimentos constantes do item 4 da presente Chamada.
- d) Coordenar, orientar e supervisionar a equipe do Subprojeto.
- e) Coordenar, orientar e supervisionar a execução de serviços terceiros contratados pelo Subprojeto.
- f) Responsabilizar-se pela elaboração de relatórios e apresentação de resultados.
- g) Responsabilizar-se pelo atendimento das demandas do Comitê Técnico-Científico do **Projeto Brumadinho-UFMG** e do Juízo.

9. DISPOSIÇÕES GERAIS

Para inscrição é necessária a comprovação de submissão do Subprojeto ao Departamento correspondente, conforme normas internas da UFMG. É obrigatória, para a contratação e implementação do Subprojeto, as aprovações da proposta pela Câmara Departamental e Congregação da Unidade ou estruturas equivalentes. O Subprojeto deverá ser registrado



no Sistema de Informação da Extensão (SIEX) disponível no endereço eletrônico www.ufmg.br/proex.

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

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

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

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

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

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

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

Sempre que solicitado, o Coordenador principal deverá prestar os esclarecimentos requeridos pelo CTC a respeito de quaisquer aspectos relativos ao andamento do projeto.

O CTC poderá, de ofício ou por determinação do juízo, reajustar o cronograma físico-financeiro tendo como base a análise decorrente da supervisão e da avaliação das ações.

O CTC acompanhará a execução Subprojetos em todas as suas fases. Os indicadores de cumprimento de atividades e fases propostos serão considerados, mas não exclusivamente, podendo outros elementos relevantes ser levados em consideração.

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

Os casos não previstos nesta chamada serão resolvidos pelo CTC.

ANEXO I – Contrato

ANEXO II – Termo Ético e de Confidencialidade



ANEXO I – Contrato

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

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

CLÁUSULA PRIMEIRA – DO OBJETO

Constitui objeto deste instrumento a contratação da Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – FUNDEP com a finalidade de dar apoio ao Subprojeto “Construção, manutenção e alimentação de plataforma interativa”, relativo ao “Termo de Cooperação Técnica nº 037/19-00, firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, com interveniência da Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – FUNDEP”.

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

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

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

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

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

Parágrafo Terceiro - São obrigações da Contratada:

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



- II- receber e administrar os recursos destinados à execução do Subprojeto, em conta bancária específica e individualizada para a presente contratação;
- III - responsabilizar-se pelo recolhimento de impostos, taxas, contribuições e outros encargos porventura devidos em decorrência da presente contratação, apresentando os respectivos comprovantes ao setor competente da Contratante;
- IV - responsabilizar-se pela contratação, fiscalização e pagamento do pessoal porventura necessário à execução do objeto do presente contrato;
- V - aplicar no mercado financeiro, por meio de instituições oficiais, os recursos administrados com base no presente instrumento, devendo posteriormente empregá-los, junto com o respectivo rendimento, exclusivamente na execução do Subprojeto de que trata a Cláusula Primeira, observando a prescrição do item 4.2, da Cláusula Quarta, do Termo de Cooperação Técnica nº 037/19-00, firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, em que a Contratada figura como interveniente;
- VI - restituir ao Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, ao final do contrato, eventual saldo remanescente, monetariamente corrigido e acrescido dos rendimentos percebidos, observando a prescrição do item 4.6, da Cláusula Quarta, do Termo de Cooperação Técnica nº 037/19-00, firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, em que a Contratada figura como interveniente;
- VII – recolher, mediante depósito na conta única do Tesouro Nacional/UFMG – conta nº ..., agência nº ..., código identificador nº ..., até o ... (...) dia útil do mês subsequente à arrecadação, os valores resultantes da aplicação do disposto na Resolução nº 10/95, do Conselho Universitário;
- VIII - responder pelos prejuízos causados à Contratante, em razão de culpa ou dolo de seus empregados ou prepostos;
- IX - respeitar e fazer com que seu pessoal cumpra as normas de segurança do trabalho e demais regulamentos vigentes nos locais em que estiverem trabalhando;
- X - facilitar, por todos os meios ao seu alcance, a ampla ação fiscalizadora da Contratante, atendendo prontamente às solicitações por ela apresentadas;
- XI - responsabilizar-se pela guarda dos documentos relativos ao presente instrumento;
- XII - observar rigorosamente o disposto no Decreto nº 8.241, de 21 de maio de 2014, no que tange à aquisição de serviços, materiais e equipamentos necessários à execução do Subprojeto referido na cláusula Primeira deste contrato;
- XIII - transferir, de imediato, à Contratante, a posse e uso dos materiais de consumo e bens duráveis adquiridos para execução do Subprojeto referido na Cláusula Primeira;
- XIV - formalizar doação à Contratante, sem qualquer encargo, dos bens e equipamentos adquiridos para execução do Subprojeto, observado o disposto na Cláusula Sexta do Termo de Cooperação Técnica nº 037/19-00, firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, em que a Contratada figura como interveniente;
- XV – ressarcir à Contratante no caso de uso de bens e serviços próprios da instituição apoiada, para execução do Subprojeto a que se refere a Cláusula Primeira;



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

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

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

Parágrafo Quarto: São obrigações da Contratante:

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

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

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

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

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

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

CLÁUSULA TERCEIRA - DA COORDENAÇÃO/ FISCALIZAÇÃO

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

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

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

A Contratada fará jus à importância de R\$... (...), a título de remuneração pelos custos operacionais por ela incorridos, decorrentes do apoio ao Subprojeto a que se refere a Cláusula Primeira.

Parágrafo Primeiro – A importância acima integra o orçamento do Subprojeto a que se refere a Cláusula Primeira, e respeita o disposto item 9.3 da Cláusula Nona do Termo de



Cooperação técnica nº 037/19-00, firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, em que a contratada figura como interveniente.

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

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

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

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

CLÁUSULA QUINTA - DA DOTAÇÃO ORÇAMENTÁRIA

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

CLÁUSULA SEXTA – DOS VALORES DO SUBPROJETO

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

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

CLÁUSULA SÉTIMA - DA DISPENSA DO PROCEDIMENTO LICITATÓRIO

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

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

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



contratação.

CLÁUSULA NONA - PUBLICIDADE

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

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

CLÁUSULA DEZ – DA VIGÊNCIA

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

CLÁUSULA ONZE - DAS PENALIDADES

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

I - advertência;

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

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

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

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

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

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

CLÁUSULA DOZE - DA RESCISÃO/DIREITOS DA ADMINISTRAÇÃO

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

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

CLÁUSULA TREZE - DO FORO

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



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

Belo Horizonte, de de .

Prof. XXXXXXXXXXXX
Diretor XXXXXXXXXXXXXXXX

Prof. XXXXXXXXXXXXXXXX
Presidente da XXXXXXXXX

Testemunhas

1. _____
(Fundação)

2. _____
(Coordenador do Subprojeto)



ANEXO II – Termo Ético e de Confidencialidade

Termo Ético e de Confidencialidade a ser firmado por todas pessoas físicas ou jurídicas que de qualquer forma trabalharem no Subprojeto “Construção, manutenção e alimentação de plataforma interativa”.

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

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

O declarante tem ciência de que as atividades desenvolvidas serão utilizadas em ações judiciais movidas pelo MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS e pelo ESTADO DE MINAS GERAIS, representado pela Advocacia Geral do Estado - AGE, estando também habilitados no polo ativo dos processos, como *amici curiae*, o MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, DEFENSORIA PUBLICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS, DEFENSORIA PUBLICA DA UNIÃO EM MINAS GERAIS e a ADVOCACIA GERAL DA UNIÃO – AGU, contra a VALE S. A. (autos 5000121-74.2019.8.13.0054, 5010709-36.2019.8.13.0024, 5026408-67.2019.8.13.0024, 5044954-73.2019.8.13.0024) que tramitam perante o Juízo da 6ª Vara 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 *amicus curiae* nos processos indicados *acima*, ou em processos movidos contra quaisquer das partes ou *amicus 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 *amicus 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 *amicus curiae* descritos **acima**, do Juízo e de membros do CTC do **Projeto Brumadinho-UFMG**;
- e) NÃO formulou pedidos relacionados com o rompimento da Barragem da Mina “Córrego do Feijão” a quaisquer das partes ou *amicus 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 *amicus curiae* descritos **acima**, em juízo ou fora dele;
- f) NÃO É sócio ou membro de direção ou de administração de quaisquer das partes ou *amicus curiae* descritos **acima**;
- g) NÃO É herdeiro presuntivo, donatário ou empregador de quaisquer das partes ou *amicus curiae* descritos **acima**;
- h) NÃO É empregado ou tenha qualquer relação de subordinação ou dependência com quaisquer das partes ou *amicus curiae* descritos **acima**;
- i) NÃO prestou serviços relacionados com o rompimento da Barragem da Mina “Córrego do Feijão” a quaisquer das partes ou *amicus 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 *amicus curiae* descritos **acima**;
- k) NÃO tem em curso a ação contra quaisquer das partes ou *amicus curiae* descritos **acima**, ou seu advogado;
- l) NÃO É amigo íntimo ou inimigo de quaisquer das partes ou *amicus 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 *amicus 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 *amicus curiae* descritos **acima**;
- o) NÃO TEM interesse direto no julgamento dos processos em favor de quaisquer das partes ou *amicus 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, DATA.

NOME COMPLETO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA PESSOA



PROPOSTAS APRESENTADAS



MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DO SOLO NA SUB- BACIA DO RIBEIRÃO FERROCARVÃO, BRUMADINHO-MG Projeto Brumadinho-UFMG 2019

UFMG

UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MINAS GERAIS



Programa de Pós-Graduação em
Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais
UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MINAS GERAIS
Av. Antônio Carlos 6621,
Belo Horizonte, MG, 31270-901
Tel. 51 31 34 09 5404 3049-5494
modelagem@pqs.ufmg.br
www.ccc.ufmg.br/modelagem



SUMÁRIO

Conteúdo

1. INTRODUÇÃO.....	2
1.1 Caracterização do problema e síntese da solução proposta.....	2
1.2 Viabilidade e Mérito da Proposta:.....	3
1.3. OBJETIVOS	4
Os objetivos específicos são:	4
2. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS E ATIVIDADES	5
2.1 Aquisição e Análise das Imagens Multitemporais.....	5
2.2 Controle de Qualidade Posicional das Imagens	6
2.3 Definição das Classes	6
2.4 Controle de Qualidade Temática	7
2.5 Espacialização das Áreas de Proteção Ambiental.....	8
2.6 Ferramentas de Inteligência Artificial	9
3. METODOLOGIA	10
3.1 Aquisição e Preparação das Imagens.....	11
3.2 Classificação da Cobertura e Uso do Solo.....	12
3.3 Análises e Quantificações.....	13
3.4 Classificador por Inteligência Artificial	14
3.5 Compilação dos Mapas	15
3.6 Finalização e Entrega dos Produtos.....	16
4. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES	17
5. ORÇAMENTO.....	18
6. CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO.....	19
7. INDICADORES DE CUMPRIMENTO DAS ATIVIDADES	19
8. EQUIPE DO PROJETO.....	19
8.1 Coordenação Geral.....	19
8.2 Equipe - Professores.....	20
8.3 Equipe - Estudantes.....	25
8.4 Plano de Trabalho dos Bolsistas	27
9. INFRAESTRUTURA	28
10. REFERÊNCIAS	28



1. INTRODUÇÃO

1.1 Caracterização do problema e síntese da solução proposta

Em janeiro de 2019, pouco mais de três anos após o rompimento da barragem de Fundão, no município de Mariana, Brumadinho tornou-se palco de um dos maiores desastres de rompimento de barragem de rejeitos de mineração da história. O colapso da barragem I da Mina Córrego do Feijão, controlada pela empresa Vale S.A, gerou uma onda de lama com um volume de 11,7 milhões de metros cúbicos de rejeitos que atingiu a área administrativa da mina, bem como a comunidade da vila Ferteco e propriedades no entorno do ribeirão Ferro-Carvão, causando a morte de 253 pessoas, 17 desaparecidos, além de graves impactos ambientais, sociais, econômicos e em patrimônios por toda a bacia a jusante do Rio Paraopeba e parte do Rio São Francisco.

No intuito de apoiar as decisões jurídicas sobre o ocorrido por meio da ciência, foi concebido o “Projeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do colapso da Barragem da Minas Córrego Feijão” (Projeto Brumadinho-UFMG), aprovado em audiência e consolidado mediante o termo de Cooperação Técnica N° 037/19, firmado entre a UFMG e o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte. O projeto visa auxiliar o Juízo a identificar e avaliar os impactos resultantes do rompimento da barragem em diversas temáticas e escalas, apresentando as necessidades de recuperação e reconstrução ao longo da área de influência do desastre. Um Comitê Técnico Científico foi organizado, composto por profissionais da UFMG de diversas áreas do conhecimento, os quais são responsáveis pela coordenação das ações desenvolvidas no âmbito do projeto, realizando “Chamadas” que tenham pertinência com os objetivos do Projeto Brumadinho-UFMG.

Neste sentido, foi divulgada a “Chamada Pública Interna Induzida N° 02/2019” a qual trata da proposição para a realização de mapeamentos de uso e cobertura do solo em três momentos distintos na bacia. Esta proposta visa atender à demanda apresentada nesta chamada pública por meio de uma equipe multidisciplinar da UFMG, liderada pelo Instituto de Geociências, através dos Programas de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Ciências Ambientais, com a participação de professores dos Departamentos de Cartografia, Geologia e Geografia (IGC), Ciências da Computação (ICEX).

Cabe ressaltar que a presente proposta foi dimensionada para prover informações precisas para subsidiar análises técnicas e ações judiciais, não apenas no tocante a veracidade das classes da cobertura e do uso do terreno e da dimensão temporal, mas sobretudo da veracidade geométrica das imagens e das demais informações geográficas que compõem a base das análises. Ao contrário das informações crescentes sobre o poder das imagens orbitais e aero levantadas e suas respectivas facilidades de uso, há uma série de considerações e processamentos que devem ser cuidadosamente considerados quando o objetivo do mapeamento é prover o posicionamento e métricas de área e volume das feições do terreno. A geometria das imagens (pelo aspecto cônico da formação das cenas) apresenta distorções que impactam severamente a qualidade do



mapeamento. Outro fator de elevada influência e que causa distorções nas medidas é a variação topográfica, que na área de estudo em geral é marcante. Um terceiro fator a ser considerado é o ângulo zenital da tomada da imagem que, embora em menor intensidade, impacta na qualidade das medidas. Neste sentido, e antecipando a solução para eventuais inconsistências e questionamentos quanto a qualidade cartográfica do documento como base das análises, esta proposta está fundamentada no emprego de materiais e métodos comprovadamente eficientes e que atendem ao rigor cartográfico necessário para embasar as análises e decisões do Comitê Técnico Científico e do Juízo. Em síntese, este trabalho deverá ser pautado em níveis de precisão e acurácia muito superiores aos trabalhos de mapeamento e quantificação das classes de uso e cobertura da terra geralmente desenvolvidos em um contexto não judicial desta magnitude.

1.2 Viabilidade e Mérito da Proposta:

Por fornecer ao Comitê Técnico Científico informações espaciais e diagnósticos mensuráveis na área afetada pelo rompimento da barragem, a proposição do mapeamento multitemporal da cobertura e do uso da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão demonstra forte viabilidade para subsidiar a tomada de decisão do Juízo. A proposta foi elaborada por uma equipe multidisciplinar de profissionais com amplo conhecimento científico e experiência profissional comprovada na área.

Pelo seu caráter técnico, a proposta incorpora dados, ferramentas e metodologias de vanguarda nas áreas de Sensoriamento Remoto (imageamento orbital multiespectral de alta resolução espacial), além da utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) para coleta e verificação de pontos de controle, Geoprocessamento (análise multi-temporal e métricas de paisagem), Cartografia (controle de qualidade posicional controle de qualidade temático com drones¹ e pós-processamento topográfico) e Computação (classificadores deep learning de inteligência artificial e processamento em placas gráficas de vídeo). Desta forma, o mérito da proposta incorpora uma equipe de profissionais altamente qualificada além de uma infraestrutura adequada ao desenvolvimento pleno desta proposta. Merece destaque também o rigor metodológico que será aplicado a todas as fases de execução..

Outros aspectos que merecem ser destacados são a experiência da equipe, sua interdisciplinaridade, a sinergia entre os pesquisadores do Departamento de Ciência da Computação, Geografia, Geologia e Cartografia, a infraestrutura disponível e mobilizada para o projeto, além do desenvolvimento de diversas pesquisas nesta área, e produção acadêmica de ponta, evidenciada nos currículos dos componentes da proposta. Cabe também destacar que todos os professores da equipe possuem vasta experiência acadêmica ministrando aulas nas temáticas envolvendo esta proposta nos diversos programas de Pós-Graduação e Graduação.

¹ Drone e VANT (Veículo Aéreo Não tribulado) serão considerados nesse documento como RPA (*Remotely Piloted Aircraft*), em atendimento ao jargão técnico internacional em Cartografia e Sensoriamento Remoto.

1.3. OBJETIVOS

Esta proposta tem o objetivo geral identificar, diagnosticar e avaliar o uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão (Brumadinho/MG) apoiado no conjunto de Geotecnologias (i.e., imagens de satélite, levantamento aéreo por veículo não tripulado, posicionamento por GNSS, processamento digital de imagens por *deep learning*, análise espacial via sistemas informativos geográficos) em perspectiva multitemporal considerando três momentos: (1) momento imediatamente anterior ao rompimento da Barragem I; (2) momento imediatamente após o rompimento; e (3) momento atual.

Os objetivos específicos são:

- Identificar, mapear e quantificar as áreas impactadas pelo desastre, a partir da classificação supervisionada de imagens de alta resolução espacial, utilizando softwares de processamento digital de imagens na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, em três momentos : (1) antes do rompimento (entre dezembro de 2018 e 25/jan/2019); (2) imediatamente após o rompimento (após 25/jan/2019 até 01/fev/2019); e (3) atual (dez/2019 a fev/2020);
- Aferir a qualidade cartográfica do mapeamento considerando a normativa legal brasileira vigente para o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) (BRASIL, 1984) e PEC-PCD (CONCAR, 2011, 2016), bem como os indicadores de qualidade temática dos mapas gerados conforme Amaral et al (2009), Ariza-López (2002a, 2002b);
- Apresentar cartas temáticas, tabulação de informações e relatórios detalhados de modo a demonstrar o espectro da continuidade espacial e temporal e a dinâmica do uso e cobertura da terra na sub-bacia;
- Elaborar diagnóstico através das informações oriundas dos mapeamentos do uso e cobertura da terra para subsidiar o monitoramento das condições da sub-bacia para a proposição de ações de reparação aos atingidos e recuperação do meio ambiente;
- Treinar um algoritmo de classificação de imagens baseado em inteligência artificial (*deep learning*) para a área de estudo, visando munir o Comitê Técnico Científico do Projeto Brumadinho/UFMG com uma ferramenta (plugin do ArcGIS) para classificação de imagens da bacia em outras datas não contempladas nesta chamada, bem como classificação de imagens em áreas relativamente similares;
- Calcular as métricas relativas a cada classe mapeada, não apenas quantificando as áreas (em hectares e em metros quadrados), mas também através de métricas da paisagem (p.ex. tamanho de fragmento, distância entre fragmentos, área core, etc.; MacGarigal 2007) e perfis de transformação multitemporal (Ferraz et al 2009), demonstrados nas tabelas de atributos dos projetos, em planilhas, gráficos e nos relatórios;



- Gerar e disponibilizar documentos cartográficos (i.e., cartas planimétricas, planialtimétricas, cartas-imagens, mapas temáticos, imagens ortorretificadas) que possam ser utilizados pelas demais equipes do Projeto Brumadinho - UFMG;
- Criar base de dados em formato compatível com a Infraestrutura de Dados Espacial contratada na Chamada Pública Interna Induzida N° 01/2019 (podendo esta ser em formato vetorial, matricial, *geopackage*, *spatial lite*, etc., ou seja dentro das especificações repassadas pela equipe responsável pela plataforma interativa) incluindo os seus respectivos metadados, (tanto para os dados primários, quanto para os secundários).
- Apresentar um relatório parcial 30 dias após a assinatura do contrato e início dos trabalhos e final (no término da vigência do contrato) que servirão como memorial descritivo dos processos utilizados nos mapeamentos do uso e também da cobertura da terra, formando assim um acervo de estudos relacionados ao rompimento da Barragem I, para o Projeto Brumadinho - UFMG;
- Atender as demandas específicas do Juízo frente às mudanças no uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão.

2. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS E ATIVIDADES

2.1 Aquisição e Análise das Imagens Multitemporais

A etapa inicial do trabalho será a aquisição das imagens multispectrais de alta resolução espacial referente aos três períodos especificados na Chamada. Dois desses períodos já estão definidos, sendo T1: dez.2018 - 24 jan-2019), T2: 25 jan – 01 fev/2019. Essas duas imagens serão adquiridas a partir de consultas ao acervo das empresas fornecedoras. A terceira imagem deverá ser capturada no período de verão 2019/2020. Serão dada preferência para que as três cenas sejam oriundas do mesmo sensor, o que facilitará a padronização de operações de pré-processamento das imagens e extração de feições.

As imagens orbitais deverão ter resolução espacial submétrica, de forma a possibilitar o reconhecimento e delineamento preciso das feições do terreno compatíveis às classes de cobertura e uso do solo elencadas na Chamada. Quanto à característica espectral, as imagens deverão possuir, no mínimo, uma banda pancromática e 4 bandas referentes aos comprimentos de do espectro eletromagnético onda das faixas azul, verde, vermelho e infravermelho próximo, de forma a possibilitar a composição de imagens em cores verdadeiras e falsa-cor para fotointerpretação e extração de feições. Quanto à resolução temporal, serão priorizadas imagens de sensores que possibilitem revisitas em curto espaço de tempo, segundo rege a Chamada. Por último, quanto a resolução radiométrica, será priorizado o emprego de imagens superiores a 8 bits (256 níveis de cinza por banda), dando preferência para resoluções de 11 bit (2048 níveis de



cinza por banda) ou superiores, a fim de garantir maior poder computacional de discernimento de feições no processo de classificação de imagens.

Cabe ressaltar que uma característica indispensável da imagem é que esta seja ortorretificada a partir de um modelo digital de terreno preciso e que seja sensível às nuances da superfície. A ortorretificação é o processamento geométrico que assegurará ao trabalho características como a padronização da escala cartográfica através da ortogonalidade no processamento das imagens. A variância da topografia na área de estudo faz deste um processo vital para qualquer operação de medição de áreas, distâncias, volumes e posicionamento por imagens neste trabalho. A metodologia aqui proposta visa possibilitar o mapeamento compatível com padrões de precisão cartográfica (PEC) de primeira ordem para escala 1:10.000, ou seja, erro posicional da ordem de 1,35m.

Por fim, para correta classificação das imagens por recursos computadorizados, é necessário executar os procedimentos padrão de correção atmosférica, geométrica e radiométrica (Jensen, 2006).

2.2 Controle de Qualidade Posicional das Imagens

O controle de qualidade posicional tem por objetivo garantir que a imagem utilizada possua características geométricas que garantam seu emprego na cartografia. Para tanto será realizado na mesma região de estudo um voo aerofotogramétrico com RPA no modo PPK, onde tem-se uma base próxima e um veículo aéreo dotado de GNSS, sendo realizado o voo apoiado. Isso permitirá a fotoidentificação de ponto com melhor precisão que as imagens sendo geradas as coordenadas planimétricas com precisão e acurácia melhor que 10 cm. Com relação à altimetria será empregado o modelo geoidal do MapGeo 2015 (IBGE, 2015), para a conversão de altitudes geométricas (h) para ortométricas (H), o qual possibilita precisão de 0,17 m. O receptor GNSS base para a realização da correção diferencial via RTK presente no modo PPK será instalado nas proximidades da região, de modo que se possa realizar a correção diferencial. Na medida do possível e considerando a presença e estado de conservação, o ponto base será instalado em vértice oficial e homologado pelo IBGE.

Serão coletados da imagem de RPA gerada cerca de 100 pontos, como previsto no presente edital. Nesta metodologia será empregado o processo de amostragem similar ao que foi aplicado em Nero (2005) e Cintra e Nero (2015), onde se determinou as áreas com classes de probabilidade de erros por meio de amostragem dirigida, aplicando-se a estatística com verificação e erro padrão, padrão de exatidão cartográfica, tanto para planimetria como para altimetria, com base no PEC-PCD (CONCAR, 2011, 2016).

2.3 Definição das Classes

As classes temáticas foram definidas a partir de conhecimento prévio da sub bacia do ribeirão Ferro-Carvão no município de Brumadinho/MG. Elas foram estabelecidas com base nos diversos usos e ocupações da terra existentes nesta bacia, com possibilidade de estendê-la também para



outras bacias similares. Elas posteriormente serão descritas em uma chave de interpretação de forma a descrever cada uma delas em termos de forma, padrão, textura, tamanho, tonalidade, etc. Esta é uma parte do trabalho que não se encerra em sua definição, podendo ser acrescida ou retirada algumas das classes temáticas a partir das verificações de campo e do trabalho de classificação da imagem. São elas:

- Vegetação densa
- Vegetação rasteira
- Áreas de Preservação Permanente – APP's
- Áreas de Reserva Legal
- Pastagem
- Horticultura
- Fruticultura
- Pousio
- Manchas urbanas/povoados
- Imóveis/infraestrutura rural
- Áreas ocupadas pela mineração (cava e atividades correlatas)
- Barragem de rejeitos
- Barragem de água (mineração)
- Solo exposto
- Espalhamento da lama de rejeito
- Cursos de água
- Açudes/tanques de piscicultura
- Caminho
- Estrada de terra
- Estrada de asfalto
- Ferrovia
- Linha de transmissão de energia

Como pode ser visto acima, estes usos abrangem não somente temas relacionados à mineração e atividades correlatas, como também acessos, drenagem vegetação natural, manchas urbanas, tipos de cultivo agrícola e áreas de preservação.

2.4 Controle de Qualidade Temática

O controle de qualidade temático será realizado com base no comparativo de dados obtidos por RPAs sobrepostos à imagem mais recente processada na presente proposta. O processo iniciará a partir da data mais recente, a fim de que sejam minimizadas inconsistências devido a variação temporal do imageamento e da coleta de campo.

Para tanto, será gerada a matriz de correlação do índice Kappa (Congalton e Green, 1999), conforme previsto e sendo analisados os valores obtidos no presente edital, de acordo com a tabela fornecida na Chamada. Serão considerados aprovados as classificações com índice Kappa considerado excelente, ou seja igual ou superior a 0,8.



Conforme prevê o presente edital, serão coletados pelo menos 100 pontos em campo com emprego de GNSS RTK, na Sub-Bacia Ferro Carvão, mas acrescidos da coluna uso do solo. Os pontos serão distribuídos aleatoriamente de forma a não criar viés na amostragem e na análise dos resultados. Deverão ser atendidos valores de acurácia temática no padrão excelente, conforme descrito anteriormente. Tais dados serão utilizados para validar tanto a imagem obtida por RPA como o mapeamento de uso do solo gerado por meio da imagem de satélite mais recente. Todos esses procedimentos serão apoiados em metodologias já consagradas e descritas com detalhe em Amaral (2009), Ariza-Lopéz (2020a, 2004), Congalton (1991), Congalton e Green (2008), Faria (2017), Fernandes et al (2012), Ferreira (2009), Gonçalves et al (2008), Ponzoni e Almeida (1996) e Roveder (2007).

2.5 Espacialização das Áreas de Proteção Ambiental

Deverão ser incorporadas no trabalho as Áreas de Proteção Permanente existente na sub-bacia do Ribeirão Ferro Carvão. Será dada preferência para a utilização de polígonos oficiais de APPs definidos por órgãos competentes e, na inexistência desses dados, as APPs serão calculadas e delineadas por geoprocessamento pela equipe do projeto a fim de que possam ser identificadas e quantificadas as classes de cobertura e de uso do solo presente nas APPs, bem como analisar os impactos do rompimento da barragem nessas áreas.

Serão consideradas as APPs de topo de morro (ocorrência nas cumeadas e proximidades, com objetivo de preservar a vegetação nativa e a captação/retenção de água), APPs de encosta (ocorrência em áreas de declividade acentuada, com a finalidade de proteger as encostas), APPs de cursos d'água (faixa variável marginal aos cursos d'água visando proteção da mata ciliar) e APPs de nascentes (com finalidade similar às de curso d'água para preservar de forma natural o ambiente sensível do entorno das nascentes, conforme Código Florestal (Lei Federal nº 12.651/2012). A Figura 01 ilustra o conceito das APPs.



Figura 01. Ilustração de Áreas de Proteção Permanente. Fonte: Instituto EcoBrasil.

2.6 Ferramentas de Inteligência Artificial

Paralelo a extração das feições nas imagens, será desenvolvido um classificador por inteligência artificial por deep learning, a fim de explorar a riqueza de detalhes do mapeamento multitemporal para replicar em imagens de outras datas ou em áreas similares. Algoritmos baseados em deep learning são o estado da arte em aprendizado de máquina e visão computacional [1]. Mais recentemente tem sido demonstrado como a mais efetiva abordagem para classificação de pixels também em imagens de sensoriamento remoto [1,2,3].

Os **módulos de inteligência artificial** serão desenvolvidos para aprender as amostras de uso/cobertura de solo indicados pelas regiões de interesse demarcadas nas imagens, e com isso realizar a classificação em novas imagens:

1. Módulo de treinamento: será responsável por utilizar as Regiões de Interesse (ROI) na biblioteca de padrões para treinar um modelo de classificação. Isso será realizado por meio de um algoritmo de aprendizado de máquina profundo provavelmente baseado em redes neurais convolucionais, que são as abordagens mais adequadas até então para aprender padrões espectro-espaciais a partir de imagens de sensoriamento remoto. Esse módulo resultará na criação de modelos que serão armazenados para detecção de padrões em novas imagens posteriormente.
2. Módulo de predição: será responsável por utilizar os modelos aprendidos para gerar resultados de classificação em novas imagens. Implicitamente, esse módulo poderá executar algoritmos de pré-processamento nas imagens de entrada para garantir compatibilidade das novas imagens com os padrões aprendidos.
3. Módulo de adaptação dos modelos: será responsável por adaptar os modelos existentes de acordo com ajustes indicados pelo usuário após um processo de classificação preliminar. Além de ajustar um modelo existente, esse módulo poderá resultar na criação de um modelo para um novo padrão. Desse modo, esse módulo utilizará processos dos outros dois módulos (treinamento e predição) em uma rotina conhecida como “aprendizado ativo” na literatura de inteligência artificial.

A Figura 02 apresenta uma visão geral da arquitetura do *plugin* proposto, composto por três módulos de inteligência artificial (IA). Os módulos são detalhados a seguir.



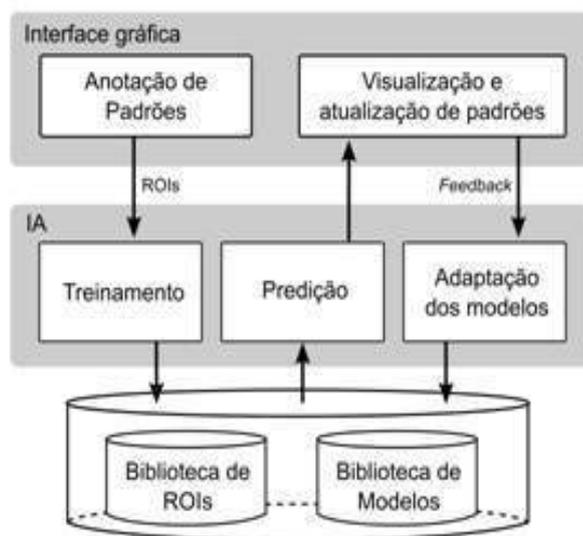


Figura 02 - Arquitetura do sistema a ser desenvolvido.

Os módulos deverão ser desenvolvidos como scripts Python de acordo com os padrões definidos pelas bibliotecas *ArcGIS API for Python*. Todos os módulos serão implementados de forma a permitir sua execução tanto em versões ArcGIS Desktop quanto em ArcGIS Server e/ou serviços web.

3. METODOLOGIA

Em linhas gerais, o fluxo de atividades previstas para o trabalho engloba 6 etapas (figura 04): [1] aquisição e preparação das imagens; [2] classificação da cobertura e do uso do solo; [3] análises e quantificações; [4] classificação por inteligência artificial; [5] compilação dos mapas e [6] finalização e entrega dos produtos. A Figura 03 ilustra essas etapas e sintetiza seus desdobramentos.



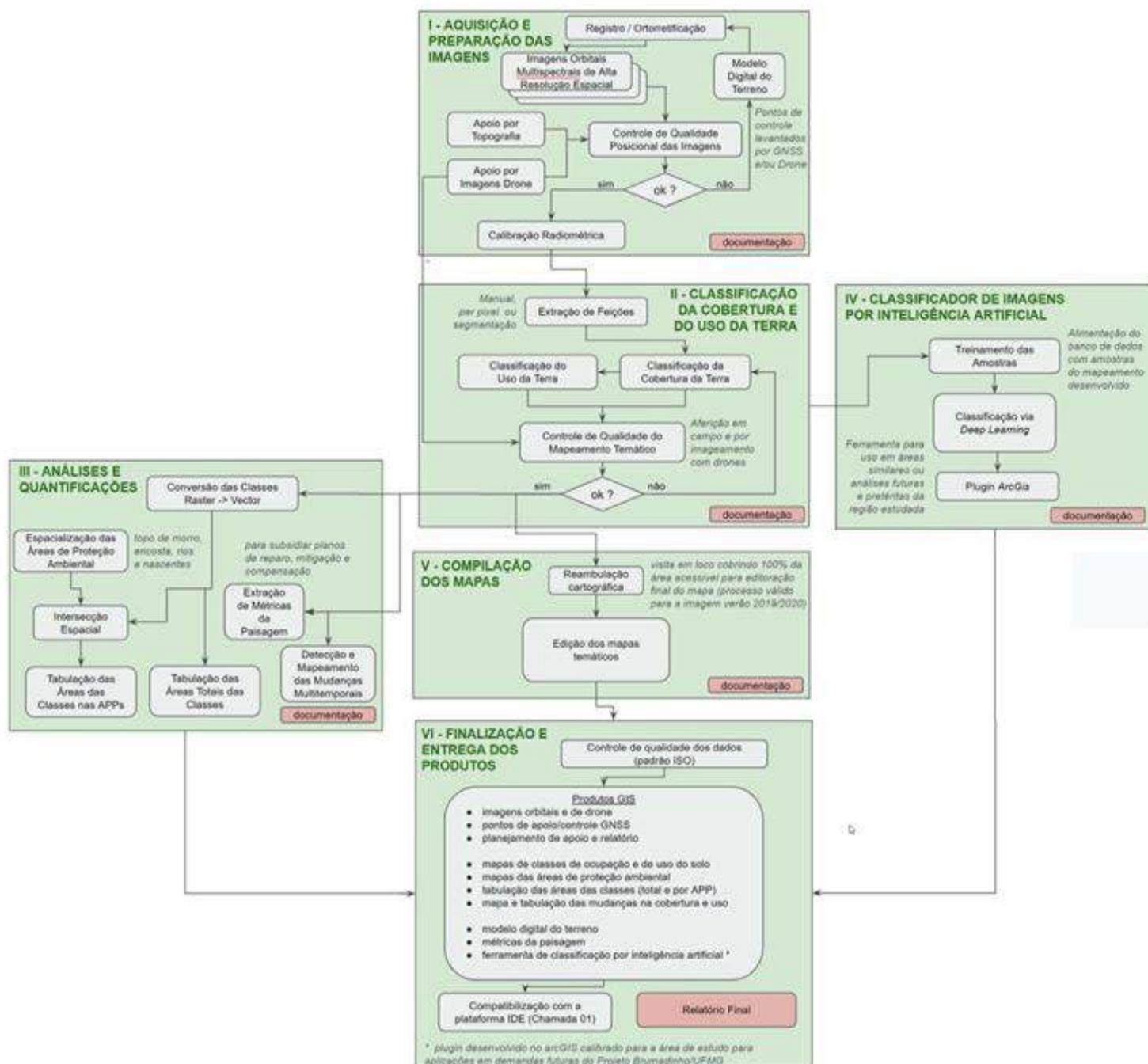


Figura 03: Fluxograma geral das atividades propostas

3.1 Aquisição e Preparação das Imagens

A figura 04 apresenta detalhes da aquisição e preparação das imagens a serem trabalhadas no projeto.



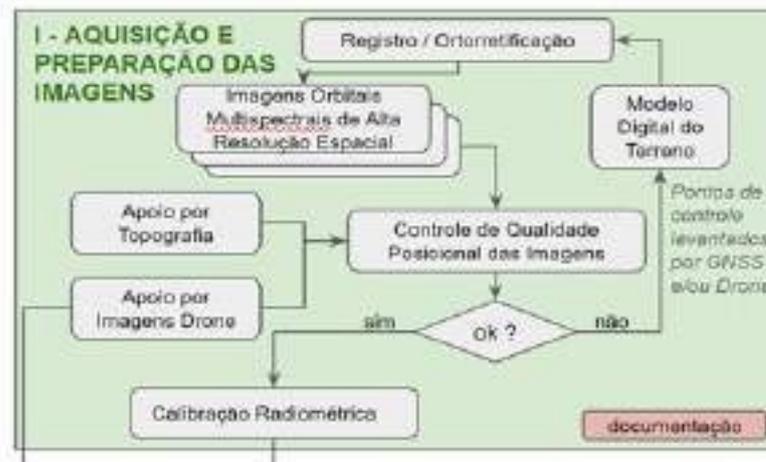


Figura 04: Aquisição e preparação das imagens

Nesta etapa serão adquiridas as imagens orbitais e avaliadas quanto a qualidade geométrica e posicional. Será desenvolvida a coleta de pontos topográficos em campo e o imageamento com RPA, ambos para apoiar o controle de qualidade posicional das imagens. Cabe ressaltar que dois dos componentes da equipe possuem licença de pilotagem do RPA.

No caso das imagens não serem aprovadas no controle de qualidade posicional, as mesmas passarão por uma nova etapa de ortorretificação e registro geométrico antes de serem reavaliadas em um processo iterativo. Somente após atingirem a acurácia mínima exigida para o mapeamento 1:10.000, as imagens serão calibradas radiometricamente para então serem liberadas para a extração de feições.

3.2 Classificação da Cobertura e Uso do Solo

Em uma segunda etapa, serão realizadas a classificação da cobertura e uso do solo da microbacia do ribeirão Ferro-carvão, como pode ser observado na figura 05.

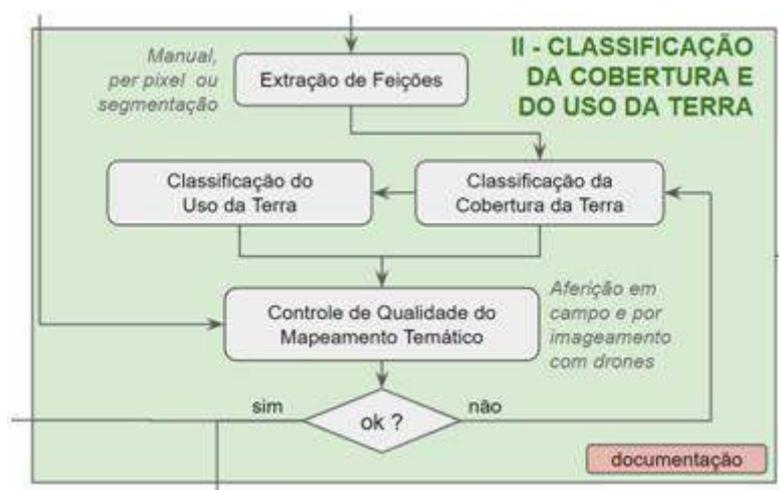


Figura 05: Classificação da cobertura e uso da terra



Nesta fase serão realizadas as extrações das feições nas imagens orbitais para as três épocas. As feições vetoriais poderão ser definidas espacialmente através de pontos, linhas ou polígonos utilizados para a representação de objetos do mundo real. O processo de vetorização envolve a criação destas feições, utilizando uma simbologia própria sobre uma imagem raster georreferenciada em um software de SIG, por exemplo, através de interpretação visual. Para tal imagens com alta resolução espacial são as mais adequadas para essa finalidade. Estes programas também dispõem de ferramentas para vetorização automática que simplificam o trabalho manual de vetorização mas tornam obrigatório a verificação da qualidade do produto final por um usuário experiente.

3.3 Análises e Quantificações

Após a classificação do uso e cobertura do solo, serão realizadas as análises das mesmas, bem como a quantificação dos dados a serem classificados, tabulação das áreas classificadas como APP's, áreas totais para cada classe e detecção das alterações entre as datas, o que gerará documentos cartográficos, bem como tabelas e metadados multitemporais, cujo processo pode ser observado na figura 06.

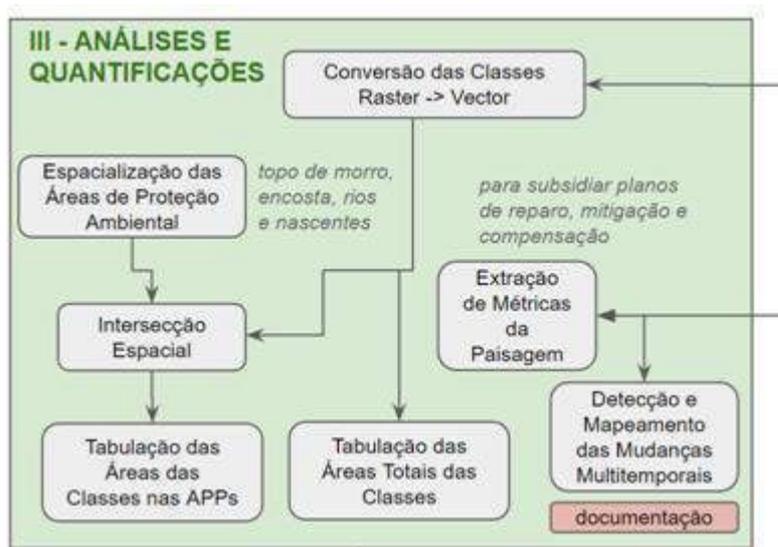


Figura 06: Análises e quantificações

Nesta etapa serão desenvolvidos geoprocessamento dos dados, mais especificamente a tabulação das áreas das classes de cobertura e de uso da terra, a espacialização das APPs, a intersecção dos polígonos das APPs com as classes mapeadas para quantificação e tabulação. Serão também mapeadas as mudanças no padrão de cobertura e uso do da terra no período investigado. Adicionalmente, serão computadas métricas de paisagem que poderão ser aplicadas por outros trabalhos do Projeto Brumadinho/UFMG. Todas as operações serão realizadas em ambiente SIG, utilizando a plataforma QGIS (gratuito) ou ESRI ArcGIS (licenças de uso do IGC). As



tabulações serão realizadas através de operação de tabulação cruzada (operador zonal) em ambiente SIG. A intersecção das áreas de APP com os polígonos das classes de uso e ocupação da terra será realizada através de operação de tabulação cruzada (operador zonal) em ambiente SIG

Caso seja necessário o delineamento das APPs, o processo será então baseado em técnicas de geoprocessamento e uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG), bem como na Lei Federal N. 12.651/2012 (Novo Código Florestal), que “dispõe sobre a proteção da vegetação nativa”. Para a identificação das APPs de topo de morro, os estudos irão se iniciar pela identificação dos morros e seus respectivos topos e a sela mais próxima utilizando o MDT utilizado no projeto, conforme legislação aplicável. Também serão identificados, os cursos d’águas adjacentes para correlação com cota de base, além do nível de base local, aplicados em algumas situações. As APPs de cursos d’água serão identificadas a partir de buffers ripários com as distâncias dos cursos d’água mapeados na etapa anterior, utilizando os critérios estabelecidas Lei Federal N. 12.651/2012.

Para extração e cálculo das métricas da paisagem e mapeamento e tabulação das mudanças para as cenas analisadas, serão utilizados perfis de mudança no uso e cobertura do solo, que permitem avaliar a dinâmica histórica e subsidiar o desenvolvimento de índices de transformação do uso e cobertura do solo (p.ex. taxa de desmatamento anual, proporção de áreas abandonadas, tempo médio entre o desmatamento e o presente, curva de desmatamento; Ferraz et al., 2009). Também será abordado a utilização do cálculo de “métricas de paisagem”, utilizadas para caracterizar e quantificar a estrutura do uso e ocupação do solo (p.ex. número de fragmentos, tamanho médio de manchas, porcentagem tipologias de uso e cobertura do solo, área “core”, matriz de paisagem; McGarigal, 2006).

3.4 Classificador por Inteligência Artificial

Paralelo a todo o trabalho de classificação dos dados, será realizado um treinamento com um classificador de imagens por inteligência artificial (figura 07). Este passo será um facilitador para futuras classificações de áreas semelhantes à do ribeirão do Ferro-carvão, podendo ser um passo em direção à região do rio Paraopeba.



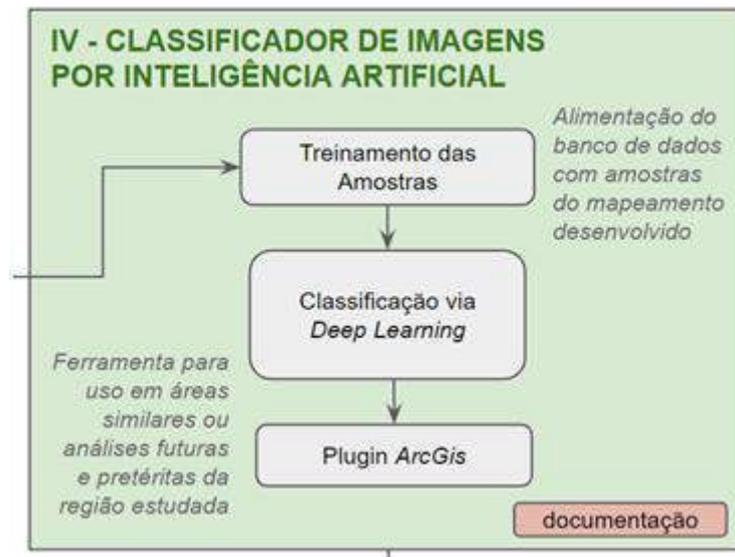


Figura 07: Classificação de imagens por inteligência artificial

Conforme apresentado na Seção 2.7, será desenvolvido um classificador de imagens por inteligência artificial fundado no princípio computacional do Deep Learning. Será disponibilizado um plugin do classificador e sua respectiva calibração utilizando as classes extraídas das imagens multiespectrais multitemporais desse projeto.

Como o *plugin* será integrado ao software ArcGIS, pode-se utilizar todas suas ferramentas de edição e visualização. A ferramenta desenvolvida também permitirá que o usuário refine via ArcGIS ou atualize os padrões detectados de acordo com os resultados obtidos. Os novos padrões serão utilizados posteriormente para refinar os modelos de detecção do sistema.

3.5 Compilação dos Mapas

Após a etapa de classificação do uso e cobertura da terra, será realizada a compilação dos mapas já gerados, conforme a figura 08.



Figura 08: Compilação dos mapas



Esta etapa contará com a criação da folha modelo dos mapas e a definição e padronização da simbologia cartográfica (variáveis visuais). Para tanto, será necessário:

- desenvolver uma folha-modelo, na escala 1:10.000, para a construção das cartas.
- apresentar a articulação das cartas de acordo com as normas brasileiras.
- identificar a simbologia pertinente à construção das cartas visando atender a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) e estabelecer a padronização para a produção das mesmas.

Ainda nesta etapa, ocorrerão as fases de reambulação cartográfica e edição final dos mapas. O processo de reambulação cartográfica envolve a identificação e posicionamento espacial dos elementos naturais e artificiais através de uma série de atributos e a coleta de nomes geográficos tendo como base as cartas planialtimétricas disponibilizadas pelo IBGE visando a orientação e complementação dos trabalhos de restituição. Dados digitais já disponibilizados pelo IBGE poderão constituir uma base de dados geográfica sendo necessários complementações derivadas de interpretação visual sobre imagens raster. Novamente se destacou a importância de aquisição de imagens de alta resolução espacial para tal finalidade. Ao final do processo, todas as toponímias, simbologias e informações marginais dos mapas deverão ser conferidas e aprovadas.

3.6 Finalização e Entrega dos Produtos

Ao final do trabalho, de análises dos dados, quantificações e treinamento das classificações por inteligência artificial (figura 09) ao Comitê técnico-científico do Projeto Brumadinho para análise dos dados.



Figura 09: Finalização e entrega dos produtos



Por fim, essa fase contemplará o fechamento do projeto, o qual contará com o controle de qualidade dos dados e a compatibilização dos mesmos com a plataforma IDE (ou especificações da plataforma interativa resultante da Chamada 01/2019).

No controle de qualidade de dados deverão ser empregados rigorosos critérios, com base nas normas da série ISO 19.000 (19.113, 19.114 3 19.115) e ISO 2859-1, vide ISO (1995, 1999, 2002, 2003a, 2003b, 2005, 2006, 2007, 2013, 2014). Serão realizados planos de inspeção e de controle de qualidade com equipe treinada para esse fim sendo analisada se o que foi coletado em campo está coerente com o que foi registrado na realidade. Será preparado um relatório de registro de qualidade de dados por lote, que será único. Os locais de coleta de dados irão aproveitar os 100 pontos de controle coletados na fase de controle de qualidade posicional acrescidos da informação de uso e ocupação de solo na situação atual para a validação da classificação da imagem obtida com a data mais recente. Ao final será gerada uma matriz de correlação com o índice kappa para a avaliação do aceite do produto final mais recente.

Após avaliar e certificar de que os produtos cartográficos gerados encontram-se dentro do padrão previsto pela INDE, será então finalizado o relatório do projeto.

4. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES

As atividades estão programadas para ocorrer dentro de um horizonte de 8 semanas a contar da data inicial da assinatura do contrato. Assim, as etapas, atividades, temporalidade, professores responsáveis por sua equipe podem ser observadas na tabela 01.

Etapa	Atividade	Semana								Prof Responsável	Equipe de bolsistas
		1	2	3	4	5	6	7	8		
	Coordenação	x	x	x	x	x	x	x	x	Rodrigo	
	Assessoria	x	x	x	x	x	x	x	x	Diego	
I	Aquisição das imagens e MDT	x	x	x						Rodrigo/Plínio	Graduando 5-GEO
I	Controle de qualidade geométrico das imagens	x	x	x						Marcelo	Graduando 1-EC
I	Apoio Topografia	x	x	x						Plínio/Vagner	Mestrando 2-MOD,
I	Apoio Drone	x	x	x						Helder/Plínio	Mestrando 2-MOD,
I	Registro/Otorretificação	x	x							Plínio	Graduando 3-GEO
I	Correção radiométrica	x								Rodrigo/Plínio	Doutorando 2-GEO,
II	Extração de feições		x	x						Helder/Plínio	Doutorando 2-GEO
II	Classificação da cobertura da terra			x	x	x	x			Helder/	Doutorando 2-GEO,
II	Classificação do uso cobertura da terra			x	x	x	x			Helder	Doutorando 2-GEO,
II	Controle de qualidade do mapeamento temático				x	x	x			Marcelo	Graduando 1-EC
III	Extração de métricas da paisagem					x	x			Diego	Graduando 4-GEO
III	Deteção e mapeamento das mudanças multitemporais						x	x		Diego	Doutorando 2-GEO
III	Mapeamento das APPs		x	x						Jarbas	Doutorando 2-GEO
III	Tabulação dos resultados					x	x	x		Diego	Graduando 4-GEO
IV	Treinamento das amostras		x	x	x	x	x			Jefersson	Doutorando 1-CC,
IV	Classificação via Deep Learning			x	x	x	x	x		Jefersson	Doutorando 1-CC,
IV	Plugin ArcGis						x	x	x	Jefersson	Mestrando 1-CC
V	Reambulação						x	x		Jarbas/Plínio	Graduando 4-GEO,
V	Edição dos mapas temáticos				x	x	x	x		Helder	Graduando 3-GEO
VI	Controle de qualidade					x	x	x	x	Marcelo	Mestrando 2 - MOD,
VI	Geração dos produtos GIS						x	x	x	Vagner	Mestrando 2 - MOD
VI	Relatório, prestação de contas				x				X	Rodrigo/Diego	Doutorando 2-GEO

Tabela 01: Cronograma de atividades e equipe responsável por cada etapa do projeto



5. ORÇAMENTO

As despesas de execução desse projetos estão apresentados no quadro abaixo, que contempla o plano de aplicação dos recursos financeiros, conforme o edital 02/2019.

Meses/Etapas	mês 1	mês 2	Total do tempo	Bolsas das bolsas	Código	Total
Rodrigo	1	1	2	R\$9.373,43	P2	R\$18.746,86
Jefersson	1	1	2	R\$9.373,43	P2	R\$18.746,86
Diego	1	1	2	R\$9.373,43	P2	R\$18.746,86
Marcelo	1	1	2	R\$9.373,43	P2	R\$18.746,86
Vagner	1	1	2	R\$9.373,43	P2	R\$18.746,86
Plinio	1	1	2	R\$9.373,43	P2	R\$18.746,86
Helder	1	1	2	R\$9.373,43	P2	R\$18.746,86
Jarbas	1	1	2	R\$9.374,43	P2	R\$18.748,86
Doutorando (2 alunos)	2	2	4	R\$6.314,74	D1	R\$25.258,96
Mestrando (2 alunos)	2	2	4	R\$4.420,32	M1	R\$17.681,28
Graduação (5 alunos)	5	5	10	R\$1.458,74	IX	R\$14.587,40
Total:						R\$207.504,52
Custeio	Quantidade	Valor				Valor Aprox
Material de escritório	2	R\$1.500,00				R\$3.000,00
Serviço gráfico (impressão de mapas)	1	R\$5.000,00				R\$5.000,00
Aluguel de veículo (duster ou similar)	30	R\$200,00				R\$6.000,00
Diarias ufmg	100	R\$177,00				R\$17.700,00
Combustível	800	R\$5,00				R\$4.000,00
Total:						R\$35.700,00
Material permante(capital)	Quantidade	Valor				Total
Drone phantom 4 ou similar	1	R\$15.000,00				R\$15.000,00
Software para processamento topográfico do imageamento por drone	1	R\$20.000,00				R\$20.000,00
Câmera multiespectral(Vermelho + Verde + NIR (RGN, NDVI)) para drone	1	R\$4.000,00				R\$4.000,00
Unidade de Medição Inercial para drone	1	R\$2.500,00				R\$2.500,00
Sistema PPK/Drone	1	R\$12.000,00				R\$12.000,00
baterias extra para drone	4	R\$2.000,00				R\$8.000,00
Rádios transmissores para levantamento topográfico em áreas remotas	4	R\$100,00				R\$400,00
computador para geoprocessamento e edição cartográfica	4	R\$6.000,00				R\$24.000,00
Locação de Receptores GNSS RTK	2	R\$3.600,00				R\$7.200,00
Computador avançado para processamento de dados do drone	1	R\$20.000,00				R\$20.000,00
Placa gráficas de vídeo	2	R\$7.000,00				R\$14.000,00
Total:						R\$127.100,00
Insumos para mapeamento	Quantidade	Valor				Total
Imagens orbitais multispectrais de alta resolução	3	R\$10.000,00				R\$30.000,00
MDT para ortorretificação das imagens	1	R\$72.500,00				R\$72.500,00
Total:						R\$102.500,00
Total						R\$472.804,52
Taxa 10/95 e Resolução IGC 03/2019 (14% do bruto)						R\$77.067,14
Total:						R\$549.871,66

Tabela 02: Orçamento d proposta



6. CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

Devido ao curto prazo de execução e a necessidade de aquisição imediata de equipamento e deslocamento da equipe, as rubricas de custeio, material permanente capital e insumos para mapeamentos deverão ser desembolsadas na assinatura do contrato. A rubrica de pagamento de pessoal (bolsas) deverá ser desembolsada na entrega do relatório parcial (30 dias) e relatório final (60 dias).

A programação de início do projeto será imediatamente após a assinatura e autorização formal do CTC e Juízo. Após o início, haverá a entrega de um relatório parcial de acompanhamento em 30 dias. Ao final dos trabalhos, previstos para 60 dias após o início, serão entregues o relatório final e os produtos físicos e digitais previstos nesta proposta.

7. INDICADORES DE CUMPRIMENTO DAS ATIVIDADES

Os indicadores de cumprimento das atividades serão a conclusão e entrega dos produtos descritos na proposta. Neste sentido, estas metas serão formalmente avaliadas nos relatórios parcial (30 dias) e final (60 dias) do projeto. A combinar com o CTC e o Juízo, podem ser programada a apresentação dos produtos e resultados do projeto.

8. EQUIPE DO PROJETO

8.1 Coordenação Geral

Prof. Dr. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega é Doutor em Engenharia de Transportes com ênfase em Sensoriamento Remoto e SIG pela Escola Politécnica da USP e Mississippi State University (2007). Desenvolveu Pós-Doutorado pelo Geosystems Research Institute - Mississippi State University (2010). Possui 23 anos de experiência em geoprocessamento nos setores privado e acadêmico. Possui experiência internacional em ações emergenciais de resposta a desastres (Furacão Katrina - 2005) e British Petroleum Oil Spill (2010) pelo Geosystems Research Institute da Mississippi State University. Reside atualmente em Belo Horizonte-MG, onde atua como Professor Adjunto pelo Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências (IGC) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Coordena o Programas de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais no IGC/UFMG e é membro do quadro permanente do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia e Transportes da Escola de Engenharia da UFMG. É Bolsista de Produtividade do CNPq. Sua linha de pesquisa e extensão está voltada ao desenvolvimento e aplicação de inteligência geográfica e



planejamento de infraestruturas. Dentre os principais projetos recentes destacam-se a introdução e disseminação de geoprocessamento aplicado ao planejamento de corredores de transporte junto a VALEC/Ministério dos Transportes (1300km do tramo sul da Ferrovia Norte Sul), Modelagem geográfica para controle externo junto ao Tribunal de Contas da União (900km do corredor de viabilidade da Ferrovia Ferrogrão, 1500km de corredor de viabilidade da Linha de Transmissão entre Belo Monte/PA - Barreiras/BA, entre outros), Inteligência geográfica para locação/alocação de terminais logísticos, Estudos de impactos ambientais e ecologia de transportes, e Context Sensitive Solution. Leciona regularmente disciplinas de Cartografia, geoprocessamento e processamento digital de imagens da Terra.

Disciplinas correlatas com a temática da chamada:

Pós-graduação: Estudo de Viabilidade para Planejamento de Projetos de Infraestrutura

Pós-Graduação: Processamento Digital de Imagens da Terra

Graduação: Cartografia

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7158751194696023>

8.2 Equipe - Professores

Prof. Dr. Diego Rodrigues Macedo é Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG (2005), Especialista em Geoprocessamento (UFMG, 2006), Mestre em Geografia - Análise Ambiental (UFMG, 2009) e Doutor em Ecologia - Conservação e Manejo da Vida Silvestre (UFMG, 2013). Atuou durante 6 anos (2010-2016) como Analista em Informações Geográficas e Estatísticas no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e desde 2016 é Professor Adjunto do Departamento de Geografia e dos Programas de Pós-Graduação em 'Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais' e 'Geografia' do Instituto de Geociências da UFMG. Possui mais de 20 publicações nos últimos 5 anos, sendo mais de 90% com fator de impacto JCR acima de 1,8, a boa parte deles envolvendo mapeamento do uso e cobertura do solo, sistemas informativos geográficos e influências sobre a qualidade ambiental em bacias hidrográficas. Entre as inserções atuais, coordena o projeto de pesquisa “Influências do efeito legado do uso e cobertura do solo sobre ecossistemas aquáticos no Cerrado”, financiado pelo CNPq, cujo objetivo é avaliar as transformações multitemporais no uso e cobertura do solo em bacias hidrográficas, inclusive na bacia do reservatório de Três Marias, cujo um dos afluentes é rio Paraopeba. Recentemente faz parte de um grupo de pesquisa com financiamento público do CNPq e Fapemig que avalia as implicações da ruptura da barragem de Fundão nos aspectos sedimentológicos no rio Doce.

Disciplinas correlatas com a temática da chamada:

Pós-Graduação: Métodos de Análise Espacial, Integridade Ambiental de Riachos



Pós-Graduação: Introdução aos Sistemas Informativos Geográficos: Aplicações em Ecologia

Graduação: Instrumentos de Gestão Ambiental

Graduação: Análise Espacial e Geoprocessamento

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0805217613268162>

Website: <https://www.diegomacedo.pro.br/>

Prof. Dr. Jefersson Alex dos Santos é Doutor em Ciência da Computação desde 2013 pela Université de Cergy-Pontoise (França) e pela Unicamp. No mesmo ano, assumiu como professor do Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Minas Gerais (DCC/UFMG), cargo que ocupa atualmente. É bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq desde 2016. Jefersson é fundador e coordenador do Laboratório de Reconhecimento de Padrões para Observação da Terra (Patreo -www.patreo.dcc.ufmg.br). Jefersson publicou mais de vinte artigos em periódicos com alto fator de impacto e seletiva política editorial, sendo mais da metade em revistas classificadas com Qualis A1, segundo a CAPES. Também publicou mais de cinquenta artigos nas mais importantes conferências nacionais e internacionais da área de processamento de imagens, visão computacional e sensoriamento remoto. Jefersson tem mais de dez anos de experiência no desenvolvimento de técnicas de reconhecimento de padrões para aplicações agrícolas e de monitoramento ambiental, tendo participado de grandes projetos financiados pela Fapesp/Microsoft Research (WebMaps, e-Farms, e-Phenology e e-Tribes) e CAPES (DeepEyes). Nesses projetos, Jefersson tem atuado em colaboração com renomados profissionais e pesquisadores de instituições do Brasil e do exterior tais como Tribunal de Contas da União, Polícia Federal, Embrapa, Unicamp, University of South Florida, Virginia Tech e Grenoble INP, Petrobras.

Disciplinas correlatas com a temática da chamada:

Pós-Graduação: Algoritmos de Aprendizado Profundo

Pós-Graduação: Processamento de Imagens Digitais

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2171782600728348>

Prof. Dr. Vagner Braga Nunes Coelho é Graduado em Engenharia Cartográfica pelo Instituto Militar de Engenharia (1994), Mestrado em Engenharia Cartográfica pelo Instituto Militar de Engenharia (2001) com ênfase em produção cartográfica, Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2010) com ênfase em Banco de Dados Geográfico e Computação Gráfica e Pós-Doutorado em Ciência dos Computadores pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal (2015) com ênfase em áreas de influência de objetos em navegação. MBA em Gestão da Qualidade da



Informação Geográfica pela Universidade de Jaén, Espanha (2013). É Professor Adjunto-A no Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. Atuou como Engenheiro Cartógrafo no Exército Brasileiro especialmente na produção de mapeamento sistemático e temático, atualização de base cartográfica, em projetos de implantação de linhas de transmissão, assentamento agrário e reservas indígenas, atuando sempre nas regiões nordeste e norte do país. Foi professor no Instituto Militar de Engenharia, tendo sido Coordenador de Graduação e de Pós Graduação no curso de Engenharia Cartográfica. Foi membro do Comitê de Normatização do Mapeamento Cadastral da Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) e do Grupo de Trabalho de Modelagem Digital do Terreno da Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR). No IME ministrou as disciplinas de Modelagem Digital do Terreno, Gestão de Projetos, Metodologia Científica. No IGC/UFMG já ministrou as disciplinas de Cartografia e Topografia e Topografia.

Disciplinas correlatas com a temática da chamada:

Pós-Graduação: Bando de Dados Espaciais

Graduação: Topografia

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2875890657727753>

Prof. Dr. Marcelo Antonio Nero é Prof. Adjunto C, Nível 02, do Departamento de Cartografia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), credenciado no Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais (linha de pesquisa de qualidade temática e orientação de mestrados), orientador de alunos de iniciação científica. Além disso, é vice-coordenador no programa de pós-graduação lato sensu em Geoprocessamento. Prof. Formador I do Programa de pós-graduação lato sensu de Gestão de Instituições Federais de Educação Superior, subárea de Tecnologias, Universidade Aberta do Brasil (UAB), desde julho de 2019. Adicionalmente, é co-orientador de aluno de mestrado no programa de de Pós-Graduação em Engenharia Civil/Informações Espaciais da Universidade Federal de Viçosa (UFV) desde 2017. Foi Prof. Adjunto II do Departamento de Engenharia Cartográfica da Universidade Federal do Pernambuco (UFPE), professor orientador de alunos de iniciação científica e do Programa de Pós Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologia da GeoInformação, coordenador e colaborador de projetos de extensão nessa mesma instituição (2010-2014). Engenheiro Cartógrafo formado pela Faculdade de Ciências e Tecnologia-Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - FCT-UNESP (1994), mestre em Engenharia pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP (2000), doutorado sanduíche em engenharia pela EPUSP e com estágio na Universidad de Jaén - Espanha (2005), pós- doutorado concluído em março de 2006 pela EPUSP. Pesquisador Nível V pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (2006/2007). Foi Diretor Técnico/Comercial na empresa DVP Brasil Geomática e Ambiental Ltda (São Carlos-SP, 2007-2009), Diretor Administrativo da Associação Brasileira dos Engenheiros Cartógrafos - Regional São Paulo - ABEC-SP (2006-2009), Diretor Secretário do Departamento de Agrimensura do



Instituto de Engenharia (2006-2009), membro líder da comissão da UFMG para a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT da norma de convenções cartográficas nas escalas 1:10.000 a 1:1.000 e revisão das normas NBR 13133 e 14.166, pesquisador colaborador no Grupo de Estudos de Controle de Qualidade do Departamento de Transportes da EPUSP. Experiência como Prof. Adjunto nas disciplinas de Cartografia e Transportes (2005) aplicadas na graduação em Turismo pela Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP e como professor de pós-graduação *latu-sensu* no SENAC-SP, UNIAMERICA (Foz do Iguacu-PR), FAEMA (Ariquemes-RO) e Faculdade Católica de Uberlândia (Uberlândia-MG). Experiência profissional em Cartografia (básica e aplicada), Geoprocessamento, GNSS, SIG, Geomarketing, pesquisa científica, consultoria e afins.

Disciplinas correlatas com a temática da chamada:

Pós-Graduação: Qualidade Temática de Mapeamento Ambiental

Pós-Graduação: Geoprocessamento Avançado aplicado ao Meio Ambiente

Graduação: Topografia

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9273397846584540>

Prof. Dr. Helder Lages Jardim é bacharel em Geografia pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG (1990). Mestre em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE com o tema de Expansão urbana próxima a áreas de mineração - Congonhas/MG (1995). Doutorado em Geografia Física pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, com o tema de Erosão e Conservação dos solos agrícolas (2007). Professor Associado nível 02 do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, com experiência na área de Sensoriamento Remoto e Geografia Física (área de erosão e conservação de solos), área em que atuou há mais de 10 anos. Responsável pelas disciplinas de Sensoriamento Remoto, Processos Erosivos e Conservação dos Solos Agrícolas, Representação Espacial em Geografia, além de Desenvolver de projetos de pesquisa e de extensão, nas seguintes linhas: Geografia Física e Análise Ambiental; Geografia Agrária; Estudo das Coberturas Superficiais; Análise Ambiental; Geoprocessamento. Piloto com licença operacional para pilotagem de vants multirotores c/GPS através da Associação Mineira de Aerodelismo (BRA N. 19.068).

Disciplinas correlatas com a temática da chamada:

Graduação: Processos Erosivos e Conservação dos solos agrícolas

Graduação: Sensoriamento Remoto

Graduação: Representação Espacial em Geografia

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8855580107338360>



Prof. Dr. Plinio Temba Possui graduação em Engenharia Cartográfica pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (1988), mestrado em Engenharia de Transportes pela Universidade de São Paulo (1995) e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (2008). Atualmente é professor associado da Universidade Federal de Minas Gerais. É Revisor de periódico da ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing e Revista Brasileira de Cartografia(RBC). Foi conselheiro(2013 a 2016) do CEPE(Conselho de Ensino Pesquisa e Extensão) da UFMG e coordenador do Laboratório de Topografia do e do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Cartografia no Instituto de Geociências. Coordenador do XVI Curso de Especialização em Geoprocessamento. Credenciado no Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, conselheiro da comissão da UFMG para a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT da norma de convenções cartográficas nas escalas 1: 10.000 a 1:1.000 e revisão das normas NBR 13133 e 14.166. Tem experiência na área de Geociências atuando principalmente nos seguintes temas: fotogrametria digital, cartografia digital, correlação digital, processamento digital de imagens, Tecnologia GNSS e lasermetria. Realiza, ainda, pesquisas sobre modelagem de impactos ambientais decorrentes de incêndios, ordenamento territorial de assentamentos informais, tratamento dispensado ao destino de resíduos sólidos e inertes e o mapeamento com os Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS). Reserva, ainda, expertise no Processamento Digital destinado às imagens da Terra.

Disciplinas correlatas com a temática da chamada:

Pós-Graduação: Fundamentos em Fotogrametria com RPAs (Vants / Drones)

Pós-Graduação: Processamento Digital de Imagens da Terra

Graduação: Topografia

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2522406502464981>

Prof. Dr. Jarbas Dias Lima Sampaio é Graduado em Geologia pela UFMG, possui Mestrado e Doutorado em Geografia - Tratamento da Informação Espacial, Área de concentração: Análise Espacial pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG). Atualmente é professor na UFMG, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia responsável por disciplinas nos cursos de graduação de Geologia e Geografia. Tem experiência profissional na área de Geociências atuando nas áreas de Geoprocessamento (Sistemas de Informações Geográficas, Processamento digital de imagens), Cartografia. Desenvolveu em um ambiente SIG o inventário digital da APA (Área de Proteção Ambiental) Carste Lagoa Santa. Atua em projetos de pesquisa e extensão nas áreas mencionadas acima.

Disciplinas correlatas com a temática da chamada:

Graduação: Fundamentos de Geologia

Graduação: Geoprocessamento aplicado ao mapeamento Geológico

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6798140226845716>

8.3 Equipe - Estudantes

Edemir Ferreira de Andrade Junior

Matrícula UFMG: 2016701395

Categoria: D1 - Doutorando em Ciência da Computação (Doutorando 1-CC).

Conhecimento: aprendizagem de máquina, classificação, deep learning e visão computacional

Função: treinamento e avaliação da ferramenta de classificação por inteligência artificial e algoritmos de aprendizado de máquina

Período: 8 semanas

Ícaro Neri Pereira de Souza

Matrícula UFMG: 2019659675

Categoria: D1 - Doutorando Geografia (Doutorando 2-GEO)

Conhecimento: Geoprocessamento, Cartografia.

Função: Coordenação dos graduandos na pré-processamento de dados, na edição cartográfica e no apoio de campo

Período: 8 semanas

Pedro Henrique Targino Gama

Matrícula UFMG: 2019662552

Categoria: M1 - Mestrando em Ciência da Computação (Mestrando 1-CC)

Conhecimento: programação (python), aprendizagem de máquina, processamento de imagens.

Função: implementação da ferramenta de classificação por inteligência artificial e respectivo plugin para ArcGIS



Período: 8 semanas

Daniel Henrique Carneiro Salim

Matrícula UFMG: 2019655564

Categoria: M1 - Mestrando em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais (Mestrando 2-MOD)

Conhecimento: Engenheiro Ambiental, aerolevanteamento com RPA, GNSS.

Função: planejamento e operação do RPA, levantamento topográfico, reambulação.

Período: 8 semanas

Pedro Henrique Lucena

Matrícula UFMG: 2017088700

Categoria: IX - Graduando em Engenharia Civil (Graduando 1-EC)

Conhecimento: geoprocessamento, levantamento topográfico convencional e GNSS.

Função: apoio de campo, controle de qualidade posicional, temático e edição de mapas.

Período: 8 semanas

Pedro Marques Gomes de Moura

Matrícula UFMG: 2017088700

Categoria: IX - Graduando em Geografia (Graduando 2-GEO)

Conhecimento: Geoprocessamento e cartografia

Função: Pré-processamento de dados, edição cartográfica e eventual apoio de campo

Período: 8 semanas

João Vitor Pereira Sabino

Matrícula UFMG: 2017077156

Categoria: IX - Graduando Geografia (Graduando 3-GEO)



Conhecimento: geoprocessamento, cartografia

Função: edição de dados, geoprocessamento, apoio de campo

Período: 8 semanas

Julia Glenda Ribeiro

Matrícula UFMG: 2019091130

Categoria: IX – Graduanda em Geografia (Graduando 4-GEO)

Conhecimento: geoprocessamento e editoração de mapas em QGIS

Função: pré-processamento e edição dos dados, tabulação e reambulação.

Período: 8 semanas

Isabella Aparecida Marquezini

Matrícula UFMG: 2017077396

Categoria: (Cod) Graduanda Geografia (Graduando 5-GEO)

Conhecimento: levantamento e análise de solo, geoprocessamento.

Função: levantamento e amostragem de campo, geoprocessamento e reambulação.

Período: 8 semanas

8.4 Plano de Trabalho dos Bolsistas

O plano de atividade dos bolsistas está vinculado às atividades propostas nos itens **3. Metodologia** e **4. Sequência e cronograma das atividades**. Cada professor bolsista é responsável por uma ou mais etapas do projeto, conforme a **Tabela 01**, cuja atividade está sucintamente descrita na **metodologia**. Devido ao prazo curto para a execução de um projeto de grande complexidade e necessidade de alta precisão e acurácia, será imprescindível o apoio de alunos bolsistas nas diversas fases do projeto. A cada um dos alunos foi dada uma denominação/código (ver item **8.3 Equipe de estudantes**), e estes códigos também estão claramente apresentados na **Tabela 1**. Os alunos não serão responsáveis por coordenar nenhuma das etapas, mas executarão as atividades sob a supervisão dos professores.



9. INFRAESTRUTURA

IGC / LabGeo: O Laboratório de Geoprocessamento do Instituto de Geociências da UFMG conta com 34 computadores desktop em rede em uma sala climatizada para finalidade de ensino e capacitação profissional em ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. A infraestrutura será utilizada para promoção de workshop de treinamentos a consulta e operação da plataforma interativa.

IGC / Laboratório de Topografia: O Laboratório de Topografia do Instituto de Geociências da UFMG conta com instrumentos precisos de mensuração, tais como estações totais topográficas, níveis e receptores GNSS geodésicos, que poderão ser utilizados em campo para verificação da qualidade posicional dos dados coletados pelas equipes dos demais subprojetos..

ICEX / PATREO: O Pattern Recognition and Earth Observation Laboratory (PATREO) é composto por alunos de doutorado, mestrado e iniciação científica e está vinculado ao Departamento de Ciência da Computação (DCC). Atualmente, contamos com: servidores de armazenamento e backup (88 TB de capacidade); servidores de processamento com virtualização em múltiplos processadores (152 cores); alta capacidade de memória RAM (1,14 TB); e servidores para processamento pesado (12 GPUs -- Geforce GTX Titan X). A infraestrutura do DCC também conta com uma excelente rede local, com pessoal dedicado ao suporte. Por ser responsável por um dos grandes pontos de presença da RNP, o POP-MG, o DCC conta ainda com conexão privilegiada à Internet e Internet-2. É importante destacar ainda que, além da infraestrutura física, o DCC provê suporte administrativo profissional de alta qualidade.

O PATREO desenvolve pesquisa em tópicos de aprendizado de máquina, processamento de imagens e visão computacional com foco principalmente em aplicações para monitoramento da superfície terrestre, o que requer o processamento de imagens de sensoriamento remoto.

10. REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 13133:** *Execução de levantamento topográfico*, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, maio, 1994.

ABNT. **NBR 14166:** *Rede de referência cadastral municipal – procedimento*, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, ago., 1998.

ABNT. **NBR 15777:** *Convenções Topográficas – procedimento para as escalas 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000 e 1:1.000*, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, nov., 2009.

AMARAL, M. V. et al. Moreia. Avaliação e comparação de métodos de classificação de imagens de satélites para o mapeamento de estágios de sucessão floresta. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 575-582, 2009.



ARIZA-LÓPEZ, F.J. *Calidad en la Producción Cartográfica*. 1. ed. Madrid, Espanha: Editora RaMa, 2002a. 389p. ISBN 84-7897-524-1.

ARIZA-LÓPEZ, F.J. Trabalho de investigação: Curva Operativa para el control de Calidad Posicional en Cartografía. Concurso para laprovisión de una plaza de Catedrático de Universidad. Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. Jun. 2002b, Universidad de Jáen, Jaén.

BRASIL. Decreto nº 89.817 de 30 de março de 1983. Normas para o controle de qualidade de documentos cartográficos. Brasília, Diário Oficial da União, 1984. Disponível em: <<http://www.concar.ibge.gov.br/FCCA32.HTM>>. Acesso em: 20 dez. 2003.

CINTRA, J. P.; NERO, M. A. New method for positional cartographic quality control in digital mapping. *Journal of Surveying Engineering*, v. 141, p. 04015001-1-04015001-10, 2015.

CONCAR, 2011. Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais. *Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais*. Brasil. 2011. 2.ed.

CONCAR, 2016. Norma da Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG). *Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais*. Brasil. 2016. 1.ed.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, Amsterdam, v. 37, n. 1. p. 35-46, 1991.

CONGALTON, R. G. GREEN, K. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. Ed. 2. Boca Raton: CRC Press, 2008.

FARIA, T. S. Classificação em área urbana apoiada em imagens aéreas e dados LIDAR. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências-UFMG. Belo Horizonte, 2017. 94p.

FERNANDES, R. R. et al. Classificação orientada a objetos aplicada na caracterização da cobertura da terra no Araguaia. *Revista Brasileira de Agropecuária*, Brasília, v. 47, n. 4. p. 1251-1260, 2012.

FERRAZ, S. F. DE B., VETTORAZZI, C. A., THEOBALD, D. M. (2009). Using indicators of deforestation and land-use dynamics to support conservation strategies: A case study of central Rondônia, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 257(7), 1586–1595.

FERREIRA, D. G. O uso do solo e os padrões de vento: o caso da cidade de Belo Horizonte, MG. 2009. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

GONÇALVES, M. L. et al. Classificação não-supervisionada de imagens de sensores remotos utilizando redes neurais auto-organizáveis e métodos de agrupamentos hierárquicos. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 60, n. 1. p.17-29, 2008.

ISO. ISO 19103:2005. *Geographic information - Conceptual schemalanguage*. International Organization for Standardization (ISO), 2005.



ISO. ISO 19113:2002. *Geographic information - Quality principles*. International Organization for Standardization (ISO), 2002.

ISO. ISO 19114:2003. *Geographic information - Quality evaluation procedures*. International Organization for Standardization (ISO), 2003a.

ISO. ISO 19115:2003. *Geographic information - Metadata*. International Organization for Standardization (ISO), 2003b.

ISO. ISO 19115-1:2014. *Geographic information - Metadata - Part 1: Fundamentals*. International Organization for Standardization (ISO), 2014.

ISO. ISO 19138:2006. *Geographic information - Data quality measures*. International Organization for Standardization (ISO), 2006.

ISO. ISO 19139:2007. *Geographic information - Metadata - XML schema implementation*. International Organization for Standardization (ISO), 2007.

ISO. ISO 19157:2013. *Geographic information - Data quality*. International Organization for Standardization (ISO), 2013.

ISO. ISO 2859-0:1995. *Sampling procedures for inspection by attributes - part 0: introduction to the ISO 2859 attributes sampling system*. International Organization for Standardization (ISO), 1995.

ISO. ISO 2859-1:1999. *Sampling procedures for inspection by attributes - Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*. International Organization for Standardization (ISO), 1999.

MCGARIGAL, K. 2007. Habitat fragmentation. *Encyclopedia of Geographic Information Science*, K. K. Kemp, ed. Sage Publications.

NERO, M. A. Propostas para o controle de qualidade de bases cartográficas com ênfase na componente posicional. Tese (doutorado). Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2005. 291p.

PONZONI, F. J.; ALMEIDA, E. S. A estimativa do parâmetro Kappa (K) da análise multivariada discreta no contexto de um SIG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. Anais... Salvador: Inpe, 1996. p. 729-733.

ROVEDDER, J. Validação da classificação orientada a objetos em imagens de satélite ikonos II e elaboração de indicadores ambientais georreferenciados no município de Torres, planície costeira do Rio Grande do sul. 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

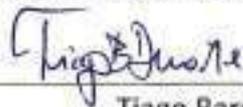


ATA DA REUNIÃO DE JULGAMENTO DA CHAMADA



ATA DA REUNIÃO DE JULGAMENTO DA CHAMADA 02/2019 NO DIA 29.11.2019

No dia 29 de novembro de 2019, às 17h30, reuniram-se, na sala 6009 do prédio da Reitoria da Universidade Federal de Minas Gerais, situada à Avenida Presidente Antônio Carlos, nº 6627, Pampulha, 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 Ferreira, Gustavo Ferreira Simões e o Secretário Executivo do "Projeto Brumadinho-UFMG", Tiago Barros Duarte. Tendo sido previamente encaminhado o Subprojeto para exame, foi examinada a PROPOSTA submetida pelo Professor Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega. O Professor Fabiano Lara, devido a compromissos relacionados às atividades do projeto, saiu às 18h26 e participou apenas da discussão inicial, sem apresentar seu parecer verbal sobre proposta. Foi identificado que o Projeto apresentado pelo Professor Rodrigo Nóbrega cumpriu os requisitos formais de submissão. Examinado e discutido o mérito da proposta apresentada, conforme item 6.3 da Chamada 02, verificou-se que a proposta preenche os objetivos completamente, com elevada qualidade, concluindo, por unanimidade pela APROVAÇÃO COM AJUSTES no que diz respeito ao tamanho da equipe e à quantidade e justificativa dos equipamentos solicitados. Quanto à equipe, constatou-se sobreposição de atividades, o que não justifica a remuneração completa da equipe, solicitando-se, assim, um corte no orçamento em 50%. Quanto aos equipamentos, com base na infraestrutura apresentada na proposta e o período de vigência curta de execução do projeto, a aquisição dos materiais permanentes não foi considerada justificável pelo Comitê, que solicitará a redução de 50% no orçamento de material permanente. Com relação às despesas de custeio, o Comitê solicitará detalhamento completo da utilização das diárias, aluguel de veículos e combustível, relacionando as atividades em campo a serem executadas. Com relação ao item do orçamento "Insumos para o mapeamento", será necessário que o proponente apresente justificativa detalhada para a aquisição do MDT para ortorretificação das imagens, uma vez que se trata de uma atividade prevista na proposta. Encerrou-se a reunião às 19h31. 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, 29 de novembro de 2019.



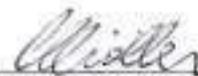
Tiago Barros Duarte



Adriana Monteiro da Costa



Carlos Augusto Gomes Leal



Claudia Carvalhinho Windmöller



Claudia Mayorga



Efigênia Ferreira e Ferreira

reiter

Fabiano Teodoro Lara

Fabiano Teodoro Lara

Gustavo Ferreira Simões

Gustavo Ferreira Simões

Ricardo Machado Ruiz

Ricardo Machado Ruiz



RECURSOS E ADEQUAÇÕES



JUSTIFICATIVA DELIMITAÇÃO DA BACIA DO FERRO-CARVÃO

CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA Nº 02/2019 MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DO SOLO NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO FERRO-CARVÃO, BRUMADINHO-MG

Para a Chamada Projeto Brumadinho-UFMG Nº 2-2019, que tem como objeto o Mapeamento de Uso e Cobertura do Solo da área, foi delimitada, inicialmente, como área de estudo a bacia hidrográfica do Ribeirão Ferro-Carvão, localizada no município de Brumadinho-MG.

A delimitação desta área tem por objetivo fornecer informações detalhadas acerca do mapeamento de uso e cobertura do solo em três momentos distintos: antes, imediatamente após desastre e atual na bacia. Os mapeamentos irão subsidiar os estudos de diagnósticos, monitoramento e proposição de ações de reparação e recuperação na bacia. Uma análise espaço-temporal na bacia do Córrego Ferro-Carvão se faz necessária em virtude dos impactos diretos do rompimento da Barragem B1, nos diferentes usos e ocupações nesta área. Destaca-se a necessidade de identificação e delimitação das áreas onde ocorreu a deposição da lama, impactos em áreas de APP's, vegetação nativa, alterações na morfologia fluvial dos cursos d' água, impactos nas nascentes, dentre outros.

Assim, destaca-se que poderá haver outra (s) chamada (s) de mapeamento do uso e cobertura do solo, em outras áreas localizadas entre Brumadinho e Três Marias, conforme demandas do juízo, contudo, em virtude das especificidades do impacto, estas terão objetivos específicos, diferentes dos propostos na Chamada Interna 02/2019.



Prezados Membros do Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG

Em resposta às solicitações de ajustes relativa à proposta de projeto "Mapeamento de uso e cobertura do solo na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho-MG", Chamada Interna Induzida 02/2019 da Pró-Reitoria de Extensão, estamos encaminhando um novo projeto ajustado para apreciação, além dos *Termos de Ética e de Confidencialidade* assinado por todos os componentes da equipe.

Em relação as modificações solicitadas, a equipe fez uma reavaliação interna da metodologia de trabalho e produtos correlatos, o que permitiu uma adequação em termos de *Equipe, Equipamentos e Despesas de Custeio*. Não houve redução na rubrica *Insumos para Imageamento*. Após a revisão, houve uma redução em **22,2%** no orçamento, sem considerar as taxas da Resolução 10/95. Apesar da significativa redução do orçamento, não conseguimos atender os valores sugeridos, visto que algumas etapas são essenciais na obtenção do produto final que possua qualidade geométrica e posicional que permita a correta classificação temática e cálculo de áreas em escala de detalhe condizente aos objetivos deste trabalho. Ressaltamos que a metodologia proposta permitirá a elaboração de produtos que darão segurança às decisões do Juízo.

De forma a justificar nosso comprometimento com a qualidade cartográfica, mantemos os seguintes pontos não contemplados no edital:

- 1- Aferição da qualidade do posicionamento das imagens adquiridas pela empresa fornecedora dos insumos, o que necessita de uma etapa de campo antes do processamento e classificação das imagens;
- 2- Ortorectificação das imagens em um modelo digital de terreno (MDT) de alta resolução espacial. Este ponto é crucial neste trabalho, pois (1) o município de Brumadinho é montanhoso, o que causa distorções nas imagens; e (2) as imagens orbitais padrão fornecidas pelas empresas são ortorectificadas a partir de um MDT grosseiro, disponibilizado gratuitamente na internet (SRTM, ALOS ou Aster), o que não asseguram a qualidade geométrica e a compatibilidade das imagens para com bases cartográficas municipais em áreas rurais. Para ter acesso ao MDT de alta resolução, este deve ser obrigatoriamente adquirido;
- 3- Mapa espacializando a dinâmica de mudança pontual do uso e cobertura da terra, visto que o edital apenas solicita os quantitativos das classes em cada período;
- 4- Aferição da qualidade cartográfica dos produtos finais, com aferição do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) dentro da melhor escala possível, segundo a legislação federal.

Também salientamos que devido a adequação no número de pessoas da equipe e nas despesas de custeio, infelizmente tivemos que retirar alguns produtos oferecidos em nossa proposta original, apesar de acrescentarem grandes possibilidades analíticas ao Projeto Brumadinho como um todo:

- 1- A etapa de reambulação em campo, que trará perdas na qualidade dos topônimos dos mapas gerados;
- 2- O cálculo das métricas da paisagem e perfis de transformação, que seria um adicional na etapa de diagnóstico dos impactos do rompimento sobre os fragmentos florestais;
- 3- Plugin do classificador Deep Learning para ArcGis, no qual seria possível classificar novas imagens da região, em qualquer data, de maneira automatizada.

Isto posto, devido ao ajuste de produtos e readequação das atividades, o ajuste na rubrica **pessoal** realizado foi de **33,6%** do valor original, e consistiu em:

- 1- Retirada de um professor pesquisador da equipe;
- 2- Redução em 50% do valor da bolsa de um professor pesquisador;
- 3- Redução em 25% do valor das bolsas de 4 professores pesquisadores;
- 4- Retirada de um aluno de doutorado da equipe;
- 5- Redução em 50% do valor da bolsa de um aluno de mestrado;
- 6- Retirada de um aluno de graduação;
- 7- Redução em 25% dos valores das bolsas dos demais alunos de graduação.

A readequação do tempo de trabalho da equipe está apresentada no projeto, ressaltando que os alunos exercem atividades de apoio supervisionadas pelos professores pesquisadores em algumas atividades que são essenciais (p.ex. trabalho de campo e edição de mapas).

Em relação ao **equipamento**, a redução na aquisição foi de **25,7%**, e como alguns deles são essenciais ao trabalho, entendemos que devem ser mantidos. Neste sentido, retiramos da proposta:

- 1- Uma placa de vídeo;
- 2- 2 computadores;
- 3- 2 baterias para o drone;
- 4- Uma unidade inercial para o drone;
- 5- Uma câmera infra-vermelha;

As atividades que compõe a rubrica de **despesas de custeio** também foram readequadas, e neste sentido houve uma otimização da logística. Assim, a redução no orçamento foi de **16%**, e a previsão é a realização de duas campanhas de campo de 3 dias, com dois veículos e a equipe de campo necessária.

Por fim, gostaria ainda de reforçar que o cronograma de atividades está bastante condensado, e que o **mesmo apenas poderá se iniciar (semana 01 do cronograma de atividades) após a aquisição dos insumos (equipamentos e imagem) pela FUNDEP.**

Por fim, agradecemos pela proatividade do Comitê Técnico Científico e pela oportunidade oferecida de ajuste da proposta. Continuamos a disposição para esclarecimentos adicionais

Cordialmente



Prof. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega

MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DO SOLO NA SUB- BACIA DO RIBEIRÃO FERRO- CARVÃO, BRUMADINHO-MG Projeto Brumadinho-UFMG 2019

UFMG

UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MINAS GERAIS



Programa de Pós-Graduação em
Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais
**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MINAS GERAIS**
Av. Antonio Carlos 6621,
Belo Horizonte, MG, 31273-901
Tel: 55 31 3409-5434, 3049-5494
modelagem@pqs.ufmg.br
www.ccc.ufmg.br/modelagem



21



SUMÁRIO

Conteúdo

1. INTRODUÇÃO	2
1.1 Caracterização do problema e síntese da solução proposta	2
1.2 Compromisso com a qualidade das informações	3
1.3 Viabilidade e Mérito da Proposta:	4
1.4 Objetivos	5
2. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS E ATIVIDADES	7
2.1 Aquisição e Análise das Imagens Multitemporais	7
2.2 Controle de Qualidade Posicional das Imagens	8
2.3 Mapeamento das Classes de Cobertura e Uso da Terra	9
2.4 Controle de Qualidade Temática	11
2.5 Espacialização das Áreas de Proteção Ambiental	11
3. METODOLOGIA	12
3.2 Classificação do uso e da Cobertura e Uso do Terra	15
3.3 Análises e Quantificações	16
3.4 Compilação dos Mapas	18
3.5 Finalização e Entrega dos Produtos	18
4. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES	19
5. ORÇAMENTO	21
6. CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO	22
7. INDICADORES DE CUMPRIMENTO DAS ATIVIDADES	22
8. EQUIPE DO PROJETO	22
8.1 Coordenação Geral	22
8.2 Equipe - Professores	23
8.3 Equipe - Estudantes	27
8.4 Plano de Trabalho dos Bolsistas	28
9. INFRAESTRUTURA	29
10. REFERÊNCIAS	29



1. INTRODUÇÃO

1.1 Caracterização do problema e síntese da solução proposta

Em janeiro de 2019, pouco mais de três anos após o rompimento da barragem de Fundão, no município de Mariana, Brumadinho tornou-se palco de um dos maiores desastres de rompimento de barragem de rejeitos de mineração da história. O colapso da barragem I da Mina Córrego do Feijão, controlada pela empresa Vale S.A, gerou uma onda de lama com um volume de 11,7 milhões de metros cúbicos de rejeitos que atingiu a área administrativa da mina, bem como a comunidade da vila Ferteco e propriedades no entorno do ribeirão Ferro-Carvão, causando a morte de 257 pessoas e mais de 10 desaparecidos, além de graves impactos ambientais, sociais, econômicos e em patrimônios por toda a bacia a jusante do Rio Paraopeba e parte do Rio São Francisco.

No intuito de apoiar as decisões jurídicas sobre o ocorrido por meio da ciência, foi concebido o “Projeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do colapso da Barragem da Minas Córrego Feijão” (Projeto Brumadinho-UFMG), aprovado em audiência e consolidado mediante o termo de Cooperação Técnica Nº 037/19, firmado entre a UFMG e o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte. O projeto visa auxiliar o Juízo a identificar e avaliar os impactos resultantes do rompimento da barragem em diversas temáticas e escalas, apresentando as necessidades de recuperação e reconstrução ao longo da área de influência do desastre. Um Comitê Técnico Científico foi organizado, composto por profissionais da UFMG de diversas áreas do conhecimento, os quais são responsáveis pela coordenação das ações desenvolvidas no âmbito do projeto, realizando “Chamadas” que tenham pertinência com os objetivos do Projeto Brumadinho-UFMG.

Neste sentido, foi divulgada a “Chamada Pública Interna Induzida Nº 02/2019” a qual trata da proposição para a realização de mapeamentos de uso e cobertura do solo em três momentos distintos na bacia. Esta proposta visa atender à demanda apresentada nesta chamada pública por meio de uma equipe multidisciplinar da UFMG, liderada pelo Instituto de Geociências (IGC), através dos Programas de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Ciências Ambientais, com a participação de professores dos Departamentos de Cartografia e Geografia do mesmo instituto e do Departamento de Ciências da Computação do Instituto de Ciências Exatas (ICEX). A metodologia inclui análises e pré-processamentos nas imagens orbitais de forma a assegurar a qualidade geométrica e a compatibilidade das mesmas para com bases cartográficas municipais em áreas rurais (IBGE, 2008; IDOETA, 2007). Assegurada a qualidade geométrica, são elaboradas extrações de feições para a classificação do uso e cobertura da terra na área de estudo. A classificação proposta utiliza técnica de *deep learning*, que corresponde ao estado da arte em inteligência artificial na extração de informações em sensoriamento remoto. Paralelo a isso, serão mapeadas as áreas de proteção ambiental utilizando o modelo digital de terreno preciso e informações complementares como nascentes e cursos d’água. Serão produzidos mapas referentes as classes de cobertura e uso da terra, bem como áreas de proteção, declividade, índices de vegetação e de mudanças na paisagem. As classes de uso e ocupação da terra serão tabuladas, bem como sua intersecção com as áreas de proteção ambiental. Todos os produtos serão devidamente documentados e padronizados para inserção em um sistema de banco de dados geográficos e/ou infraestrutura de dados espaciais (IDE).



1.2 Compromisso com a qualidade das informações

A presente proposta foi dimensionada para prover informações precisas de forma a subsidiar análises técnicas e ações judiciais, não apenas no tocante a veracidade das classes da cobertura e do uso do terreno e da dimensão temporal, sobretudo da veracidade geométrica das imagens e das demais informações geográficas que compõem a base das análises. A qualidade cartográfica dos dados para assegurar métricas assertivas em um processo judicial é o principal argumento para justificar a solicitação de imagens orbitais ortorretificadas e um modelo digital de terreno de alta resolução.

Ao contrário das informações crescentes sobre o poder das imagens orbitais e aero levantadas e suas respectivas facilidades de uso, há uma série de considerações e processamentos que devem ser cuidadosamente considerados quando o objetivo do mapeamento é prover o posicionamento e métricas de área e volume das feições do terreno. Segundo Lima (2013) “*o uso indiscriminado dessas tecnologias deve ser evitado, pois imagens sem o tratamento adequado possuem distorções que podem inviabilizar sua utilização cartográfica e pericial*”, o que reforça a preocupação em prover qualidade nos produtos do presente trabalho. Para tanto, a metodologia aqui proposta contempla o emprego de imagens de alta resolução espacial ortorretificadas por um modelo digital de terreno preciso e com resolução espacial compatível à das imagens multispectrais.

O compromisso com a qualidade das informações cartográficas depende da metodologia e do rigor das análises, contudo está diretamente ligado à qualidade das bases de dados utilizadas. O Modelo Digital do Terreno (MDT) é peça-chave nesse processo, não apenas para garantir a perfeita ortorretificação das imagens, como também para permitir a análise e o delineamento da superfície (vide Figura 1) para o mapeamento das áreas de proteção ambiental.

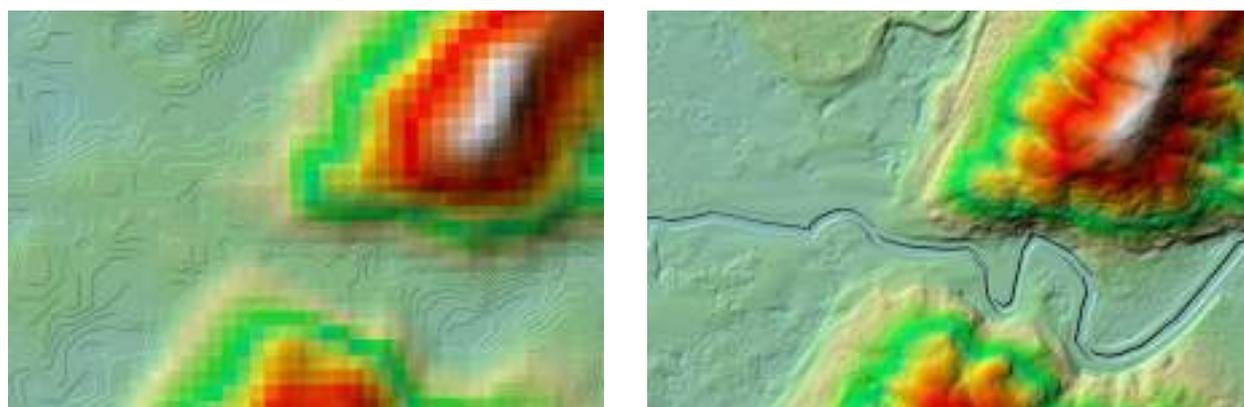


Figura 01. Modelo Digital de Terreno derivado do SRTM (pixel de 900m²) e do AW3D (pixel de 1m²)

A Cartografia é muito sensível ao fato de que a geometria original das imagens, aéreas ou orbitais, pelo aspecto cônico da formação das cenas, induz a distorções geométricas que impactam severamente a qualidade do mapeamento (MIKHAIL, BETHEL e MCGLONE, 2001; PINILLA, 1995). Outro fator de elevada influência e que causa distorções nas medidas é a variação altimétrica do terreno, que gera discrepâncias na escala de representação dos objetos imageados, fator esse marcante na área de estudo de estudo (BOCCARDO et.al, 2004; GRIPP JUNIOR, 2009; MEDICE, 2009; MEGURO e FRASER, 2010; POLI e TOUTIN, 2010).



Um terceiro fator a ser considerado é o ângulo zenital da tomada da imagem que, embora em menor intensidade, impacta na qualidade das medidas (FRASER e RAVANBAKHS, 2009; TOUTIN, 2011). Todos esses fatores passam a ser compensados matematicamente com a introdução de uma superfície utilizada para modelar gradualmente e localmente as distorções (vide Figura 02). A superfície em questão é o Modelo Digital de Terreno, que quanto mais refinado, mais eficiente.

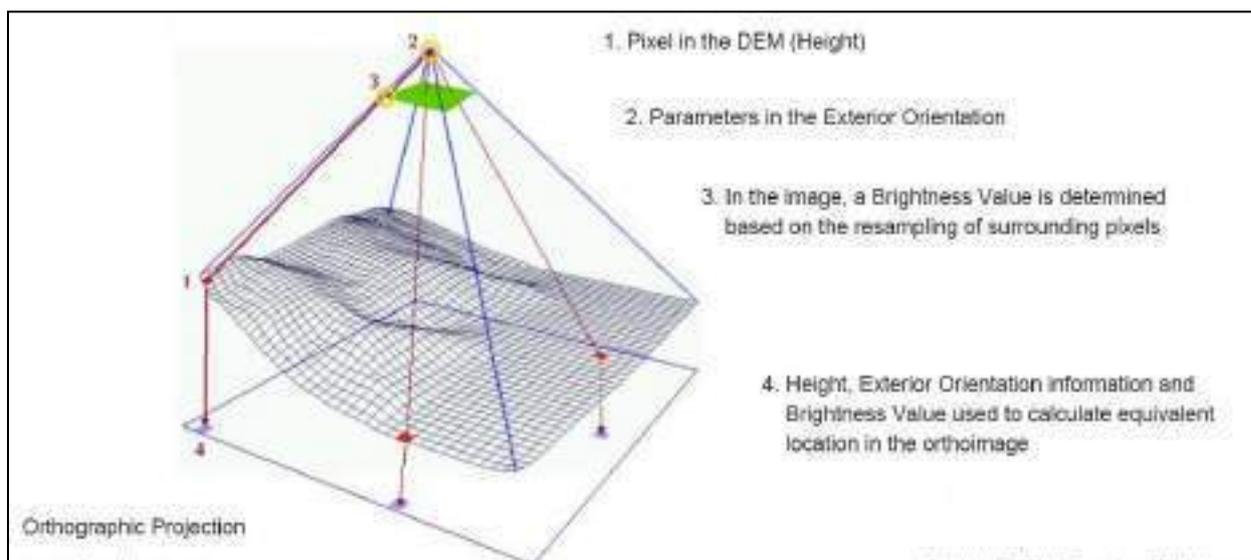


Figura 02. Processo de ortorretificação de imagens de sensores remotos (Leica Geosystems 2005)

Neste sentido, e antecipando a solução para eventuais inconsistências e questionamentos quanto a qualidade cartográfica do documento como base das análises, esta proposta está fundamentada no emprego de materiais e métodos comprovadamente eficientes e que atendem ao rigor cartográfico necessário para embasar as análises e decisões do Comitê Técnico Científico e do Juízo. Em síntese, este trabalho deverá ser pautado em níveis de precisão e acurácia muito superiores aos trabalhos de mapeamento e quantificação das classes de uso e cobertura da terra geralmente desenvolvidos em um contexto não judicial desta magnitude.

1.3 Viabilidade e Mérito da Proposta:

Por fornecer ao Comitê Técnico Científico informações espaciais e diagnósticos mensuráveis na área afetada pelo rompimento da barragem, a proposição do mapeamento multitemporal da cobertura e do uso da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão demonstra forte viabilidade para subsidiar a tomada de decisão do Juízo. A proposta foi elaborada por uma equipe multidisciplinar de profissionais com amplo conhecimento científico e experiência profissional comprovada na área.

Pelo seu caráter técnico, a proposta incorpora dados, ferramentas e metodologias de vanguarda nas áreas de Sensoriamento Remoto (imageamento orbital multiespectral de alta resolução



espacial), além da utilização de drones¹, aqui denominados RPA (acrônimo do termo inglês *Remotely Piloted Aircraft*) para coleta e verificação de pontos de controle, Geoprocessamento (análise multi-temporal), Cartografia (controle de qualidade posicional controle de qualidade temático e pós-processamento topográfico) e Computação (classificadores *deep learning* de inteligência artificial e processamento em placas gráficas de vídeo). Desta forma, o mérito da proposta incorpora uma equipe de profissionais altamente qualificada, além de uma infraestrutura adequada ao desenvolvimento pleno desta proposta. Merece destaque também o rigor metodológico que será aplicado a todas as fases de execução.

Outros aspectos a serem destacados são a experiência da equipe, sua interdisciplinaridade, a sinergia entre os pesquisadores do Departamento de Ciência da Computação, Geografia e Cartografia, a infraestrutura disponível e mobilizada para o projeto, além do desenvolvimento de diversas pesquisas nesta área e produção acadêmica de ponta, evidenciada nos currículos dos componentes da proposta. Cabe também destacar que todos os professores da equipe possuem vasta experiência acadêmica ministrando aulas nas temáticas envolvendo esta proposta nos diversos programas de Pós-Graduação e Graduação.

1.4 Objetivos

Esta proposta tem o objetivo geral identificar, diagnosticar e avaliar o uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão (Brumadinho/MG) apoiado no conjunto de Geotecnologias (i.e., imagens de satélite, levantamento aéreo por veículo não tripulado, posicionamento por GNSS, processamento digital de imagens por *deep learning*, análise espacial via sistemas informativos geográficos) em perspectiva multitemporal considerando três momentos: (1) momento imediatamente anterior ao rompimento da Barragem I; (2) momento imediatamente após o rompimento; e (3) momento atual.

Os objetivos específicos são:

- Identificar, mapear e quantificar as áreas impactadas pelo desastre, a partir da classificação supervisionada de imagens de alta resolução espacial, utilizando softwares de processamento digital de imagens na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, em três momentos : (1) antes do rompimento (entre dezembro de 2018 e 25/jan/2019); (2) imediatamente após o rompimento (após 25/jan/2019 até 01/fev/2019); e (3) atual (dez/2019 a fev/2020);
- Aferir a qualidade cartográfica do mapeamento considerando a normativa legal brasileira vigente para o Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC (BRASIL, 1984) e PEC-PCD (CONCAR, 2011, 2016), bem como os indicadores de qualidade temática dos mapas gerados conforme Amaral et al (2009), Ariza-López (2002a, 2002b); o que é aqui de fundamental importância por meio da aferição dos resultados, de modo a garantir que os cálculos, bem como simulações e/ou prevenção de catástrofes sejam efetivas e eficazes;

¹ Drone e VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) serão considerados nesse documento como RPA (*Remotely Piloted Aircraft*), em atendimento ao jargão técnico internacional em Cartografia e Sensoriamento Remoto.



- Apresentar cartas temáticas, tabulação de informações e relatórios detalhados de modo a demonstrar o espectro da continuidade espacial e temporal e a dinâmica do uso e cobertura da terra na sub-bacia;
- Elaborar diagnóstico através das informações oriundas dos mapeamentos do uso e cobertura da terra para subsidiar o monitoramento das condições da sub-bacia para a proposição de ações de reparação aos atingidos e recuperação do meio ambiente;
- Treinar um algoritmo de reconhecimento de padrões baseado em inteligência artificial (*deep learning*) para a área de estudo e utilizá-lo para a classificação da cobertura e uso da terra nas imagens orbitais multispectrais;
- Calcular as métricas relativas a cada classe mapeada, quantificando as áreas (em hectares e em metros quadrados), demonstrados nas tabelas de atributos dos projetos, em planilhas, gráficos e nos relatórios;
- Gerar e disponibilizar documentos cartográficos (i.e., cartas planimétricas, planialtimétricas, cartas-imagens, mapas temáticos, imagens ortorretificadas) que possam ser utilizados pelas demais equipes do Projeto Brumadinho - UFMG; fortalecendo ainda mais a necessidade de se produzir um material confiável e que vai ser utilizado como referência para outros trabalhos na região;
- Criar base de dados em formato compatível com a Infraestrutura de Dados Espacial contratada na Chamada Pública Interna Induzida Nº 01/2019 (podendo esta ser em formato vetorial, matricial, *geopackage*, *spatial lite*, etc., ou seja dentro das especificações repassadas pela equipe responsável pela plataforma interativa) incluindo os seus respectivos metadados, (tanto para os dados primários, quanto para os secundários.
- Apresentar um relatório parcial 30 dias após a assinatura do contrato e início dos trabalhos e final (no término da vigência do contrato) que servirão como memorial descritivo dos processos utilizados nos mapeamentos do uso e também da cobertura da terra, formando assim um acervo de estudos relacionados ao rompimento da Barragem I, para o Projeto Brumadinho - UFMG;
- Atender as demandas específicas do Juízo frente às mudanças no uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão.



2. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS E ATIVIDADES

2.1 Aquisição e Análise das Imagens Multitemporais

Para o desenvolvimento do trabalho é proposto a aquisição de imagens orbitais multispectrais ortorretificadas e com resolução espacial submétrica, bem como a aquisição de um Modelo Digital de Terreno com resolução espacial submétrica. Ambos produtos são vitais para o trabalho e a aquisição dos mesmos pela FUNDEP deve obrigatoriamente anteceder o início das atividades do projeto. A resolução espacial submétrica tem por finalidade possibilitar o reconhecimento e delineamento preciso das feições do terreno compatíveis às classes de cobertura e uso do solo elencadas na Chamada. Quanto à característica espectral, as imagens deverão possuir, no mínimo, uma banda pancromática e 4 bandas referentes aos comprimentos do espectro eletromagnético da onda nas faixas azul, verde, vermelho e infravermelho próximo, de forma a possibilitar a composição de imagens em cores verdadeiras e falsa-cor para classificação da mesma, o que permitirá a extração de feições desejadas. Por último, quanto a resolução radiométrica, será priorizado o emprego de imagens com resolução radiométrica superior ou igual a 11 bits (2048 níveis de cinza por banda), a fim de garantir maior capacidade do sistema sensor de medir as diferenças nos níveis de radiância do alvo e, conseqüentemente, em distinguir variações no nível de energia refletido por ele, facilitando portanto, sua discriminação (Jensen, 2006).

As imagens orbitais multispectrais deverão corresponder aos três períodos especificados na Chamada. Dois desses períodos já estão definidos, sendo T1: dez.2018 - 24 jan-2019, T2: 25 jan – 01 fev/2019. Essas duas imagens serão adquiridas a partir de consultas ao acervo das empresas fornecedoras. A terceira imagem deverá ser adquirida no período do verão 2019/2020. Será dada preferência para que as três cenas sejam oriundas do mesmo sensor, o que facilitará a padronização de operações de pré-processamento das imagens e extração de feições.

Entretanto, cabe reforçar que, mesmo priorizando imagens de sensores com revisitas em curto espaço de tempo, segundo rege a Chamada, o período exigido para o imageamento pode ser prejudicado devido à nebulosidade/cobertura de nuvens, o que pode resultar na disponibilidade de imagens anteriores e/ou posteriores às datas requeridas pelo edital. Esta nebulosidade pode atrapalhar a visualização dos dados, pois não há como contornar o problema através das chamadas correções atmosféricas. Caso não haja disponibilidade de imagens com qualidade, o Comitê Técnico Científico será consultado acerca da solução indicada pela equipe do projeto antes da aquisição.

Cabe ressaltar que uma característica indispensável da imagem é que esta seja ortorretificada a partir de um Modelo Digital do Terreno (MDT) preciso e que seja sensível às nuances da superfície. Como as imagens orbitais são obtidas a partir do nadir - visão vertical do terreno - desta forma, a grande variação da topografia na área de estudo (de cerca de 1500 m no divisor de águas da micro-bacia a cerca de 700 m já no encontro com o rio Paraopeba), faz com que a aquisição do MDT seja essencial para operações de medição precisa de áreas, distâncias, volumes e posicionamento por imagens neste trabalho. Sua não utilização pode subestimar e superestimar as medidas realizadas em áreas com declividade, prejudicando assim a eficiência do mapeamento e aquisição de dados métricos através da imagem e do MDT.



Assim sendo, a ortorretificação² é o processamento geométrico que assegurará ao trabalho características como a padronização da escala cartográfica a partir de ortogonalidade no processamento das imagens. A metodologia aqui proposta visa possibilitar o mapeamento compatível com padrões de precisão cartográfica (PEC) de primeira ordem para escala 1:10.000, ou seja, erro posicional da ordem de 1,35 m, escala compatível ao mapeamento de áreas rurais municipais.

2.2 Controle de Qualidade Posicional das Imagens

O controle de qualidade posicional tem por objetivo garantir que a imagem utilizada possua características geométricas que assegurem seu emprego na cartografia segundo os critérios técnicos sustentados pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) regida pelo Decreto Nº 6.666 de 27/11/2008. Para tanto, será realizado um sobrevôo aerofotogramétrico na área de estudo utilizando RPA equipado com método Pós-Processamento Cinemático (PPK, termo em inglês para *Post Processing Kinematic*), o qual alcança alta precisões decimétricas e possibilita a aferição da qualidade posicional da imagem orbital de alta resolução.

Embora forneçam agilidade e elevada liberdade de escolha para sobrevôos, os levantamentos voltados para a cartografia com RPAs, de um modo geral, precisam de uma quantidade expressiva de pontos pré-sinalizados de apoio. Estes são medidos com equipamentos dedicados e demandam tempo e custo. No método PPK, os dados de um receptor de satélites GNSS embarcado na aeronave são registrados durante todo o voo e armazenados para, após a coleta, serem pós-processados combinando com os dados de uma estação base GNSS instalada próxima ao local do projeto. Uma vantagem do RPA/PPK é que neste método não há dependência do link de telemetria em tempo real entre a estação base e o receptor a bordo da aeronave, como ocorre no RTK (*Real Time Kinematic*), método similar com receptores em plataforma fixa. Assim, não há risco de perda de dados devido a interrupções de link de comunicação.

De modo a atender a necessidade operacional, a implantação da estação base GNSS vai ser realizada em função de uma técnica geodésica conhecida como transporte de coordenadas planimétricas. O receptor GNSS de dupla frequência ficará rastreando durante 3 horas e o pós-processamento será com os dados das estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do IBGE instalada nas cidades de Belo Horizonte, Lavras e Varginha. Isso permitirá a fotoidentificação de ponto com melhor precisão que as imagens sendo geradas as coordenadas planimétricas com precisão e acurácia melhor que 10 cm.

Com relação à altimetria, será realizado uma tarefa similar com a RBMC, sendo que a diferença está na seleção dos locais para o transporte altimétrico de coordenadas. Deverá ser ocupado um par de estações geodésicas registrados e homologados pelo IBGE tratados por Referências de Nível (RRNN). Em função da informação do portal do IBGE (2019), são as RRNN localizadas na cidade de Brumadinho; registros 8113740 e 8113769. A correta amarração altimétrica é um

² É um processo que visa corrigir uma imagem, de modo que cada pixel é colocado na posição geométrica teórica como se eles tivessem sido imageados na vertical ou mais próximo desta situação. Desse modo, a **ortorretificação** tem por objetivo gerar uma imagem em que as distorções internas (do sistema) e externas (da paisagem) são corrigidas, tornando as **coordenadas mais precisas**, e **corrigindo os efeitos de perspectivas e a influência do relevo** (vales e morros) sobre a geometria da imagem.



pré-requisito para futuros trabalhos na região, como por exemplo o cálculo do volume de rejeito depositado, que poderá ser alvo de futuras chamadas, caso o CTC considere conveniente.

Serão coletados da imagem do RPA gerada cerca de 100 pontos, como previsto no presente edital. Nesta metodologia será empregado o processo de amostragem similar ao que foi aplicado em Nero (2005) e Cintra e Nero (2015), onde se determinou as áreas com classes de probabilidade de erros por meio de amostragem dirigida, aplicando-se a estatística com verificação e erro padrão, padrão de exatidão cartográfica, tanto para planimetria como para altimetria, com base no PEC-PCD (CONCAR, 2011, 2016).

2.3 Mapeamento das Classes de Cobertura e Uso da Terra

Neste trabalho serão mapeadas as classes temáticas obrigatórias indicadas na Chamada 02/2019, (página 6, parágrafo 2), contudo o contexto do mapeamento da cobertura e uso da terra aqui proposto não se limita as classes elencadas no Edital. Neste sentido, a proposta incorpora outras classes (e tipologias específicas das classes obrigatórias) a partir de conhecimento prévio da sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão no município de Brumadinho/MG, as quais foram estabelecidas com base nos diversos usos e ocupações da terra existentes nesta bacia. Algumas das classes aqui definidas possuem características universais, podendo ser estendidas também para outras áreas, caso exista a possibilidade de ampliação do mapeamento. Para que não haja dúvidas com relação à definição das mesmas nas imagens orbitais, será realizado uma chave de interpretação onde constará a descrição destas classes em termos de forma, padrão, textura, tamanho, tonalidade, etc., de modo que o leitor consiga visualizar exatamente o que foi classificado. Esta é uma parte do trabalho que não se encerra em sua definição, podendo ser acrescida ou retirada algumas das classes temáticas a partir das verificações de campo e do trabalho de classificação da imagem.

São elas:

- Pousio
- Cobertura vegetal Nativa
- Vegetação densa
- Vegetação rasteira
- Áreas de Reserva Legal³
- Pastagem
- Plantios agrícolas
 - Horticultura
 - Fruticultura
- Solo exposto
- Manchas urbanas/povoados
- Áreas ocupadas pela mineração (cava e atividades correlatas)

³ Não é possível extrair a reserva legal apenas das imagens, pois é necessário consulta aos cadastros oficiais, como por exemplo Cadastro Ambiental Rural ou dados de órgãos competentes.



- Infraestrutura
- Barragem de rejeitos
- Barragem de água (mineração)
- Acessos e circulação
 - Caminho
 - Estrada de terra
 - Estrada de asfalto
 - Ferrovia
 - Linha de transmissão de energia
- Corpos d'água
 - Cursos de água
 - Açudes/tanques de piscicultura
- Imóveis/infraestrutura rural
- Áreas de Preservação Permanente – APP's
- Espalhamento da lama de rejeito

Como pode ser visto acima, estes usos abrangem não somente temas relacionados à mineração e atividades correlatas, como também acessos, drenagem vegetação natural, manchas urbanas, tipos de cultivo agrícola e áreas de preservação e tentam abarcar toda a gama de uso e ocupação da terra na microbacia do Ferro-Carvão.

O processo de mapeamento será realizado em duas etapas distintas e complementares. Na primeira serão delineadas sobre as imagens ortorretificadas as feições geográficas correspondentes às classes supracitadas. Esse delineamento será manual através de técnicas de vetorização e por processos automáticos de segmentação de imagens digitais, e resultará em amostras para o processo de classificação supervisionada. De modo a garantir uma correta extração de informações, um dos bolsistas (de graduação), juntamente com um professor, ficarão encarregados de vetorizar as informações diretamente na tela da imagem, gerando mapas de classificação visual através do software QGIS. Outros alunos seguirão por outro caminho, o da classificação supervisionada das imagens de modo a poder alimentar a inteligência artificial e também para que se possa comparar os dois processos através do coeficiente de Kappa, cujo objetivo seria medir a confiabilidade dos dois processos diferentes nestes itens qualitativos.

Após esta etapa, serão realizados trabalhos de campo na área de estudo de modo a verificar quaisquer dúvidas resultantes dos dois processos de classificação das imagens, bem como verificar a possibilidade de maior detalhamento das classes já definidas no item 2.3 ou mesmo a necessidade de união de classes muito similares. Nos trabalhos de campo, as equipes também serão responsáveis pela averiguação do controle da qualidade posicional das imagens, conforme será descrito no item 2.4.



2.4 Controle de Qualidade Temática

O controle de qualidade temático será realizado com base no comparativo de dados obtidos por RPAs sobrepostos à imagem mais recente processada na presente proposta. O processo iniciará a partir da data mais recente, a fim de que sejam minimizadas inconsistências devido a variação temporal do imageamento e da coleta de campo.

Para tanto, será gerada a matriz de correlação do índice Kappa (Congalton e Green, 1999), conforme previsto e sendo analisados os valores obtidos no presente edital, de acordo com a tabela fornecida na Chamada. Serão considerados aprovados as classificações com índice Kappa considerado excelente, ou seja igual ou superior a 0,8.

Conforme prevê o presente edital, serão coletados pelo menos 100 pontos em campo com emprego de GNSS RTK, na Sub-Bacia Ferro Carvão, mas acrescidos da coluna uso da terra. Os pontos serão distribuídos aleatoriamente de forma a não criar viés na amostragem e na análise dos resultados. Deverão ser atendidos valores de acurácia temática no padrão excelente, conforme descrito anteriormente. Tais dados serão utilizados para validar tanto a imagem obtida por RPA como o mapeamento de uso do solo gerado por meio da imagem de satélite mais recente. Todos esses procedimentos serão apoiados em metodologias já consagradas e descritas com detalhe em Amaral (2009), Ariza-López (2020a, 2004), Congalton (1991), Congalton e Green (2008), Faria (2017), Fernandes et al (2012), Ferreira (2009), Gonçalves et al (2008), Ponzoni e Almeida (1996) e Roveder (2007).

2.5 Espacialização das Áreas de Proteção Ambiental

Deverão ser incorporadas no trabalho as Áreas de Proteção Permanente existentes na sub-bacia do Ribeirão Ferro Carvão. Será dada preferência para a utilização de polígonos oficiais de APPs definidos por órgãos competentes e, na inexistência desses dados, as APPs serão calculadas e delineadas por geoprocessamento pela equipe do projeto a fim de que possam ser identificadas e quantificadas as classes de cobertura e de uso do solo presente nas APPs, bem como analisar os impactos do rompimento da barragem nessas áreas.

Serão consideradas as APPs de topo de morro (ocorrência nas cumeadas e proximidades, com objetivo de preservar a vegetação nativa e a captação/retenção de água), APPs de encosta (ocorrência em áreas de declividade acentuada, com a finalidade de proteger as encostas), APPs de cursos d'água (faixa variável marginal aos cursos d'água visando proteção da mata ciliar) e APPs de nascentes (com finalidade similar às de curso d'água para preservar de forma natural o ambiente sensível do entorno das nascentes, conforme Código Florestal (Lei Federal nº 12.651/2012)). A Figura 03 ilustra o conceito das APPs e suas diferentes topologias.





Figura 03. Ilustração de Áreas de Proteção Permanente. Fonte: Instituto EcoBrasil.

3. METODOLOGIA

Em linhas gerais, o fluxo de atividades previstas para o trabalho engloba 6 etapas (figura 04): [1] aquisição e preparação das imagens; [2] classificação da cobertura e do uso da terra; [3] análises e quantificações; [4] classificação por inteligência artificial; [5] compilação dos mapas e [6] finalização e entrega dos produtos. A Figura 04 ilustra essas etapas e sintetiza seus desdobramentos.





Figura 04. Fluxograma geral das atividades propostas.



3.1 Controle de Qualidade das Imagens

A etapa inicial de execução do projeto corresponde ao controle de qualidade posicional das imagens, etapa fundamental para assegurar a qualidade geométrica das análises e dos produtos cartográficos gerados. A Figura 05 apresenta os procedimentos iniciais, imediatamente a pós a aquisição das imagens, de preparação das imagens a serem trabalhadas no projeto.

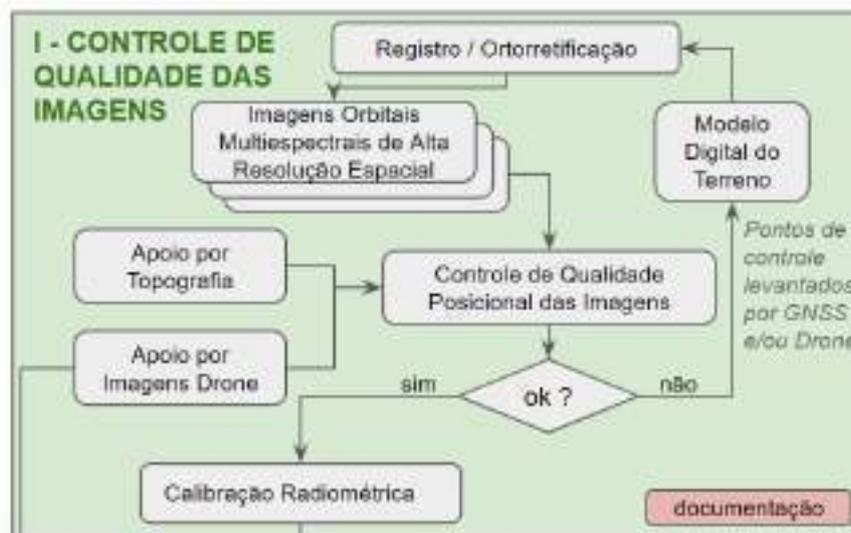


Figura 05: Aquisição e preparação das imagens

Após a escolha das datas de passagem do sistema sensor e verificação da qualidade das imagens com relação à cobertura de nuvens, elas serão avaliadas quanto a qualidade geométrica e posicional. Será desenvolvida a coleta de pontos topográficos em campo e o imageamento com RPA, ambos para apoiar o controle de qualidade posicional das imagens. Cabe ressaltar que dois dos componentes da equipe possuem licença de pilotagem do RPA.

No caso das imagens não serem aprovadas no controle de qualidade posicional, as mesmas passarão por uma nova etapa de avaliação. Serão então identificadas as regiões da imagem que apresentarem discrepâncias geométricas, bem como o teor (magnitude e direção) dessas discrepâncias. Com isso em mãos, será possível aplicar fatores locais de correção através de registros de imagens por funções polinomiais. Isso feito, as imagens passarão novamente pelo processo de avaliação posicional em um processo iterativo. Somente após atingirem a acurácia mínima exigida para o mapeamento 1:10.000, as imagens serão calibradas radiometricamente para então serem liberadas para a extração de feições.

A importância da qualidade da imagem será fundamental para definir um parâmetro de aferição posicional, ou seja, irá servir como referência de erro aceitável, aqui aplicado no projeto em termos regionais. Isso implica em uma qualidade dentro dos padrões aceitáveis para a melhor classe de mapeamento na escala 1:10.000, correspondente à classe A, com PEC-PCD planimétrico de 2,80 m, conforme especificado detalhadamente em CONCAR (2011).



3.2 Classificação do uso e da Cobertura e Uso do Terra

Após a avaliação da qualidade geométrica das imagens, estas serão submetidas a uma segunda etapa, que é a classificação do uso e cobertura da terra para a microbacia do ribeirão Ferro-carvão, como pode ser observado na figura 06.

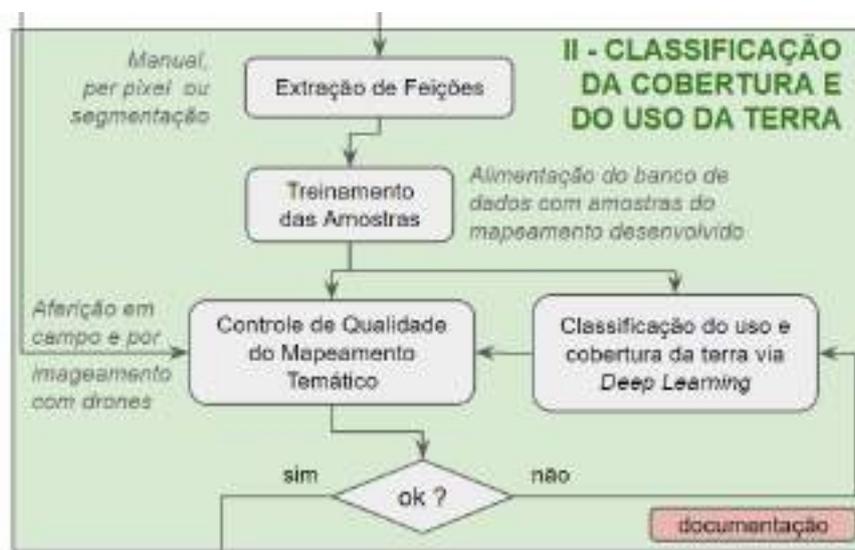


Figura 06: Classificação da cobertura e uso da terra

Nesta fase serão realizadas as extrações das feições nas imagens orbitais para as três épocas. O processo de extração das feições será realizada tanto automaticamente, quanto pela interpretação visual, através da vetorização das feições contidas nas imagens. Estas feições estarão no formato vetorial, sendo representadas através de pontos, linhas ou polígonos. O processo de vetorização envolve a criação destas feições, utilizando uma simbologia própria sobre uma imagem raster georreferenciada em um software de SIG, por exemplo, através de interpretação visual. Para tal imagens com alta resolução espacial são as mais adequadas para essa finalidade. Este processo será realizado para a cena atual e logo após a classificação da data mais recente, um trabalho de campo será realizado para a solução de possíveis dúvidas que possam ter surgido durante os processos de classificação e também para verificação da exatidão da classificação.

Um vez delineadas as amostras de classes de uso e ocupação da terra, e paralelo a classificação da imagem por métodos tradicionais (máxima verossimilhança pixel a pixel e segmentado, Bathacharia, entre outros à serem analisados quanto a eficiência), será realizado um treinamento com um classificador de imagens por inteligência artificial com método *deep learning*, técnica que desponta na literatura por atingir altos índices de assertividade. A alimentação da base de dados do classificador Este passo será um facilitador para futuras classificações de áreas semelhantes à do ribeirão do Ferro-carvão, podendo ser um passo em direção à região do rio Paraopeba.

Com os três mapas já verificados em campo, deverá ser gerado um mapa síntese para as três datas apresentando as modificações ocorridas na área de estudo.



3.3 Análises e Quantificações

Após a classificação do uso e cobertura do solo, serão realizadas as análises das mesmas, bem como a quantificação dos dados a serem classificados, tabulação das áreas classificadas como APP's, áreas totais para cada classe e detecção das alterações entre as datas, o que gerará documentos cartográficos, bem como tabelas e metadados multitemporais, cujo processo pode ser observado na figura 07.

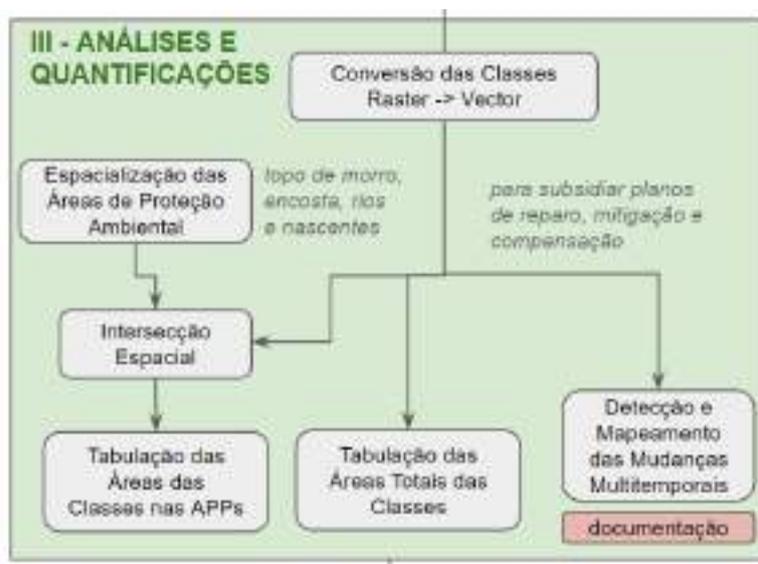


Figura 07: Análises e quantificações

Nesta etapa serão desenvolvidos geoprocessamento dos dados, mais especificamente a tabulação das áreas das classes de cobertura e de uso da terra, a espacialização das APPs, a intersecção dos polígonos das APPs com as classes mapeadas para quantificação e tabulação. Serão também mapeadas as mudanças no padrão de cobertura e uso do da terra no período investigado. Todas as operações serão realizadas em ambiente SIG, utilizando a plataforma QGIS (gratuito) ou ESRI ArcGIS (licenças de uso do IGC). As tabulações serão realizadas através de operação de tabulação cruzada (operador zonal) em ambiente SIG. A intersecção das áreas de APP com os polígonos das classes de uso e ocupação da terra será realizada através de operação de tabulação cruzada (operador zonal) em ambiente SIG.

O processo de delineamento das APPs, será baseado em técnicas de geoprocessamento e uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG), bem como na Lei Federal N. 12.651/2012 (Novo Código Florestal), que “dispõe sobre a proteção da vegetação nativa”. Para a identificação das APPs de topo de morro, os estudos irão se iniciar pela identificação dos morros e seus respectivos topos e a sela mais próxima utilizando o MDT adquirido no projeto, conforme legislação aplicável. Também serão identificados, os cursos d'água adjacentes para correlação com cota de base, além do nível de base local, aplicados em algumas situações. As APPs de cursos d'água serão identificadas a partir de buffers ripários com as distâncias dos cursos d'água mapeados na etapa anterior, utilizando os critérios estabelecidas na Lei Federal N. 12.651/2012.

APPs aplicáveis na sub-bacia do córrego Ferro-Carvão, conforme o artigo 4º da lei 12651/2012:



I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima especificada na lei:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura:

- Serão identificados os cursos d'água na bacia do córrego Ferro-Carvão, após o mapeamento e será gerado através de ferramentas de análise espacial os buffers correspondentes ao que tange a legislação.

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento:

- Serão identificados os barramentos identificados, após o mapeamento e será gerado através de ferramentas de análise espacial os buffers correspondentes ao especificados nos respectivos licenciamentos.

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros:

- Serão identificados as nascentes na bacia do córrego Ferro-Carvão, após o mapeamento e será gerado através de ferramentas de análise espacial os buffers correspondentes ao que tange a legislação.

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive:

- Será utilizado o MDT de alta resolução da bacia do córrego do Ferro-Carvão adquirido para este projeto, no qual será possível a compreensão e modelagem da superfície do terreno, com a geração das classes hipsométricas, representação das diferentes altitudes em cores, e das classes de declividade, que permitem a demonstração da variação altimétrica em graus ou porcentagem. Com estas informações, será possível identificar e avaliar a declividade das encostas conforme a legislação.

IX- no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25° , as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação):

- Serão identificados os morros e seus respectivos topos e a sela mais próxima, conforme legislação aplicável. Também serão identificados os cursos d'água adjacentes para correlação com cota de base, além do nível de base local. Será utilizado o MDT de alta resolução da bacia do córrego do Ferro-Carvão adquirido para este projeto, no qual será possível a compreensão e modelagem da superfície do terreno, com a geração das classes hipsométricas, representação das diferentes altitudes em cores, e das classes de declividade, que permitem a demonstração da variação altimétrica em graus ou porcentagem. Com estas informações, será possível identificar e avaliar os topos de morros presentes nas adjacências, de acordo com a lei mencionada.



3.4 Compilação dos Mapas

Após a etapa de classificação do uso e cobertura da terra, será realizada a compilação dos mapas (Figura 08), etapa esta que contará com a criação da folha modelo dos mapas e a definição e padronização da simbologia cartográfica (variáveis visuais). Para tanto, será necessário:

- desenvolver uma folha-modelo, na escala 1:10.000, para a construção das cartas;
- apresentar a articulação das cartas de acordo com as normas brasileiras;
- identificar a simbologia pertinente à construção das cartas visando atender a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) e estabelecer a padronização para a produção das mesmas.



Figura 08: Compilação dos mapas

Ainda nesta etapa, será desenvolvida a edição final dos mapas, envolvendo a identificação e posicionamento espacial dos elementos naturais e artificiais através de uma de série de atributos e a coleta de nomes geográficos tendo como base as cartas planialtimétricas disponibilizadas pelo IBGE visando a orientação e complementação das informações cartográficas derivadas do processo de classificação das imagens. Dados digitais já disponibilizados pelo IBGE, bem como consultas a bases existentes como *Open Street Map* e *Google* servirão para complementar informações sobre logradouros, bairros e localidades na elaboração das toponímias finais dos mapas. Ao final do processo, todas as toponímias, simbologias e informações marginais dos mapas deverão ser conferidas e aprovadas. Novamente é destacado a importância de aquisição de imagens de alta resolução espacial para tal finalidade, posto a necessidade da visualização refinada das feições presentes na superfície.

3.5 Finalização e Entrega dos Produtos

Por fim, essa fase contemplará o fechamento do projeto, o qual contará com o controle de qualidade dos dados e a compatibilização dos mesmos com a plataforma IDE (ou especificações da plataforma interativa resultante da Chamada 01/2019, conforma ilustra a Figura 9). Será feita a triagem final dos produtos de geoprocessamento elencados na Chamada 2 do Edital, e redobrada atenção para o memorial das operações e dos metadados de cada produto.





Figura 09: Finalização e entrega dos produtos

No controle de qualidade de dados deverão ser empregados rigorosos critérios, com base nas normas da série ISO 19.000 (19.113, 19.114 3 19.115) e ISO 2859-1, vide ISO (1995, 1999, 2002, 2003a, 2003b, 2005, 2006, 2007, 2013, 2014). Serão realizados planos de inspeção e de controle de qualidade com equipe treinada para esse fim sendo analisada se o que foi coletado em campo está coerente com o que foi registrado na realidade. Será preparado um relatório de registro de qualidade de dados por lote, que será único. Os locais de coleta de dados irão aproveitar os 100 pontos de controle coletados na fase de controle de qualidade posicional acrescidos da informação de uso e ocupação da terra na situação atual para a validação da classificação da imagem obtida com a data mais recente. Ao final será gerada uma matriz de correlação com o índice kappa para a avaliação do aceite do produto final mais recente.

Após avaliar e certificar de que os produtos cartográficos gerados encontram-se dentro do padrão previsto pela INDE, será então finalizado o relatório do projeto.

4. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES

As atividades estão programadas para ocorrer dentro de um horizonte de 8 semanas a contar da data inicial da assinatura do contrato. Assim, as etapas, atividades temporalidade, professores responsáveis por sua equipe podem ser observadas na Tabela 01. Para auxiliar a interpretação das informações da tabela, seguem abaixo a codificação dos alunos da equipe e das etapas atribuídas a cada docente envolvido na proposta.



Etapa	Atividade	Detalhamento	Semana								
			0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	Aquisição das imagens e MDT										
I	Controle de qualidade geométrico das imagens	Elaboração da amostragem de pontos de controle em escritório									
		Coleta dos pontos de controle geométrico em campo			M-2/G-1	M-2/G-1					
	Apoio Topografia	Identificação de marcos planialtimétricos nas proximidades do projeto		M-2							
		Transporte de coordenadas planialtimétrica para a área de estudo		M-2	G-1/G-2						
		Densificação de pontos planialtimétricos na área de estudo			M-2/G-1	M-2/G-1					
		Pré-sinalização para apoio ao aerolevanteamento				G-1/G-2	G-1/G-2				
	Apoio RPA	Solicitar autorização ao DECEA/Min.da Aeronáutica									
		Planejamento do voo/seleção das áreas de mapeamento		M-2							
		Voo das áreas selecionadas para controle de qualidade posicional				M-2	M-2				
	*Registro/ Ortorretificação da imagem	Voo das áreas selecionadas para controle de qualidade temática							M-2		
		Processamento das imagens/Eliminação de erros grosseiros									
		Identificação dos pontos de apoio na imagem/correlação com registros terrestres									
	Processamento das imagens	Realizar testes em localidades sem apoio									
		Correção radiométrica da imagem									
Realce das imagens			D-1								
Composição colorida											
Composição falsa cor											
II	Extração de feições e classificação do uso e cobertura do solo	Índice de vegetação									
		Elaboração e especificação das regras das classes temáticas									
		Adição de feições complementares a partir de bases de dados existentes (delimitação da bacia, caminhos, edificações construções de um modo geral, drenagem)									
		Extração da rede de drenagem sintética por modelo digital de terreno									
		Aferição da drenagem em campo e/ou RPA						G-1/G-2			
		Vetorização de elementos temáticos (cobertura do solo, pastagens, solo exposto etc)			G-3/G-4	G-3/G-4					
	Controle de qualidade do mapeamento temático	Padronização de amostras para alimentação do classificador			D-1	D-1					
		Treinamento das amostras			M-1	M-1	M-1	M-1			
		Classificação via Deep Learning				D-1	D-1	D-1	D-1	D-1	
		Trabalho de campo para verificação da classificação e aquisição pontos Kappa							G-1/G-2	G-1/G-2	
III	Mapeamento das APPs	Relatório de qualidade									
		Identificação e mapeamento das APPs de faixa marginais de cursos d'água									
		Identificação e mapeamento das APPs de entorno de nascente									
		Identificação e mapeamento das APPs de entorno de barramentos									
		Identificação e mapeamento das APPs de encostas									
	Quantificação e tabulação dos resultados	Identificação e mapeamento das APPs de topo de morro									
		Quantificação e tabulação das APPs									
		Quantificação e tabulação das classes de uso e cobertura da terra									
		Deteção, quantificação e tabulação das transformações de classes de uso e cobertura da terra									
IV	Preparação e edição dos mapas	Mapas para apoio de campo		G-3/G-4	G-3/G-4						
		Mapa de uso e cobertura do solo do momento posterior ao rompimento							G-3/G-4	G-3/G-4	
		Mapa de uso e cobertura do solo do momento anterior ao rompimento							G-3/G-4	G-3/G-4	
		Mapa de uso e cobertura do solo do momento atual							G-3/G-4	G-3/G-4	
		Mapa de mudanças de uso e cobertura do solo									
V	Controle de qualidade do produto	Mapas para compor o relatório final						M-2	M-2	M-2	Mest2
		Coleta dos pontos de controle temático em campo							G-1/G-2		
	Geração dos produtos GIS	Ajuste dos dos mapas em gabinete								G-1/G-2	G-1/G-2
		desenvolver uma folha-modelo para a escala 1:10.000									
		apresentar a articulação das cartas									
		identificar a simbologia pertinente à construção das cartas atendendo a INDE									
		validar cartas geradas (revisão das cartas)									
		desenvolver base cartográfica contínua da região mapeada (QGis) *								G-3/G-4	G-3/G-4
		criação dos metadados dos produtos gerados								D-1	D-1
VI	Coordenação Geral	Prestação de contas									
		Acompanhamento e apresentação das etapas de trabalho									
		Relatório parcial									
		Relatório final									

Responsavel	Em vermelho: atividades de campo	Em azul: atividades de gabinete
FUNDEP		Alunos
Rodrigo A. Albuquerque Nóbrega		Doutorando1 DCC
Diego Rodrigues Macedo		Mestrando1 DCC
Pinio da Costa Temba		Mestrando2 AMSA
Marcelo Antonio Nero		Graduando1 ENG
Helder Lages Jardim		Graduando2 GEO
Jefferson Alex dos Santos		Graduando3 GEO
Vagner Braga Nunes Coelho		Graduando4 GEO

Tabela 01: Orçamento

5. ORÇAMENTO

As despesas de execução desse projeto estão apresentadas no quadro abaixo, que contempla o plano de aplicação dos recursos financeiros, conforme o edital 02/2019.

Meses/Etapas	mês 1	mês 2	soma	Bolsas	Código	Total
Rodrigo Nóbrega	1	1	2	R\$9.373,43	P2	R\$18.746,86
Jefersson Santos	0,5	0,5	1	R\$9.373,43	P2	R\$9.373,43
Diego Macedo	1	1	2	R\$9.373,43	P2	R\$18.746,86
Marcelo Nero	0,75	0,75	1,5	R\$9.373,43	P2	R\$14.060,15
Vagner Coelho	0,75	0,75	1,5	R\$9.373,43	P2	R\$14.060,15
Plinio Temba	0,75	0,75	1,5	R\$9.373,43	P2	R\$14.060,15
Helder Jardim	0,75	0,75	1,5	R\$9.373,43	P2	R\$14.060,15
Doutorando (DCC)	1	1	2	R\$6.314,74	D1	R\$12.629,48
Mestrando (DCC)	0,5	0,5	1	R\$4.420,32	M1	R\$4.420,32
Mestrando (Modelagem)	1	1	2	R\$4.420,32	M1	R\$8.840,64
Graduação Engenharia	0,75	0,75	1,5	R\$1.458,74	IX	R\$2.188,11
Graduação Geografia	0,75	0,75	1,5	R\$1.458,74	IX	R\$2.188,11
Graduação Geografia	0,75	0,75	1,5	R\$1.458,74	IX	R\$2.188,11
Graduação Geografia	0,75	0,75	1,5	R\$1.458,74	IX	R\$2.188,11
Total:						R\$137.750,61
Custeio	Quantidade	Valor				Valor Aprox
Material de escritório (1 cota de 500 reais por professor suprimentos, pilha, toner, etc)	7	R\$500,00	R\$3.500,00			R\$3.500,00
Serviço gráfico (impressão de mapas em formatos diversos)	1		R\$3.000,00			R\$3.000,00
Aluguel de veículo (duster ou similar: 2 campanhas de 3 dias)	12	R\$200,00	R\$2.400,00			R\$2.400,00
Diarias ufmg (2 campanhas 3 dias para 2 equipes de 4 pessoas)	40	R\$177,00	R\$7.080,00			R\$7.080,00
Combustível (80 litros por campanha por veiculo)	320	R\$5,00	R\$1.600,00			R\$1.600,00
Locação de Receptores GNSS RTK	2	R\$3.600,00				R\$7.200,00
Equipamento de Proteção Individual p/ campo (Bota, perneira, capa chuva, protetor solar, repelente, chapéu, etc).	8	R\$500,00	R\$4.000,00			R\$4.000,00
Contratação de mateiro para abertura de picada (dias)	6	R\$200,00	R\$1.200,00			R\$1.200,00
Total:						R\$29.980,00
Material permante (capital)	Quantidade	Valor				Total
Drone phantom 4 ou similar	1	R\$15.000,00				R\$15.000,00
Software para processamento topográfico de dados do RPA	1	R\$20.000,00				R\$20.000,00
Sistema PPK/Drone	1	R\$12.000,00				R\$12.000,00
baterias extra para drone	2	R\$2.000,00				R\$4.000,00
Radio transmissor para levant. topográfico em áreas remotas	4	R\$100,00				R\$400,00
computador para geoprocessamento e edição cartográfica	2	R\$8.000,00				R\$16.000,00
Computador avançado para processamento de dados do RPA	1	R\$20.000,00				R\$20.000,00
Placa gráfica de video	1	R\$7.000,00				R\$7.000,00
Total:						R\$94.400,00
Insumos para mapeamento	Quantidade	Valor				Total
Imagens orbitais multiespectrais de alta resolução de catalogo	2	R\$9.500,00	R\$19.000,00			R\$19.000,00
Imagens orbitais multiespectrais de alta resolução nova aquisição	1	R\$14.100,00	R\$14.100,00			R\$14.100,00
MDT para ortorretificação das imagens	1	R\$72.500,00	R\$72.500,00			R\$72.500,00
Total:						R\$105.600,00
Total						R\$367.730,61
Taxa 10/95 e Resolução IGC 03/2019 (14% do bruto)						R\$59.940,09
Total:						R\$427.670,70

Tabela 02: Orçamento



6. CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

Devido ao curto prazo de execução e a necessidade de aquisição imediata de equipamento e deslocamento da equipe, as rubricas de custeio, material permanente capital e insumos para mapeamentos deverão ser desembolsadas na assinatura do contrato. A rubrica de pagamento de pessoal (bolsas) deverá ser desembolsada na entrega do relatório parcial (30 dias) e relatório final (60 dias).

A programação de início do projeto será imediatamente após a assinatura e autorização formal do CTC e Juízo. Após o início, haverá a entrega de um relatório parcial de acompanhamento em 30 dias após o início dos trabalhos, ou seja, após a aquisição das imagens. Ao final dos trabalhos, previstos para 60 dias após o início dos trabalhos, serão entregues o relatório final e os produtos físicos e digitais previstos nesta proposta.

7. INDICADORES DE CUMPRIMENTO DAS ATIVIDADES

Os indicadores de cumprimento das atividades serão a conclusão e entrega dos produtos descritos na proposta. Neste sentido, estas metas serão formalmente avaliadas nos relatórios parcial (30 dias) e final (60 dias) do projeto. A combinar com o CTC e o Juízo, pode ser programada a apresentação dos produtos e resultados do projeto.

8. EQUIPE DO PROJETO

8.1 Coordenação Geral

Prof. Dr. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega é Doutor em Engenharia de Transportes com ênfase em Sensoriamento Remoto e SIG pela Escola Politécnica da USP e Mississippi State University (2007). Desenvolveu Pós-Doutorado pelo Geosystems Research Institute - Mississippi State University (2010). Possui 23 anos de experiência em geoprocessamento nos setores privado e acadêmico. Possui experiência internacional em ações emergenciais de resposta a desastres (Furacão Katrina - 2005) e British Petroleum Oil Spill (2010) pelo Geosystems Research Institute da Mississippi State University. Reside atualmente em Belo Horizonte-MG, onde atua como Professor Adjunto pelo Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências (IGC) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Coordena o Programas de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais no IGC/UFMG e é membro do quadro permanente do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia e Transportes da Escola de Engenharia da UFMG. É Bolsista de Produtividade do CNPq. Sua linha de pesquisa e extensão está voltada ao desenvolvimento e aplicação de inteligência geográfica e planejamento de infraestruturas. Dentre os principais projetos recentes destacam-se a introdução e disseminação de geoprocessamento aplicado ao planejamento de corredores de transporte junto



a VALEC/Ministério dos Transportes (1300km do tramo sul da Ferrovia Norte Sul), Modelagem geográfica para controle externo junto ao Tribunal de Contas da União (900km do corredor de viabilidade da Ferrovia Ferrogrão, 1500km de corredor de viabilidade da Linha de Transmissão entre Belo Monte/PA - Barreiras/BA, entre outros), Inteligência geográfica para locação/alocação de terminais logísticos, Estudos de impactos ambientais e ecologia de transportes, e Context Sensitive Solution. Leciona regularmente disciplinas de Cartografia, geoprocessamento e processamento digital de imagens da Terra.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7158751194696023>

Disciplinas correlatas com a temática da chamada:

Pós-graduação: Estudo de Viabilidade para Planejamento de Projetos de Infraestrutura

Pós-Graduação: Processamento Digital de Imagens da Terra

Graduação: Cartografia

8.2 Equipe - Professores

Prof. Dr. Diego Rodrigues Macedo é Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG (2005), Especialista em Geoprocessamento (UFMG, 2006), Mestre em Geografia - Análise Ambiental (UFMG, 2009) e Doutor em Ecologia - Conservação e Manejo da Vida Silvestre (UFMG, 2013). Atuou durante 6 anos (2010-2016) como Analista em Informações Geográficas e Estatísticas no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e desde 2016 é Professor Adjunto do Departamento de Geografia e dos Programas de Pós-Graduação em 'Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais' e 'Geografia' do Instituto de Geociências da UFMG. Possui mais de 20 publicações nos últimos 5 anos, sendo mais de 90% com fator de impacto JCR acima de 1,8, a boa parte deles envolvendo mapeamento do uso e cobertura do solo, sistemas informativos geográficos e influências sobre a qualidade ambiental em bacias hidrográficas. Entre as inserções atuais, coordena o projeto de pesquisa “Influências do efeito legado do uso e cobertura do solo sobre ecossistemas aquáticos no Cerrado”, financiado pelo CNPq, cujo objetivo é avaliar as transformações multitemporais no uso e cobertura do solo em bacias hidrográficas, inclusive na bacia do reservatório de Três Marias, cujo um dos afluentes é rio Paraopeba. Recentemente faz parte de um grupo de pesquisa com financiamento público do CNPq e Fapemig que avalia as implicações da ruptura da barragem de Fundão nos aspectos sedimentológicos no rio Doce.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0805217613268162>

Website: <https://www.diegomacedo.pro.br/>

Disciplinas correlatas com a temática da chamada:

Pós-Graduação: Métodos de Análise Espacial, Integridade Ambiental de Riachos

Pós-Graduação: Introdução aos Sistemas Informativos Geográficos: Aplicações em Ecologia

Graduação: Instrumentos de Gestão Ambiental

Graduação: Análise Espacial e Geoprocessamento



Prof. Dr. Jefersson Alex dos Santos é Doutor em Ciência da Computação desde 2013 pela Université de Cergy-Pontoise (França) e pela Unicamp. No mesmo ano, assumiu como professor do Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Minas Gerais (DCC/UFMG), cargo que ocupa atualmente. É bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq desde 2016. Jefersson é fundador e coordenador do Laboratório de Reconhecimento de Padrões para Observação da Terra (Patreo -www.patreo.dcc.ufmg.br). Jefersson publicou mais de vinte artigos em periódicos com alto fator de impacto e seletiva política editorial, sendo mais da metade em revistas classificadas com Qualis A1, segundo a CAPES. Também publicou mais de cinquenta artigos nas mais importantes conferências nacionais e internacionais da área de processamento de imagens, visão computacional e sensoriamento remoto. Jefersson tem mais de dez anos de experiência no desenvolvimento de técnicas de reconhecimento de padrões para aplicações agrícolas e de monitoramento ambiental, tendo participado de grandes projetos financiados pela Fapesp/Microsoft Research (WebMaps, e-Farms, e-Phenology e e-Tribes) e CAPES (DeepEyes). Nesses projetos, Jefersson tem atuado em colaboração com renomados profissionais e pesquisadores de instituições do Brasil e do exterior tais como Tribunal de Contas da União, Polícia Federal, Embrapa, Unicamp, University of South Florida, Virginia Tech e Grenoble INP, Petrobras.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2171782600728348>

Disciplinas correlatas com a temática da chamada:

Pós-Graduação: Algoritmos de Aprendizado Profundo

Pós-Graduação: Processamento de Imagens Digitais

Prof. Dr. Vagner Braga Nunes Coelho é Graduado em Engenharia Cartográfica pelo Instituto Militar de Engenharia (1994), Mestrado em Engenharia Cartográfica pelo Instituto Militar de Engenharia (2001) com ênfase em produção cartográfica, Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2010) com ênfase em Banco de Dados Geográfico e Computação Gráfica e Pós-Doutorado em Ciência dos Computadores pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal (2015) com ênfase em áreas de influência de objetos em navegação. MBA em Gestão da Qualidade da Informação Geográfica pela Universidade de Jaén, Espanha (2013). É Professor Adjunto-A no Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. Atuou como Engenheiro Cartógrafo no Exército Brasileiro especialmente na produção de mapeamento sistemático e temático, atualização de base cartográfica, em projetos de implantação de linhas de transmissão, assentamento agrário e reservas indígenas, atuando sempre nas regiões nordeste e norte do país. Foi professor no Instituto Militar de Engenharia, tendo sido Coordenador de Graduação e de Pós Graduação no curso de Engenharia Cartográfica. Foi membro do Comitê de Normatização do Mapeamento Cadastral da Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) e do Grupo de Trabalho de Modelagem Digital do Terreno da Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR). No IME ministrou as disciplinas de Modelagem Digital do Terreno, Gestão de Projetos, Metodologia Científica. No IGC/UFMG já ministrou as disciplinas de Cartografia e Topografia e Topografia.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2875890657727753>



Disciplinas correlatas com a temática da chamada:

Pós-Graduação: Bando de Dados Espaciais

Graduação: Topografia

Prof. Dr. Marcelo Antonio Nero é Prof. Adjunto C, Nível 02, do Departamento de Cartografia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), credenciado no Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais (linha de pesquisa de qualidade temática e orientação de mestrados), orientador de alunos de iniciação científica. Além disso, é vice-coordenador no programa de pós-graduação lato sensu em Geoprocessamento. Prof. Formador I do Programa de pós-graduação lato sensu de Gestão de Instituições Federais de Educação Superior, subárea de Tecnologias, Universidade Aberta do Brasil (UAB), desde julho de 2019. Adicionalmente, é co-orientador de aluno de mestrado no programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/Informações Espaciais da Universidade Federal de Viçosa (UFV) desde 2017. Foi Prof. Adjunto II do Departamento de Engenharia Cartográfica da Universidade Federal do Pernambuco (UFPE), professor orientador de alunos de iniciação científica e do Programa de Pós Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologia da GeoInformação, coordenador e colaborador de projetos de extensão nessa mesma instituição (2010-2014). Engenheiro Cartógrafo formado pela Faculdade de Ciências e Tecnologia-Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - FCT-UNESP (1994), mestre em Engenharia pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP (2000), doutorado sanduíche em engenharia pela EPUSP e com estágio na Universidad de Jáen - Espanha (2005), pós- doutorado concluído em março de 2006 pela EPUSP. Pesquisador Nível V pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (2006/2007). Foi Diretor Técnico/Comercial na empresa DVP Brasil Geomática e Ambiental Ltda (São Carlos-SP, 2007-2009), Diretor Administrativo da Associação Brasileira dos Engenheiros Cartógrafos - Regional São Paulo - ABEC-SP (2006-2009), Diretor Secretário do Departamento de Agrimensura do Instituto de Engenharia (2006-2009), membro líder da comissão da UFMG para a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT da norma de convenções cartográficas nas escalas 1: 10.000 a 1:1.000 e revisão das normas NBR 13133 e 14.166, pesquisador colaborador no Grupo de Estudos de Controle de Qualidade do Departamento de Transportes da EPUSP. Experiência como Prof. Adjunto nas disciplinas de Cartografia e Transportes (2005) aplicadas na graduação em Turismo pela Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP e como professor de pós-graduação latu-sensu no SENAC-SP, UNIAMERICA (Foz do Iguacu-PR), FAEMA (Ariquemes-RO) e Faculdade Católica de Uberlândia (Uberlândia-MG). Experiência profissional em Cartografia (básica e aplicada), Geoprocessamento, GNSS, SIG, Geomarketing, pesquisa científica, consultoria e afins.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9273397846584540>

Disciplinas correlatas com a temática da chamada:

Pós-Graduação: Qualidade Temática de Mapeamento Ambiental

Pós-Graduação: Geoprocessamento Avançado aplicado ao Meio Ambiente

Graduação: Topografia



Prof. Dr. Helder Lages Jardim é bacharel em Geografia pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG (1990). Mestre em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE com o tema de Expansão urbana próxima a áreas de mineração - Congonhas/MG (1995). Doutorado em Geografia Física pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, com o tema de Erosão e Conservação dos solos agrícolas (2007). Professor Associado nível 02 do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, com experiência na área de Sensoriamento Remoto e Geografia Física (área de erosão e conservação de solos), área em que atuou há mais de 10 anos. Responsável pelas disciplinas de Sensoriamento Remoto, Processos Erosivos e Conservação dos Solos Agrícolas, Representação Espacial em Geografia, além de Desenvolver de projetos de pesquisa e de extensão, nas seguintes linhas: Geografia Física e Análise Ambiental; Geografia Agrária; Estudo das Coberturas Superficiais; Análise Ambiental; Geoprocessamento. Piloto com licença operacional para pilotagem de vants multirotores c/GPS através da Associação Mineira de Aerodelismo (BRA N. 19.068).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8855580107338360>

Disciplinas correlatas com a temática da chamada:

Graduação: Processos Erosivos e Conservação dos solos agrícolas

Graduação: Sensoriamento Remoto

Graduação: Representação Espacial em Geografia

Prof. Dr. Plinio Temba Possui graduação em Engenharia Cartográfica pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (1988), mestrado em Engenharia de Transportes pela Universidade de São Paulo (1995) e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (2008). Atualmente é professor associado da Universidade Federal de Minas Gerais. É Revisor de periódico da ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing e Revista Brasileira de Cartografia (RBC). Foi conselheiro (2013 a 2016) do CEPE (Conselho de Ensino Pesquisa e Extensão) da UFMG e coordenador do Laboratório de Topografia do e do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Cartografia no Instituto de Geociências. Coordenador do XVI Curso de Especialização em Geoprocessamento. Credenciado no Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, conselheiro da comissão da UFMG para a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT da norma de convenções cartográficas nas escalas 1: 10.000 a 1:1.000 e revisão das normas NBR 13133 e 14.166. Tem experiência na área de Geociências atuando principalmente nos seguintes temas: fotogrametria digital, cartografia digital, correlação digital, processamento digital de imagens, Tecnologia GNSS e lasermetria. Realiza, ainda, pesquisas sobre modelagem de impactos ambientais decorrentes de incêndios, ordenamento territorial de assentamentos informais, tratamento dispensado ao destino de resíduos sólidos e inertes e o mapeamento com os Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS). Reserva, ainda, expertise no Processamento Digital destinado às imagens da Terra.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2522406502464981>



Disciplinas correlatas com a temática da chamada:

Pós-Graduação: Fundamentos em Fotogrametria com RPAs (Vants / Drones)

Pós-Graduação: Processamento Digital de Imagens da Terra

Graduação: Topografia

8.3 Equipe - Estudantes

Edemir Ferreira de Andrade Junior

Matrícula UFMG: 2016701395

Categoria: D1 - Doutorando em Ciência da Computação (Doutorando 1-CC).

Conhecimento: aprendizagem de máquina, classificação, deep learning e visão computacional

Função: treinamento e avaliação da ferramenta de classificação por inteligência artificial e algoritmos de aprendizado de máquina

Período: 8 semanas

Pedro Henrique Targino Gama

Matrícula UFMG: 2019662552

Categoria: M1 - Mestrando em Ciência da Computação (Mestrando 1-CC)

Conhecimento: programação (python), aprendizagem de máquina, processamento de imagens.

Função: classificação das imagens multispectrais por inteligência artificial

Período: 4 semanas

Daniel Henrique Carneiro Salim

Matrícula UFMG: 2019655564

Categoria: M1 - Mestrando em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais (Mestrando 2-MOD)

Conhecimento: Engenheiro Ambiental, aerolevanteamento com RPA, GNSS.

Função: planejamento e operação do RPA, levantamento topográfico.

Período: 8 semanas

Pedro Henrique Lucena

Matrícula UFMG: 2017088700

Categoria: IX - Graduando em Engenharia Civil (Graduando 1-EC)

Conhecimento: geoprocessamento, levantamento topográfico convencional e GNSS.



Função: apoio de campo, controle de qualidade posicional, temático e edição de mapas.

Período: 8 semanas

Pedro Marcos Gomes de Moura

Matrícula UFMG: 2017088700

Categoria: IX - Graduando em Geografia (Graduando 2-GEO)

Conhecimento: Geoprocessamento e cartografia

Função: Pré-processamento de dados, edição cartográfica e eventual apoio de campo

Período: 8 semanas

João Vitor Pereira Sabino

Matrícula UFMG: 2017077156

Categoria: IX - Graduando Geografia (Graduando 3-GEO)

Conhecimento: geoprocessamento, cartografia

Função: edição de dados, geoprocessamento, apoio de campo

Período: 8 semanas

Julia Glenda Ribeiro

Matrícula UFMG: 2019091130

Categoria: IX – Graduanda em Geografia (Graduando 4-GEO)

Conhecimento: geoprocessamento e editoração de mapas em QGIS

Função: pré-processamento e edição dos dados, tabulação e reambulação.

Período: 8 semanas

8.4 Plano de Trabalho dos Bolsistas

O plano de atividade dos bolsistas está vinculado às atividades propostas nos itens **3. Metodologia** e **4. Sequência e cronograma das atividades**. Cada professor bolsista é responsável por uma ou mais etapas do projeto, conforme a **Tabela 01**, cuja atividade está sucintamente descrita na **metodologia**. Devido ao prazo curto para a execução de um projeto de grande complexidade e necessidade de alta precisão e acurácia, será imprescindível o apoio de alunos bolsistas nas diversas fases do projeto. A cada um dos alunos foi dada uma denominação/código (ver item **8.3 Equipe de estudantes**), e estes códigos também estão claramente apresentados na **Tabela 1**. Os alunos não serão responsáveis por coordenar nenhuma das etapas, mas executarão as atividades sob a supervisão dos professores.



9. INFRAESTRUTURA

IGC / LabGeo: O Laboratório de Geoprocessamento do Instituto de Geociências da UFMG conta com 34 computadores desktop em rede em uma sala climatizada para finalidade de ensino e capacitação profissional em ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. A infraestrutura será utilizada para promoção de workshop de treinamentos a consulta e operação da plataforma interativa.

IGC / Laboratório de Topografia: O Laboratório de Topografia do Instituto de Geociências da UFMG conta com instrumentos precisos de mensuração, tais como estações totais topográficas, níveis e receptores GNSS geodésicos, que poderão ser utilizados em campo para verificação da qualidade posicional dos dados coletados pelas equipes dos demais subprojetos.

ICEX / PATREO: O Pattern Recognition and Earth Observation Laboratory (PATREO) é composto por alunos de doutorado, mestrado e iniciação científica e está vinculado ao Departamento de Ciência da Computação (DCC). Atualmente, contamos com: servidores de armazenamento e backup (88 TB de capacidade); servidores de processamento com virtualização em múltiplos processadores (152 cores); alta capacidade de memória RAM (1,14 TB); e servidores para processamento pesado (12 GPUs -- Geforce GTX Titan X). A infraestrutura do DCC também conta com uma excelente rede local, com pessoal dedicado ao suporte. Por ser responsável por um dos grandes pontos de presença da RNP, o POP-MG, o DCC conta ainda com conexão privilegiada à Internet e Internet-2. É importante destacar ainda que, além da infraestrutura física, o DCC provê suporte administrativo profissional de alta qualidade.

O PATREO desenvolve pesquisa em tópicos de aprendizado de máquina, processamento de imagens e visão computacional com foco principalmente em aplicações para monitoramento da superfície terrestre, o que requer o processamento de imagens de sensoriamento remoto.

10. REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 13133:** *Execução de levantamento topográfico*, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, maio, 1994.

ABNT. **NBR 14166:** *Rede de referência cadastral municipal – procedimento*, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, ago., 1998.

ABNT. **NBR 15777:** *Convenções Topográficas – procedimento para as escalas 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000 e 1:1.000*, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, nov., 2009.

AMARAL, M. V. et al. Moreia. Avaliação e comparação de métodos de classificação de imagens de satélites para o mapeamento de estágios de sucessão floresta. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 575-582, 2009.

ARIZA-LÓPEZ, F.J. *Calidad en la Producción Cartográfica*. 1. ed. Madrid, Espanha: Editora RaMa, 2002a. 389p. ISBN 84-7897-524-1.

ARIZA-LÓPEZ, F.J. Trabajo de investigación: Curva Operativa para el control de Calidad Posicional en Cartografía. Concurso para laprovisión de una plaza de Catedrático de Universidad. Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. Jun. 2002b, Universidad de Jáen, Jaén.



- BOCCARDO, P. et al. Orthorectification of high resolution satellite images. In: ISPRS CONGRESS, 20, 2004, Istanbul, Turquia.
- BRASIL. Decreto nº 89.817 de 30 de março de 1983. Normas para o controle de qualidade de documentos cartográficos. Brasília, Diário Oficial da União, 1984. Disponível em: <<http://www.concar.ibge.gov.br/FCCA32.HTM>>. Acesso em: 20 dez. 2003.
- CINTRA, J. P.; NERO, M. A. New method for positional cartographic quality control in digital mapping. *Journal of Surveying Engineering*, v. 141, p. 04015001-1-04015001-10, 2015.
- CONCAR, 2011. Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais. *Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais*. Brasil. 2011. 2.ed.
- CONCAR, 2016. Norma da Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG). *Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais*. Brasil. 2016. 1.ed.
- CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, Amsterdam, v. 37, n. 1. p. 35-46, 1991.
- CONGALTON, R. G. GREEN, K. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. Ed. 2. Boca Raton: CRC Press, 2008.
- FARIA, T. S. Classificação em área urbana apoiada em imagens aéreas e dados LIDAR. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências-UFMG. Belo Horizonte, 2017. 94p.
- FERNANDES, R. R. et al. Classificação orientada a objetos aplicada na caracterização da cobertura da terra no Araguaia. *Revista Brasileira de Agropecuária*, Brasília, v. 47, n. 4. p. 1251-1260, 2012.
- FERREIRA, D. G. O uso do solo e os padrões de vento: o caso da cidade de Belo Horizonte, MG. 2009. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- FRASER, C.S.; RAVANBAKSH, M., Georeferencing accuracy of GeoEye-1 Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75(6): 634-638, 2009.
- GONÇALVES, M. L. et al. Classificação não-supervisionada de imagens de sensores remotos utilizando redes neurais auto-organizáveis e métodos de agrupamentos hierárquicos. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 60, n. 1. p.17-29, 2008.
- GRIPP JR, J. Ortorectificação de imagens de alta resolução para aplicação em cadastro técnico rural e mapeamento de áreas de preservação permanente e reservas legais. 2009b. 151 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapeamento cadastral, necessidade de normatização. IBGE, Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro. 2008. https://www.concar.gov.br/temp/324@CONDER_2008.pdf
- IDOETA, I. V. Metodologia de elaboração automatizada de modelo digital e elevação e ortofoto em média e pequena escala. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-14012008-101354/pt-br.php>
- ISO. ISO 19103:2005. *Geographic information - Conceptual schema language*. International Organization for Standardization (ISO), 2005.
- ISO. ISO 19113:2002. *Geographic information - Quality principles*. International Organization for Standardization (ISO), 2002.



- ISO. ISO 19114:2003. *Geographic information - Quality evaluation procedures*. International Organization for Standardization (ISO), 2003a.
- ISO. ISO 19115:2003. *Geographic information - Metadata*. International Organization for Standardization (ISO), 2003b.
- ISO. ISO 19115-1:2014. *Geographic information - Metadata - Part 1: Fundamentals*. International Organization for Standardization (ISO), 2014.
- ISO. ISO 19138:2006. *Geographic information - Data quality measures*. International Organization for Standardization (ISO), 2006.
- ISO. ISO 19139:2007. *Geographic information - Metadata - XML schema implementation*. International Organization for Standardization (ISO), 2007.
- ISO. ISO 19157:2013. *Geographic information - Data quality*. International Organization for Standardization (ISO), 2013.
- ISO. ISO 2859-0:1995. *Sampling procedures for inspection by attributes - part 0: introduction to the ISO 2859 attribute sampling system*. International Organization for Standardization (ISO), 1995.
- ISO. ISO 2859-1:1999. *Sampling procedures for inspection by attributes - Part 1: Sampling schemes indexed by accept and equality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*. International Organization for Standardization (ISO), 1999.
- LIMA, C. A. F. Correções Geométricas para a Utilização de Imagens em Perícias Criminais Ambientais. 2013. 152f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Perícias Criminais Ambientais, Florianópolis, 2013
- MÉDICE, P. H. V. O.. A aplicação dos modelos digitais de terreno nos estudos urbanos: o caso do bairro Luxemburgo - Belo Horizonte (MG).2008. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Pontifícia Universidade Católica - MG, Belo Horizonte, 2008.
- MEGURO, Y.; FRASER, C. S. Georeferencing accuracy of GeoEye1 stereo imagery: Experiences in a Japanese test field. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, v. 38, n. Part 8, p. 1069-1072, Kyoto, 2010.
- NERO, M. A. Propostas para o controle de qualidade de bases cartográficas com ênfase na componente posicional. Tese (doutorado). Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2005. 291p.
- POLI, D.; TOUTIN, T. State-of-the-art of geometric correction of remote sensing data: a data fusion perspective. *International Journal Of Image And Data Fusion*, [S. L.], p. 3-35. Mar. 2012
- PONZONI, F. J.; ALMEIDA, E. S. A estimativa do parâmetro Kappa (K) da análise multivariada discreta no contexto de um SIG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. Anais... Salvador: Inpe, 1996. p. 729-733.
- ROVEDDER, J. Validação da classificação orientada a objetos em imagens de satélite ikonos II e elaboração de indicadores ambientais georreferenciados no município de Torres, planície costeira do Rio Grande do sul. 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- TAKAKU, J., TADONO, T., TSUTSUI, K., ICHIKAWA, M. Validation of 'AW3D' global DSM generated from ALOS PRISM. Disponível em: <https://www.aw3d.jp/wp/wp-content/themes/AW3DEnglish/technology/doc/pdf/technology_01.pdf>. Acesso em: 7 dez. 2019.
- TOUTIN, T. State-of-the-art of geometric correction of remote sensing data: a data fusion perspective. *International Journal Of Image And Data Fusion*, [S. L.], p. 3-35. Mar. 2011.



OF. CRT. 12/2019

Belo Horizonte, 27 de novembro de 2019.

Ao

Comitê Técnico Científico do Projeto Brumadinho/UFMG

Assunto: Anuência à Proposta: Chamada Pública Interna Induzida N. 02/2019 - Projeto Brumadinho/UFMG

Prezados Membros do Comitê,

O Departamento de Cartografia está ciente e concede anuência, *ad-referendum* da Câmara Departamental, ao envio da proposta em atendimento à Chamada Pública Interna Induzida N. 02/2019 do Projeto Brumadinho/UFMG referente ao “Mapeamento de Uso e Cobertura do Solo na Sub-Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho-MG”, conforme dados abaixo:

Título da Proposta: Mapeamento de Uso e Cobertura do Solo na Sub-Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho-MG.

Coordenação: Prof. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega (Dep. Cartografia / IGC)

Equipe: Prof. Marcelo Antônio Nero (Dep. Cartografia / IGC)

Prof. Vagner Braga Nunes Coelho (Dep. Cartografia / IGC)

Prof. Plínio da Costa Temba (Dep. Cartografia / IGC)

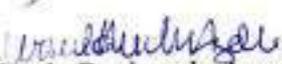
Prof. Helder Lages Jardim (Dep. Geografia / IGC)

Prof. Diego Rodrigues Macedo (Dep. Geografia / IGC)

Prof. Jarbas Lima Dias Sampaio (Dep. Geologia / IGC)

Prof. Jefersson Alex Santos (Dep. Ciências da Computação / ICEX)

Atenciosamente,


 Profa. Úrsula Ruckys de Azevedo
 Chefe do Departamento de Cartografia
 IGC/UFMG

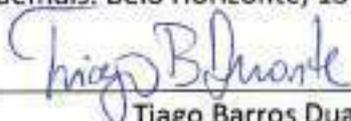
Av. Antônio Carlos, 6.627 – Campus Pampulha – CEP 31.270-901
 Belo Horizonte – MG – Tel (031) 409-5416 - Email cartografia@igc.ufmg.br

ATA DA REUNIÃO DE
JULGAMENTO DOS
RECURSOS
E
RESULTADO FINAL

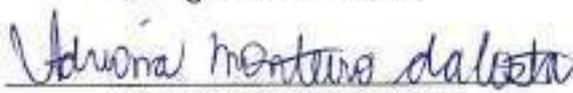


**ATA DA REUNIÃO DE JULGAMENTO DOS RECURSOS DA CHAMADA 02/2019 NO DIA
13.12.2019**

No dia 13 de dezembro de 2019, às 9 horas, reuniram-se, na sala 3015 da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, situada à Avenida Presidente Antônio Carlos, nº 6627, Pampulha, 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 Ferreira, Gustavo Ferreira Simões e o Secretário Executivo do "Projeto Brumadinho-UFMG", Tiago Barros Duarte. A divulgação do resultado preliminar da Chamada 02/2019 ocorreu no dia 02.12.2019. O Professor Rodrigo Nóbrega interpôs recursos contra o resultado preliminar divulgado pelo Comitê Técnico-Científico. Após a avaliação dos recursos, decidiu-se pelo deferimento do Subprojeto, uma vez que a nova proposta contempla parte da recomendação e os itens não contemplados foram justificados. Com relação às "métricas de paisagem", como a atividade não influencia no orçamento, o Comitê solicitará que se mantenha no projeto, estando a aprovação definitiva condicionada ao cumprimento desta recomendação. Sendo assim, o Comitê Técnico-Científico, por unanimidade, aprovou a recomendação da Proposta apresentada pelo Professor Rodrigo Nóbrega, requerendo a divulgação do resultado final, na forma prevista na Chamada 02/2019. 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, 13 de dezembro de 2019.



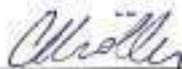
Tiago Barros Duarte



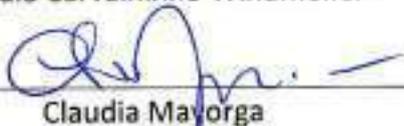
Adriana Monteiro da Costa



Carlos Augusto Gomes Leal



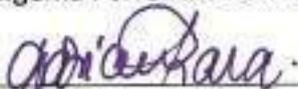
Claudia Carvalhinho Windmöller



Claudia Mayorga



Efigênia Ferreira e Ferreira



Fabiano Teodoro Lara



Gustavo Ferreira Simões



Ricardo Machado Ruiz



CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA Nº 02/2019
MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DO SOLO NA SUB-BACIA DO
RIBEIRÃO FERROCARVÃO, BRUMADINHO-MG

Resultado final

Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega – Instituto de Geociências da UFMG



Autos nº 5071521-44.2019.8.13.0024

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

1. O Comitê Técnico-Científico, conforme previsto nas Cláusulas 2.5, 2.33, 2.34 e 2.35 do Termo de Cooperação técnica nº 037/19, firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais –UFMG e esse d. Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, fez publicar, em 18/11/19, a **Chamada Pública Interna Induzida nº 4**, previamente aprovada pelo juízo, tendo por objeto **Coleta de amostras da ictiofauna da Bacia do Rio Paraopeba para análise patológica e toxicológica**.

1. Como se vê do Processo Seletivo juntado aos autos, o Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG decidiu pela recomendação da contratação da Proposta apresentada pelo **Professor Doutor Henrique César Pereira Figueiredo, da Escola de Veterinária da UFMG**.

2. A proposta recomendada tem orçamento de **R\$726.898,66 (setecentos e vinte e seis mil, oitocentos e noventa e oito reais e sessenta e seis centavos)**, ao que deve ser acrescido o valor correspondente às despesas administrativas da FUNDEP nesse momento estimadas em valor correspondente a 10% (dez por cento) do valor total. Importante esclarecer, quanto ao aspecto, que conforme Cláusula 9.3, do Termo de Cooperação Técnica nº 37/2019, “A FUNDAÇÃO fará jus a remuneração por serviços prestados PROJETO BRUMADINHO-UFMG na implantação dos Subprojetos, devendo ser prevista nos instrumentos específicos dessa contratação”. No instrumento contratual publicado juntamente com a Chamada nº 02, foi previsto elaboração pela FUNDEP de orçamento detalhado dos serviços que serão efetivamente prestados. Portanto, meramente estimativa a quantia correspondente a 10% (dez por cento) do valor do Projeto. Recorde-se que, conforme Cláusula 4.6 do Termo de Cooperação Técnica nº 037/19 e a Cláusula Segunda, Parágrafo Terceiro, inciso VI, do instrumento contratual publicado, “ao final do contrato, eventual saldo remanescente, monetariamente corrigido e acrescido dos rendimentos percebidos”.

3. Dessa forma, o passo seguinte para início dos trabalhos descritos **na Chamada Pública Interna Induzida nº 4**, após a presente recomendação do Projeto, é a aprovação pelo juízo, com a expressa autorização de sua contratação pela FUNDEP, e a conseqüente transferência da quantia correspondente a **R\$799.588,53 (setecentos e noventa e nove mil, quinhentos e oitenta e oito reais e cinquenta e três centavos)**.



4. Pelo exposto, recomenda-se e requer-se **APROVAÇÃO E CONTRATAÇÃO DA PROPOSTA** apresentada pelo **Professor Doutor Henrique César Pereira Figueiredo, da Escola de Veterinária da UFMG**, autorizando expressamente à FUNDEP a sua contratação, e determinando a transferência da quantia correspondente a **R\$799.588,53 (setecentos e noventa e nove mil, quinhentos e oitenta e oito reais e cinquenta e três centavos)** para a **conta bancária 960.365-4, agência 1.615-2, do Banco do Brasil, de titularidade da FUNDEP.**

Termos em que pedem juntada e deferimento.

Belo Horizonte, 12 de fevereiro de 2020.

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



Exmo. Sr. Juiz da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte.

Autos nº 5071521-44.2019.8.13.0024

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

1. O Comitê Técnico-Científico, conforme previsto nas Cláusulas 2.5, 2.33, 2.34 e 2.35 do Termo de Cooperação técnica nº 037/19, firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e esse d. Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, fez publicar, em 18/11/19, a **Chamada Pública Interna Induzida nº 4**, previamente aprovada pelo juízo, tendo por objeto **Coleta de amostras da ictiofauna da Bacia do Rio Paraopeba para análise patológica e toxicológica**.
1. Como se vê do Processo Seletivo juntado aos autos, o Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG decidiu pela recomendação da contratação da Proposta apresentada pelo **Professor Doutor Henrique César Pereira Figueiredo, da Escola de Veterinária da UFMG**.
2. A proposta recomendada tem orçamento de **R\$726.898,66 (setecentos e vinte e seis mil, oitocentos e noventa e oito reais e sessenta e seis centavos)**, ao que deve ser acrescido o valor correspondente às despesas administrativas da FUNDEP nesse momento estimadas em valor correspondente a 10% (dez por cento) do valor total. Importante esclarecer, quanto ao aspecto, que conforme Cláusula 9.3, do Termo de Cooperação Técnica nº 37/2019, “A FUNDAÇÃO fará jus a remuneração por serviços prestados PROJETO BRUMADINHO-UFMG na implantação dos Subprojetos, devendo ser prevista nos instrumentos específicos dessa contratação”. No instrumento contratual publicado juntamente com a Chamada nº 02, foi previsto elaboração pela FUNDEP de orçamento detalhado dos serviços que serão efetivamente prestados. Portanto, meramente estimativa a quantia correspondente a 10% (dez por cento) do valor do Projeto. Recorde-se que, conforme Cláusula 4.6 do Termo de Cooperação Técnica nº 037/19 e a Cláusula Segunda, Parágrafo Terceiro, inciso VI, do



instrumento contratual publicado, “ao final do contrato, eventual saldo remanescente, monetariamente corrigido e acrescido dos rendimentos percebidos”.

3. Dessa forma, o passo seguinte para início dos trabalhos descritos na **Chamada Pública Interna Induzida nº 4**, após a presente recomendação do Projeto, é a aprovação pelo juízo, com a expressa autorização de sua contratação pela FUNDEP, e a consequente transferência da quantia correspondente a **R\$799.588,53 (setecentos e noventa e nove mil, quinhentos e oitenta e oito reais e cinquenta e três centavos)**.
4. Pelo exposto, recomenda-se e requer-se **APROVAÇÃO E CONTRATAÇÃO DA PROPOSTA** apresentada pelo **Professor Doutor Henrique César Pereira Figueiredo, da Escola de Veterinária da UFMG**, autorizando expressamente à FUNDEP a sua contratação, e determinando a transferência da quantia correspondente a **R\$799.588,53 (setecentos e noventa e nove mil, quinhentos e oitenta e oito reais e cinquenta e três centavos)** para a **conta bancária 960.365-4, agência 1.615-2, do Banco do Brasil, de titularidade da FUNDEP**.

Termos em que pedem juntada e deferimento.

Belo Horizonte, 12 de fevereiro de 2020.



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



PROPOSTA RECOMENDADA
E
TERMO ÉTICO E DE
CONFIDENCIALIDADE



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA**

PROJETO BRUMADINHO-UFMG

**PROPOSTA DE SUBPROJETO APRESENTADA À
CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA Nº 04/2019**

**COLETA DE AMOSTRAS DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO
PARAOPEBA PARA ANÁLISE PATOLÓGICA E TOXICOLÓGICA**

Belo Horizonte

2020



1. JUSTIFICATIVA*

Em 25 de janeiro de 2019, a Barragem I da Mina “Córrego do Feijão”, em Brumadinho, Minas Gerais, se rompeu. O fato ocasionou o falecimento e desaparecimento de 270 pessoas, além de uma série de consequências e impactos pessoais, sociais, ambientais, econômicos e em patrimônios por longa extensão territorial, em especial na Bacia do Rio Paraopeba. Em função do rompimento da Barragem da Mina “Córrego do Feijão” foram ajuizadas ações judiciais (autos 5000121-74.2019.8.13.0054, 5010709-36.2019.8.13.0024, 5026408-67.2019.8.13.0024, 5044954-73.2019.8.13.0024) que tramitam perante o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte. No âmbito desses processos judiciais foi concebido o “Projeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do colapso da Barragem da Mina Córrego do Feijão”, aprovado em audiência e consolidado mediante o Termo de Cooperação Técnica nº 037/19, firmado entre a UFMG e o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte.

O “Projeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do colapso da Barragem da Mina Córrego do Feijão” (Projeto Brumadinho-UFMG) tem como objetivo geral auxiliar o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte a identificar e avaliar os impactos decorrentes do rompimento da Barragem I da Mina Córrego do Feijão. Os objetivos específicos do Projeto Brumadinho-UFMG são: identificar e avaliar as necessidades emergenciais, os impactos socioeconômicos, ambientais, na saúde, na educação, nas estruturas urbanas, no patrimônio cultural material e imaterial e nas populações ribeirinhas, dentre outros impactos, em escala local, microrregional, mesorregional e regional; e ainda apresentar as necessidades de recuperação e reconstrução em Relatório de Avaliação Consolidado e desenvolver Plano de Recuperação. O Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG é responsável por elaborar chamadas públicas para seleção de subprojetos e supervisionar a implementação e execução dos subprojetos, para consecução dos objetivos gerais e específicos.

* Adaptado da “Chamada Pública Interna Induzida nº 04/2019 - Coleta de amostras da ictiofauna da bacia do rio Paraopeba para análise patológica e toxicológica”



2. REVISÃO DE LITERATURA

Os rejeitos de mineração são materiais obtidos da separação de minerais valiosos de outros sólidos sem valor econômico. Os componentes principais desses rejeitos são rocha moída, água de processamento e alguns reagentes químicos que possam ter sido empregados no processo de refinamento do mineral extraído (Kossoff et al. 2014). A composição final dos rejeitos pode variar de acordo com as características originais de cada solo explorado sendo que alguns rejeitos podem conter níveis consideráveis de metais pesados ou de outros elementos inorgânicos que foram concentrados ao longo do processo de mineração (Hatje et al. 2014). Acidentes em barragens de rejeitos podem ocasionar contaminação ambiental elevada, uma vez que esses rejeitos facilmente se misturam e contaminam corpos naturais de água (Hatje et al. 2014).

Dentre os impactos possíveis ao meio ambiente, a estrutura natural da comunidade de peixes de uma região biogeográfica (ictiofauna) costuma ser severamente afetada. Os impactos podem ser percebidos tanto em curto prazo, onde mortalidades de peixes geralmente estão associadas ao aumento súbito da quantidade de sólidos em suspensão na água e indução de hipóxia nos animais, quanto também aos possíveis efeitos de longo prazo, perceptíveis pela disruptura da estrutura populacional dessa ictiofauna, mortalidades em menor escala, perda de eficiência reprodutiva, dentre outros (Richards et. al., 2009; Hatje et. al. 2014). Tais efeitos podem ser observados de forma homogênea em uma comunidade de peixes de um ambiente ou ainda serem observados de forma mais pronunciada para determinada espécie animal.

Um dos métodos mais utilizados para a avaliação dos efeitos de exposição dos peixes aos contaminantes da água, como os metais pesados, é a análise histopatológica de órgãos alvo. Os metais pesados podem acarretar diversas alterações teciduais, que tem a sua gravidade relacionada à concentração de exposição, bem como o tempo de exposição a um determinado contaminante (Meena et. al., 2018; Avigliano et. al., 2019). Praticamente todos os órgãos dos peixes são sensíveis aos metais pesados, sendo o fígado considerado como órgão com maior potencial de acumulação. O músculo também pode acumular metais pesados, mas de modo geral com cinética de deposição inferior ao apresentado por tecidos viscerais (Day et. al., 2020).

Diversos estudos descrevem o monitoramento de populações de peixes de vida livre em ambientes aquáticos potencialmente contaminados por metais pesados e outros contaminantes químicos. Tais monitoramentos são feitos nas principais espécies de peixes presentes no ecossistema aquático e tem como abordagem a coleta de tecidos de

