

## 11. Conclusões

Em vários dos casos das Chamadas apresentadas pela UFMG, há sobreposição com estudos, levantamentos, programas e atividades que já estão sendo auditadas, acompanhadas e reportadas com regularidade mensal desde de fevereiro de 2019 com avanços expressivos durante este período. No entendimento da AECOM, é importante evitar o risco de duplicar esforços e/ou eventualmente reiniciar estudos, levantamentos, programas e atividades que possuem vários meses de avanço. Tempo precioso pode ser desperdiçado, o que pode resultar em atrasos na reparação ambiental e/ou no atendimento às demandas dos atingidos, no caso de retrabalhos ou de perda dos esforços e marcos já atingidos.

## 12. Ponto de Atenção

Não obstante a existência de Termos de Ética e Confidencialidade assinados pelos principais profissionais responsáveis pelo desenvolvimento dos trabalhos definidos nas nove Chamadas de Projeto analisadas, ressaltamos que estes profissionais são professores ou alunos da UFMG, mesma entidade onde atuam os membros do Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho. Além de ter a responsabilidade técnica pela análise das propostas apresentadas para estes nove projetos e a escolha das propostas vencedoras, caberá ao CT-C o papel de protagonista na análise da qualidade dos projetos e o atingimento dos indicadores planejados, o que potencialmente poderá ser configurado como um conflito de interesse.

Atenciosamente,



---

VICENTE MELLO  
*Executive Director / Diretor Executivo*



---

CAIO PRADO  
*Director Infrastructure / Diretor de Infraestrutura*



Petição em anexo.



# SERGIO BERMUDES

A D V O G A D O S

SERGIO BERMUDES  
MARCIO VIEIRA SOUTO COSTA FERREIRA  
MARCELO FONTES  
ALEXANDRE SIGMARINGA SEIXAS  
GUILHERME VALDETARO MATHIAS  
ROBERTO SARDINHA JUNIOR  
MARCELO LAMEGO CARPENTER  
ANTONIO CARLOS VELLOSO FILHO  
FABIANO ROBALINHO CAVALCANTI  
MARIA AZEVEDO SALGADO (1973-2017)  
MARCO AURÉLIO DE ALMEIDA ALVES  
ERIC CERANTE PESTRE  
VÍTOR FERREIRA ALVES DE BRITO  
ANDRÉ SILVEIRA  
RODRIGO TANNURI  
FREDERICO FERREIRA  
ANTONELLA MARQUES CONSENTINO  
MARCELO GONÇALVES  
RICARDO SILVA MACHADO  
CAROLINA CARDOSO FRANCISCO  
PHILIP FLETCHER CHAGAS  
LUÍS FELIPE FREIRE LISBÔA  
WILSON PIMENTEL  
RICARDO LORETTI HENRICI  
JAIME HENRIQUE PORCHAT SECCO  
GRISSIA RIBEIRO VENÂNCIO  
MARCELO BORJA VEIGA  
ADILSON VIEIRA MACABU FILHO  
CAETANO BERENGUER  
ANA PAULA DE PAULA  
ALEXANDRE FONSECA

PEDRO HENRIQUE CARVALHO  
RAFAELA FUCCI  
RENATO RESENDE BENEZUI  
ALESSANDRA MARTINI  
PEDRO HENRIQUE NUNES  
GABRIEL PRISCO PARAISO  
GUIOMAR FEITOSA LIMA MENDES  
FLÁVIO JARDIM  
GUILHERME COELHO  
LÍVIA IKEDA  
ALLAN BARCELLOS L. DE OLIVEIRA  
PAULO BONATO  
RENATO CALDEIRA GRAVA BRAZIL  
VICTOR NADER BUJAN LAMAS  
GUILHERME REGUEIRA PITTA  
JOÃO ZACHARIAS DE SÁ  
SÉRGIO NASCIMENTO  
GIOVANNA MARSSARI  
OLAVO RIBAS  
MATHEUS PINTO DE ALMEIDA  
FERNANDO NOVIS  
LUIZ TOMÁS ALVES DE ANDRADE  
MARCOS MARES GUIA  
ROBERTA RASCIO SAITO  
ANTONIA DE ARAUJO LIMA  
GUSTAVO FIGUEIREDO GSCHWEND  
ANA LUÍSA BARRETO SALOMÃO  
PAULA MELLO  
RAFAEL MOCARZEL  
CONRADO RAUNHEITTI  
THAÍS VASCONCELLOS DE SÁ

BRUNO TABERA  
FÁBIO MANTUANO PRINCIPE  
MATHEUS SOUBHIA SANCHES  
MARCELO SOBRAL PINTO  
JOÃO PEDRO BION  
THIAGO RAVELL  
ISABEL SARAIVA BRAGA  
GABRIEL ARAUJO  
JOÃO LUCAS PASCOAL BEVILACQUA  
MARIA ADRIANNA LOBO LEÃO DE MATTOS  
EDUARDA SIMONIS  
CAROLINA SIMONI  
JESSICA BAQUI  
GUILHERME PIZZOTTI  
MATHEUS NEVES  
MATEUS ROCHA TOMAZ  
GABRIEL TEIXEIRA ALVES  
THIAGO CEREJA DE MELLO  
GABRIEL FRANCISCO DE LIMA  
ANA JULIA G. MONIZ DE ARAGÃO  
FRANCISCO DEL NERO TODESCAN  
FELIPE GUTLERNER  
EMANUELLA BARROS  
IAN VON NIEMEYER  
ANA LUIZA PAES  
JULIANA TONINI  
BERNARDO BARBOZA  
PAOLA PRADO  
ANDRÉ PORTELLA  
GIOVANNA CASARIN  
LUIZ FELIPE SOUZA

ANA VICTORIA PELLICCIONE DA CUNHA  
VINÍCIUS CONCEIÇÃO  
LEANDRO PORTO  
LUCAS REIS LIMA  
ANA CAROLINA MUSA  
RENATA AULER MONTEIRO  
ANA GABRIELA LEITE RIBEIRO  
BEATRIZ LOPES MARINHO  
JULIA SPADONI MAHFUZ  
GABRIEL SPUCH  
PAOLA HANNAE TAKAYANAGI  
DIEGO BORGHETTI DE QUEIROZ CAMPOS  
ANA CLARA MARCONDES O. COELHO  
LEONARDO PRÓSPERO ORTIZ  
BEATRIZ MARIA MARQUES HOLANDA COSTA  
LUIZ FELIPE DUPRÉ NOIRA  
ANA CLARA SARNEY

CONSULTORES  
AMARO MARTINS DE ALMEIDA (1914-1998)  
HELIO CAMPISTA GOMES (1925-2004)  
JORGE FERNANDO LORETTI (1924-2016)  
SALVADOR CÍCERO VELLOSO PINTO  
ELENA LANDAU  
CAIO LUIZ DE ALMEIDA VIEIRA DE MELLO  
PEDRO MARINHO NUNES  
MARCUS FAVER  
JOSÉ REYNALDO PEIXOTO DE SOUZA

EXMO. SR. JUIZ DE DIREITO DA 2ª VARA DA FAZENDA PÚBLICA E AUTARQUIAS  
DA COMARCA DE BELO HORIZONTE

Processo nº 5036254-74.2020.8.13.0024

VALE S.A., nos autos do incidente instaurado no âmbito da  
ação civil pública nº 5026408-67.2019.8.13.0024, com a finalidade de  
tratar da Chamada Pública de Projeto da UFMG nº 2, vem, por seus  
advogados abaixo assinados, em atenção à ata de audiência realizada  
no dia 5.3.20, quinta-feira (ID 108431540), indicar como seu  
assistente técnico a Universidade Federal de Lavras, representada  
pelo Sr. Vice Reitor José Roberto Soares Scolforo, que pode ser  
contatado no telefone (35) 3829-1502, e através do e-mail  
[reitoria@ufla.br](mailto:reitoria@ufla.br) e [josescolforo@gmail.com](mailto:josescolforo@gmail.com), tendo como endereço o  
Campus Universitário, Prédio da Reitoria, Lavras, Minas Gerais, CEP  
37200-900.

RIO DE JANEIRO  
Praça XV de Novembro, 20 - 7º e 8º andares  
CEP 20010-010 | Centro | Rio de Janeiro - RJ  
Tel 21 3221-9000

SÃO PAULO  
Rua Prof. Atilio Innocenti, 165 - 9º andar  
CEP 04538-000 | São Paulo - SP  
Tel 11 3549-6900

BRASÍLIA  
SHIS QL 14, Conjunto 05 casa 01  
CEP 71640-055 | Brasília - DF  
Tel 61 3212-1200

BELO HORIZONTE  
Rua Antônio de Albuquerque 194, sl 1601  
CEP 30112-010 | Savassi | Belo Horizonte - MG  
Tel 31 3029-7750

www.bermudes.com.br

Número do documento: 20050423221256100000112527832

<https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=20050423221256100000112527832>

Assinado eletronicamente por: MARCOS LUIZ DOS MARES GUIA NETO - 04/05/2020 23:22:12


Num. 113860316 - Pág. 1




Embora a referida Chamada ainda não tenha sido aprovada, a VALE requer, ainda, a juntada do rol de quesitos em anexo, protestando desde já pela apresentação de quesitos suplementares, na forma do art. 469 do Código de Processo Civil, caso necessário. E, pede, por fim, seja cientificada da data e local designados para o início da realização da perícia, para que seus assistentes técnicos possam acompanhar as diligências, na forma dos arts. 466, §2º, e 474, ambos do Código de Processo Civil, sob pena de nulidade.

Nestes termos,  
P.deferimento.

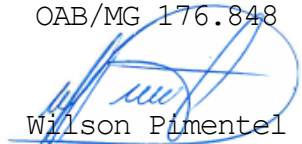
Belo Horizonte, 4 de maio de 2020.


  
Sergio Bermudes  
OAB/MG 177.465

  
Marcio Vieira Souto Costa Ferreira  
OAB/MG 177.504

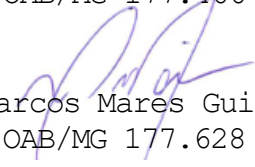
  
Fabiano Robalinho Cavalcanti  
OAB/MG 176.848

  
Marcelo Gonçalves  
OAB/RJ 108.611

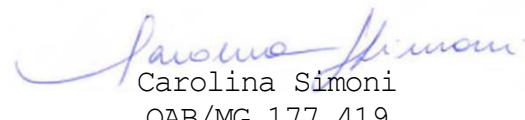
  
Wilson Pimentel  
OAB/MG 177.418

  
Caetano Berenguer  
OAB/MG 177.466

  
Pedro Henrique Carvalho  
OAB/RJ 147.420

  
Marcos Mares Guia  
OAB/MG 177.628

  
Thaís Vasconcellos de Sá  
OAB/MG 177.420

  
Carolina Simoni  
OAB/MG 177.419

  
Ana Julia Grein Moniz de Aragão  
OAB/RJ 208.830

  
Paola Prado  
OAB/RJ 210.891

ROL DE QUESITOS DA VALE S.A.Quesito n° 1:

Queira o Sr. Perito informar qual será a metodologia adotada para a "realização de mapeamento de uso e cobertura de solo em três momentos distintos da bacia", considerando que, enquanto a Chamada n° 02 tem por objeto as áreas localizadas entre as cidades de Brumadinho e Três Marias, o plano juntado aos autos restringe o trabalho de mapeamento à sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, o que representa uma parcela diminuta da área de estudo;

Quesito n° 2:

Queira o Sr. Perito esclarecer a razão pela qual o mapeamento proposto deixa de considerar localidades em que se situam estruturas fundamentais para o estudo de impactos, dentre as quais as áreas de localização das ETAF's 1 e 2, assim como as áreas previstas para a dragagem de rejeito. Adicionalmente, queira o Sr. Perito informar se nos autos existe decisão que determina que as estruturas construídas após o rompimento da Barragem I devam ser utilizadas para fins de construção da modelagem final da reparação;

Quesito n° 3:

Queira o Sr. Perito elucidar a razão pela qual a proposta de pesquisa apresenta grandes restrições em termos de mapeamento dos diversos tipos de vegetação natural, limitando-se a classificá-las como vegetação densa e rasteira quando, na verdade, a área impactada pelo rompimento apresenta uma diversidade muito mais significativa, como Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado, e Áreas Antropizadas;

Quesito n° 4:

Queira o Sr. Perito realizar o mapeamento considerando toda a diversidade de espécies de vegetação natural na área objeto do estudo, considerando as áreas de Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado, além dos impactos decorrentes da antropização, considerando a situação anterior ao acidente, os impactos causados e a situação ao tempo da perícia, após as medidas adotadas pela VALE;

Quesito n° 5:

Queira o Sr. Perito especificar as áreas diretamente atingidas pela onda de inundação decorrente do rompimento da barragem I, bem como aquelas em que houve deposição de rejeitos provenientes da estrutura;

Quesito n° 6:

Queira o Sr. Perito informar os impactos diretos verificados nessas áreas, do ponto de vista do uso e cobertura do solo, em razão do rompimento da Barragem I;

Quesito n° 7:

Queira o Sr. Perito apontar os diferentes tipos de uso do solo, antes e após o rompimento da Barragem I, nas áreas diretamente impactadas localizadas entre Brumadinho e Três Marias;

Quesito n° 8:

Queira o Sr. Perito apontar os diferentes tipos de cobertura do solo, imediatamente antes e após o rompimento da Barragem I, nas áreas diretamente impactadas localizadas entre Brumadinho e Três Marias;

Quesito n. 9:

Queira o Sr. Perito especificar as medidas adotadas pela VALE para endereçar os impactos no solo em razão do contato direto com a mancha de inundação ou o depósito de rejeitos, quando for o caso;

Quesito n. 10:

Queira o Sr. Perito informar se os rejeitos depositados na área imediatamente a jusante da estrutura já foram removidos pela VALE e encaminhados a uma destinação adequada, conforme informado aos órgãos competentes;



Petição em anexo.



# SERGIO BERMUDEZ

A D V O G A D O S

SERGIO BERMUDEZ  
MARCIO VIEIRA SOUTO COSTA FERREIRA  
MARCELO FONTES  
ALEXANDRE SIGMARINGA SEIXAS  
GUILHERME VALDETARO MATHIAS  
ROBERTO SARDINHA JUNIOR  
MARCELO LAMEGO CARPENTER  
ANTONIO CARLOS VELLOSO FILHO  
FABIANO ROBALINHO CAVALCANTI  
MARIA AZEVEDO SALGADO (1973-2017)  
MARCO AURÉLIO DE ALMEIDA ALVES  
ERIC CERANTE PESTRE  
VÍTOR FERREIRA ALVES DE BRITO  
ANDRÉ SILVEIRA  
RODRIGO TANNURI  
FREDERICO FERREIRA  
ANTONELLA MARQUES CONSENTINO  
MARCELO GONÇALVES  
RICARDO SILVA MACHADO  
CAROLINA CARDOSO FRANCISCO  
PHILIP FLETCHER CHAGAS  
LUÍS FELIPE FREIRE LISBÔA  
WILSON PIMENTEL  
RICARDO LORETTI HENRICI  
JAIME HENRIQUE PORCHAT SECCO  
GRISSIA RIBEIRO VENÂNCIO  
MARCELO BORJA VEIGA  
ADILSON VIEIRA MACABU FILHO  
CAETANO BERENGUER  
ANA PAULA DE PAULA  
ALEXANDRE FONSECA

PEDRO HENRIQUE CARVALHO  
RAFAELA FUCCI  
RENATO RESENDE BENEZUI  
ALESSANDRA MARTINI  
PEDRO HENRIQUE NUNES  
GABRIEL PRISCO PARAISO  
GUIOMAR FEITOSA LIMA MENDES  
FLÁVIO JARDIM  
GUILHERME COELHO  
LÍVIA IKEDA  
ALLAN BARCELLOS L. DE OLIVEIRA  
PAULO BONATO  
RENATO CALDEIRA GRAVA BRAZIL  
VICTOR NADER BUJAN LAMAS  
GUILHERME REGUEIRA PITTA  
JOÃO ZACHARIAS DE SÁ  
SÉRGIO NASCIMENTO  
GIOVANNA MARSSARI  
OLAVO RIBAS  
MATHEUS PINTO DE ALMEIDA  
FERNANDO NOVIS  
LUIZ TOMÁS ALVES DE ANDRADE  
MARCOS MARES GUIA  
ROBERTA RASCIO SAITO  
ANTONIA DE ARAUJO LIMA  
GUSTAVO FIGUEIREDO GSCHWEND  
ANA LUÍSA BARRETO SALOMÃO  
PAULA MELLO  
RAFAEL MOCARZEL  
CONRADO RAUNHEITTI  
THAÍS VASCONCELLOS DE SÁ

BRUNO TABERA  
FÁBIO MANTUANO PRINCIPE  
MATHEUS SOUBHIA SANCHES  
MARCELO SOBRAL PINTO  
JOÃO PEDRO BION  
THIAGO RAVELL  
ISABEL SARAIVA BRAGA  
GABRIEL ARAUJO  
JOÃO LUCAS PASCOAL BEVILACQUA  
MARIA ADRIANNA LOBO LEÃO DE MATTOS  
EDUARDA SIMONIS  
CAROLINA SIMONI  
JESSICA BAQUI  
GUILHERME PIZZOTTI  
MATHEUS NEVES  
MATEUS ROCHA TOMAZ  
GABRIEL TEIXEIRA ALVES  
THIAGO CEREJA DE MELLO  
GABRIEL FRANCISCO DE LIMA  
ANA JULIA G. MONIZ DE ARAGÃO  
FRANCISCO DEL NERO TODESCAN  
FELIPE GUTLERNER  
EMANUELLA BARROS  
IAN VON NIEMEYER  
ANA LUIZA PAES  
JULIANA TONINI  
BERNARDO BARBOZA  
PAOLA PRADO  
ANDRÉ PORTELLA  
GIOVANNA CASARIN  
LUIZ FELIPE SOUZA

ANA VICTORIA PELLICCIONE DA CUNHA  
VINÍCIUS CONCEIÇÃO  
LEANDRO PORTO  
LUCAS REIS LIMA  
ANA CAROLINA MUSA  
RENATA AULER MONTEIRO  
ANA GABRIELA LEITE RIBEIRO  
BEATRIZ LOPES MARINHO  
JULIA SPADONI MAHFUZ  
GABRIEL SPUCH  
PAOLA HANNAE TAKAYANAGI  
DIEGO BORGHETTI DE QUEIROZ CAMPOS  
ANA CLARA MARCONDES O. COELHO  
LEONARDO PRÓSPERO ORTIZ  
BEATRIZ MARIA MARQUES HOLANDA COSTA  
LUIZ FELIPE DUPRÉ NOIRA  
ANA CLARA SARNEY

CONSULTORES  
AMARO MARTINS DE ALMEIDA (1914-1998)  
HELIO CAMPISTA GOMES (1925-2004)  
JORGE FERNANDO LORETTI (1924-2016)  
SALVADOR CÍCERO VELLOSO PINTO  
ELENA LANDAU  
CAIO LUIZ DE ALMEIDA VIEIRA DE MELLO  
PEDRO MARINHO NUNES  
MARCUS FAVER  
JOSÉ REYNALDO PEIXOTO DE SOUZA

EXMO. SR. JUIZ DE DIREITO DA 2ª VARA DA FAZENDA PÚBLICA E AUTARQUIAS  
DA COMARCA DE BELO HORIZONTE

Processo nº 5036254-74.2020.8.13.0024

VALE S.A., nos autos do incidente instaurado no âmbito da  
ação civil pública nº 5026408-67.2019.8.13.0024, com a finalidade de  
tratar da Chamada Pública de Projeto da UFMG nº 02, vem, por seus  
advogados abaixo assinados, apresentar sua impugnação aos quesitos  
apresentados pelo ESTADO DE MINAS GERAIS e MINISTÉRIO PÚBLICO DO  
ESTADO DE MINAS GERAIS, nos seguintes termos:

RIO DE JANEIRO  
Praça XV de Novembro, 20 - 7º e 8º andares  
CEP 20010-010 | Centro | Rio de Janeiro - RJ  
Tel 21 3221-9000

SÃO PAULO  
Rua Prof. Atílio Innocenti, 165 - 9º andar  
CEP 04538-000 | São Paulo - SP  
Tel 11 3549-6900

BRASÍLIA  
SHIS QL 14, Conjunto 05 casa 01  
CEP 71640-055 | Brasília - DF  
Tel 61 3212-1200

BELO HORIZONTE  
Rua Antônio de Albuquerque 194, sl 1601  
CEP 30112-010 | Savassi | Belo Horizonte - MG  
Tel 31 3029-7750

www.bermudes.com.br

Número do documento: 2005112152448590000113535762

<https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=2005112152448590000113535762>

Assinado eletronicamente por: MARCOS LUIZ DOS MARES GUIA NETO - 11/05/2020 21:52:45

Num. 114863493 - Pág. 1





1. Bem analisados os quesitos apresentados pelo ESTADO DE MINAS GERAIS, algumas considerações se fazem necessárias, de modo a delimitar, com a precisão necessária, a abrangência dos trabalhos a serem desenvolvidos no âmbito da Chamada Pública nº 02, à luz do que foi proposto no Projeto de Pesquisa apresentado pela UFMG.

2. Em relação aos quesitos nºs (a) 1 e 2, apresentados pela Secretaria do Estado de Agricultura e Pecuária - SEAPA; (b) 9 e 12, apresentado pelo Instituto Estadual de Florestas - IEF; (c) 8, 14 e 15, apresentados pela Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM; e (d) 4, apresentado pela AECOM, fogem completamente ao escopo desta Chamada Pública, que, relembre-se, tem por objeto o mapeamento do uso e cobertura do solo antes e após o rompimento da barragem, nas áreas localizadas na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, utilizando imagem de satélite de alta resolução. Nesse trabalho, deverão, ainda, ser delimitados os diferentes tipos de uso, identificando as áreas de APPs, área consolidadas, pousio, vegetação nativa, reserva legal, pastagem, plantios.

3. Permita-se, para facilidade de exame, o apontamento esquemático desses quesitos:

- Quesitos indicados no item 'a', supra, estão relacionados com áreas irrigáveis e aquelas inundadas no último período chuvoso (janeiro/2020);
- Quesitos indicados no item 'b', supra, dizem respeito primeiro, à uma análise métrica da paisagem, não via satélite; e, na sequência, às condições atuais da vegetação remanescente;
- Quesitos indicados no item 'c', supra, referem-se a padrões da paisagem e interação entre suas unidades na sub-bacia do ribeirão Ferro Carvão no período coberto pelos imageamentos segundo às tais métricas padronizadas e, novamente, às condições atuais da vegetação remanescente e às áreas irrigáveis; e



- Quesito indicado no item 'd', supra, tem relação com diagnóstico da existência de nascentes, cursos d'água, bacias, e áreas de preservação permanente,

4. Como se sabe, o Projeto da Chamada já foi aprovado por esse MM. Juízo, tendo as partes recebido a oportunidade de se manifestar previamente a respeito. Eventuais pretensões de alteração dos parâmetros de estudo são, portanto, intempestivas, não podendo ser acolhidas por esse MM. Juízo, tampouco pela UFMG, motivo pelo qual é impositiva a sua rejeição.

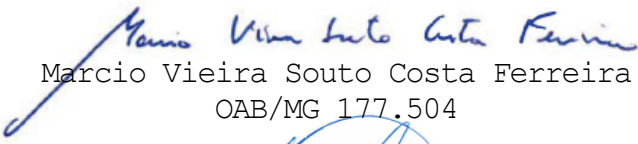
5. Desse modo, é necessário acolhimento desta impugnação, para que tais quesitos sejam excluídos dos trabalhos periciais a serem desenvolvidos na Chamada Pública nº 02.

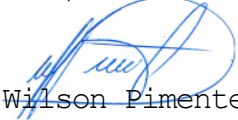
\* \* \*


6. Pelo exposto, a VALE confia em que esse MM. Juízo acolherá esta impugnação, a fim de que sejam rejeitados os quesitos nºs (a) 1 e 2, apresentados pela Secretaria do Estado de Agricultura e Pecuária - SEAPA; (b) 9 e 12, apresentado pelo Instituto Estadual de Florestas - IEF; (c) 8, 14 e 15, apresentados pela Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM; e (d) 4, apresentado pela AECOM, haja vista sua falta de coerência com as questões que serão enfrentadas nestes autos.


Nestes termos,  
P.deferimento.

Belo Horizonte, 11 de maio de 2020.

  
Marcio Vieira Souto Costa Ferreira  
OAB/MG 177.504

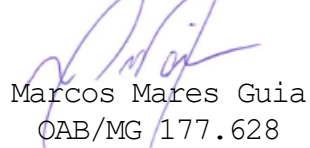
  
Wilson Pimentel  
OAB/MG 177. 418

  
Fabiano Robalinho Cavalcanti  
OAB/MG 176.848

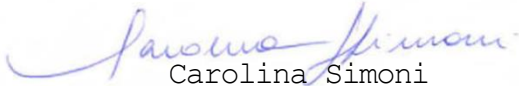
  
Marcelo Gonçalves  
OAB/MG 199.590



Caetano Berenguer  
OAB/MG 177.466



Marcos Mares Guia  
OAB/MG 177.628



Carolina Simoni  
OAB/MG 177.419



Paola Prado  
OAB/MG 199.127



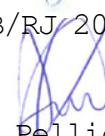
Pedro Henrique Carvalho  
OAB/MG 195.432



Thaís Vasconcellos de Sá  
OAB/MG 177.420



Ana Julia Grein Moniz de Aragão  
OAB/RJ 208.830



Ana Victoria Pelliccione da Cunha  
OAB/RJ 215.098

Ana Clara Marcondes  
OAB/MG 192.095





Poder Judiciário do Estado de Minas Gerais

Justiça de Primeira Instância

COMARCA DE BELO HORIZONTE/2ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte  
RES. 906/2020/MG

PROCESSO Nº: 5036254-74.2020.8.13.0024

CLASSE: PROCEDIMENTO COMUM CÍVEL (7)

AUTOR: DEFENSORIA PÚBLICA - DPMG, ESTADO DE MINAS GERAIS, MINISTÉRIO PÚBLICO - MPMG

RÉU: VALE S/A

### CERTIDÃO

Certifico e dou fé que tratam-se os presentes autos exclusivamente de autos para produção de provas/pesquisas, denominados "CHAMADA", derivados dos autos 5071521-44.2019.8.13.0024 (Anexo Pesquisas UFMG), conforme Ata de Audiência realizada em 13/02/2020, razão pela qual não há Triagem a ser procedida.

BELO HORIZONTE, 12 de maio de 2020.

Avenida Raja Gabaglia, 1753, Luxemburgo, BELO HORIZONTE - MG - CEP: 30380-900





**PODER JUDICIÁRIO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Justiça de Primeira Instância

Comarca de BELO HORIZONTE / 2ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte RES. 906/2020

PROCESSO Nº 5036254-74.2020.8.13.0024

CLASSE: PROCEDIMENTO COMUM CÍVEL (7)

ASSUNTO: [Mineração]

AUTOR: DEFENSORIA PÚBLICA - DPMG, ESTADO DE MINAS GERAIS, MINISTÉRIO PÚBLICO - MPMG

RÉU: VALE S/A

Decisão em frente.

BELO HORIZONTE, 18 de maio de 2020

Avenida Raja Gabaglia, 1753, Luxemburgo, BELO HORIZONTE - MG - CEP: 30380-900





**Poder Judiciário do Estado de Minas Gerais**  
**Justiça de Primeira Instância**

PODER JUDICIÁRIO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

COMARCA DE BELO HORIZONTE

2ª VARA DA FAZENDA PÚBLICA E AUTARQUIAS

Autos do Processo n.º 5010709-36.2019.8.13.0024

Tutela Antecipada Antecedente

Autor: Estado de Minas Gerais e outros

Ré: Vale S/A

Autos do Processo n.º 5026408-67.2019.8.13.0024

Ação Civil Pública (decorrente da tutela antecipada antecedente)

Autores: Estado de Minas Gerais e outros

Ré: Vale S/A

Autos do Processo n.º 5044954-73.2019.8.13.0024

Ação Civil Pública (Danos Ambientais)

Autor: Ministério Público do Estado de Minas Gerais

Ré: Vale S/A

Autos do Processo n.º 5087481-40.2019.8.13.0024

Ação Civil Pública (Danos Econômicos)

Autor: Ministério Público do Estado de Minas Gerais

Ré: Vale S/A

Anexos de Pesquisas Científicas

Autos do Processo n.º 5071521-44.2019.8.13.0024

Ação Civil Pública (Comitê Técnico Científico Universidade Federal de Minas Gerais)

Autos do Processo n.º 5036162-96.2020.8.13.0024 - Ação Civil Pública (Chamada 1)

Autos do Processo n.º 5036254-74.2020.8.13.0024 - Ação Civil Pública (Chamada 2)

Autos do Processo n.º 5036296-26.2020.8.13.0024 - Ação Civil Pública (Chamada 3)

Autos do Processo n.º 5036339-60.2020.8.13.0024 - Ação Civil Pública (Chamada 4)

Autos do Processo n.º 5036393-26.2020.8.13.0024 - Ação Civil Pública (Chamada 5)

Autos do Processo n.º 5036446-07.2020.8.13.0024 - Ação Civil Pública (Chamada 6)

Autos do Processo n.º 5036469-50.2020.8.13.0024 - Ação Civil Pública (Chamada 7)

Autos do Processo n.º 5036492-93.2020.8.13.0024 - Ação Civil Pública (Chamada 10)

Autos do Processo n.º 5036520-61.2020.8.13.0024 - Ação Civil Pública (Chamada 16)



Nos Autos do Processo n.º 5036254-74.2020.8.13.0024 - Ação Civil Pública (Chamada 2)

A proposta apresentada e recomendada pelo Comitê Técnico-Científico da UFMG tem por objeto a o mapeamento de uso e cobertura de solo em três momentos distintos da bacia.

O Ministério Público se manifestou sobre o projeto de contratação recomendada pelo Comitê Técnico-Científico da UFMG no documento de id 108427666, constando também o relatório elaborado pela assessoria técnica do MP (id 108427668) e pela AECOM (id 108427667), afirmando, em síntese, concordância com o desenvolvimento do projeto.

A Vale S.A. manifestou-se no documento id 108432080, aduzindo, em síntese, a área a ser mapeada deveria conter outras estruturas fundamentais para o estudo de impactos, que são muito restritas as categorias de classificação das áreas mapeadas e que o custo é elevado.

O Comitê Técnico-Científico da UFMG, por sua coordenação, manifestou-se sobre as considerações das partes no documento id 112081493.

Observo que, de fato, houve redução de área entre a proposta de Chamada 02 e a área prevista no Projeto recomendado. Todavia, a redução da área não prejudica a coleta das informações e formação do mapa, que poderá ser expandido no futuro, caso seja necessário e solicitado pelas partes. De fato, adequada e prudente a redução inicial e expansão futura, se for o caso.

Entretanto, o mapeamento das estruturas mencionadas pela VALE S.A., em especial as ETAFS 1 e 2, bem como a área de dragagem do Rio Paraopeba, já são efetivamente úteis no processo, merecendo acolhida o pedido de expansão da área a ser mapeada conforme sugerido pela VALE S.A.

Quanto aos custos, o que se vê é que a maior parte do orçamento se destina à aquisição de imagens orbitais e de modelo digital de terreno. Como se vê do Projeto recomendado (id 106983618), as imagens têm especificidades descritas no item 2.1 (Num. 104233856 - Pág. 9), que precisam ser atendidas. Por estar operando na recuperação da área, é possível que a VALE S. A. tenha estas imagens, o que reduziria significativamente os custos da pesquisa. De outro lado, reiteradamente as partes têm pedido que se leve em consideração os esforços já empreendidos. Assim, é adequado que se possibilite à parte a redução de custo, desde que a Vale S.A. forneça as imagens tal como as adquiriu.

Com tais fundamentos, APROVO A PROPOSTA E AUTORIZO À VALE S.A. que forneça, em 5 dias, imagens orbitais multispectrais ortoretificadas e com resolução espacial submétrica, com pelo menos uma banda pancromática e 4 bandas referentes aos comprimentos do



espectro eletromagnético da onda nas faixas azul, verde, vermelho e infravermelho próximo, com resolução radiométrica superior ou igual a 11 bits (2048 níveis de cinza por banda), e, que forneça também o Modelo Digital de Terreno com resolução espacial submétrica, todos referentes à área inicialmente prevista no projeto recomendado, acrescida das áreas de localização das ETAF's 1 e 2, assim como as áreas previstas para a dragagem de rejeito, tal como requerido pela própria VALE S.A., correspondentes a três momentos definidos no projeto, ou seja, uma conjunto de imagens anterior ao rompimento (entre dezembro de 2018 e 24 de janeiro de 2019), outra imediatamente após o rompimento (entre 25 de janeiro de 2019 e 01 de fevereiro de 2019), e outra recente. Em seguida, sendo entregues as imagens, a Coordenação do Projeto Brumadinho UFMG deverá providenciar as adequações do Projeto proposto, em especial com relação aos custos de aquisição da imagem e área a ser mapeada. Decorrido o prazo sem entrega das imagens pela VALE S.A., determino que a Vale deposite os valores descritos inicialmente ou proceda-se à transferência dos valores constantes na proposta para aquisição, determinando apenas a adequação de área a ser mapeada.

Intimem-se todos, inclusive do início do prazo para apresentação de quesitos.

Belo Horizonte, data e hora do sistema.

ELTON PUPO NOGUEIRA  
Juiz de Direito do Estado de Minas Gerais





Segue em anexo.



**EXCELENTÍSSIMO SENHOR DOUTOR JUIZ DE DIREITO DA 2ª VARA DA FAZENDA PÚBLICA E AUTARQUIAS DA COMARCA DE BELO HORIZONTE/MG.**

**Autos do Processo n.º 5010709-36.2019.8.13.0024**

**Autos do Processo n.º 5026408-67.2019.8.13.0024**

**Autos do Processo n.º 5044954-73.2019.8.13.0024**

**Autos do Processo n.º 5087481-40.2019.8.13.0024**

**Incidente de Pesquisa Científica n.º 5036254-74.2020.8.13.0024 - Ação Civil Pública (Chamada 2)**

A DEFENSORIA PÚBLICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS, o MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, o MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL e a DEFENSORIA PÚBLICA DA UNIÃO (“Instituições de Justiça”), nos autos do processo incidente em epígrafe, vêm, diante de Vossa Excelência, apresentar e requerer a juntada dos quesitos referentes a chamada 2.

Os quesitos apresentados em anexo foram construídos pelas Assessorias Técnicas Independentes de cada uma das 5 (cinco) regiões atingidas por meio de metodologias participativas que permitem a manifestação técnica das preocupações cotidianas das pessoas atingidas.

Desta forma, os quesitos já representam a concretização da participação das pessoas atingidas, viabilizada pela garantia das Assessorias Técnicas Independentes que exercem também o papel de assistentes técnicas das instituições de Justiça. Salienta-se que a construção trouxe já uma entrega nos autos dos trabalhos realizados em campo após a contratação e liberação de verbas e que foi possibilitada também pela existência de uma Coordenação Metodológica que construiu a unificação e organização da apresentação.



Requer-se comunicação prévia da realização das dos exames e perícias a serem realizados para que possam os assistentes técnicos das instituições de Justiça possam acompanhar todos os atos, na forma do art. 466, §2º do CPC.

Por fim, pugnam pela apresentação de quesitos suplementares, nos termos do art. 469 do CPC.

Pedem deferimento.

Belo Horizonte, 15 de junho de 2020.

**Carolina Morishita Mota Ferreira**

Defensora Pública

**André Sperling do Prado**

Promotor de Justiça

**Lígia Prado da Rocha**

Defensora Pública Federal

**Flávia Cristina Tavares Torres**

Procuradora da República

## **ROL DE QUESITOS**

1. O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho, ocasionou a alteração da paisagem, do uso e ocupação da terra à jusante do rompimento, no que se refere às repercussões sistêmicas inerentes à dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do rio Paraopeba, garantindo no mapeamento a representatividade amostral em todo o território, sem prejuízo a nenhuma das cinco regiões estabelecidas pelas Instituições de Justiça?

1. Será realizada a identificação, diagnóstico e avaliação (inclusive, quantitativamente) dos usos múltiplos do solo, para a toda a paisagem da bacia hidrográfica do rio Paraopeba (considerando o trecho Brumadinho a Três Marias) e não apenas na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão? Será preciso adaptar a metodologia descrita no plano de trabalho apresentado para as atividades periciais da chamada n.º 2? Indicar quais alterações metodológicas foram realizadas.

1. Como será demonstrado o espectro de uma continuidade espacial e temporal, das dinâmicas dadas na bacia hidrográfica do rio Paraopeba (considerando o trecho



Brumadinho a Três Marias), e na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, que considere, cenários futuros de possíveis riscos (conforme preconiza o item “2.2 objetivos específicos”, em sua letra “c”)?

1. O mapeamento irá incluir, no rol dos produtos cartográficos gerados, a cartografia social no desenvolvimento da base cartográfica contínua, bem como, a produção de mapas a partir de mapeamento participativo?

1. De que modo a cartografia que segue os critérios técnicos sustentados pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), pode incorporar, na metodologia, iniciativas internacionalmente reconhecidas de MAPEAMENTO PARTICIPATIVO, combinando assim as tecnologias (SIGs e Sensoriamento Remoto) aos métodos de pesquisa participativa?

1. O cronograma de desenvolvimento das atividades periciais será executado no período previsto? Caso não, qual nova proposta de cronograma se aplicaria?

1. Em que medida, quantitativamente e qualitativamente, outras áreas da bacia hidrográfica do rio Paraopeba podem apresentar impactos e danos referentes ao extravasamento do leito fluvial, e o conseqüente carreamento e deposição de rejeitos para áreas alhures em sua planície de inundação?

1. Como considerar e aferir, a partir do crivo das metodologias apresentadas, os mapeamentos nos demais territórios considerados atingidos em juízo, na bacia hidrográfica do rio Paraopeba?

1. Em escala detalhada espaço-temporalmente, sobretudo, diante do registro pluviométrico histórico no último período chuvoso 2019/2020 e da dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do rio Paraopeba, existem áreas à jusante que possam, também, apresentar alteração de sua paisagem?

1. Quais os cursos d’água, que formam a bacia hidrográfica do rio Paraopeba, foram atingidos pelo rompimento das barragens da mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Apresentar mapa da bacia hidrográfica com a indicação dos cursos d’água atingidos pelo evento danoso.

1. Quais são os municípios banhados pelos cursos d’água, que formam a bacia hidrográfica do rio Paraopeba, e que foram atingidos pelo rompimento das barragens da Mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Indicar a localização espacial dos territórios municipais atingidos pelo evento danoso.

1. O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho, ocasionou o soterramento de áreas/comunidades e a deposição de sedimentos (rejeitos) em córregos e rios ao longo de toda a bacia hidrográfica do rio



Paraopeba? Indicar o nome, a localização espacial das áreas soterradas e a continuidade/dissolução de cada uma das comunidades atingidas pelo evento danoso.

1. Quais foram os imóveis soterrados, de modo total e parcial, pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Quem são os proprietários/posseiros dos imóveis soterrados (individualizar cada um dos proprietários/posseiros)? Indicar a localização espacial dos imóveis soterrados.

1. Quais foram as vias de acesso e trânsito soterradas, de modo total e parcial, pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho? É possível indicar o tempo de interdição das estradas soterradas? Durante o tempo de interdição houve disponibilização de outras vias? Em caso positivo, o uso dessas alternativas trouxe incremento de tempo, distância, segurança ou custo no deslocamento das pessoas atingidas? Quais? Houve possibilidade de retomar o uso de todas as estradas soterradas? Em caso negativo, qual a alternativa adotada? A alternativa traz alteração de tempo, distância ou custo do deslocamento para as comunidades atingidas? Indicar no mapeamento as vias de acesso e trânsito soterradas.

1. Dos cursos d'água, que formam a bacia hidrográfica do rio Paraopeba, quais foram interditados em virtude da contaminação decorrente do rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Favor apresentar enquadramento das classes dos cursos d'água, conforme RESOLUÇÃO CONAMA/357. Indicar a localização dos cursos d'água interditados.

1. Existiam equipamentos de lazer, turismo e/ou recreativos nos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Paraopeba que foram contaminados pelos rejeitos da barragem que rompeu? Onde? Estes equipamentos foram danificados e/ou inutilizados em decorrência do rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Identificar no mapeamento.

1. Quais locais e áreas eram utilizados para atividades de pesca recreativa e esportiva nos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Estes locais e áreas foram interditados em virtude do rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Qual foi o tempo de duração da interdição? Estas atividades já foram retomadas? Há previsão de retomada destas atividades no futuro? Identificar no mapeamento

1. Existiam ou existem equipamentos religiosos e/ou culturais nos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Paraopeba que foram contaminados pelos rejeitos da barragem que rompeu? Onde? Estes equipamentos foram danificados e/ou inutilizados em decorrência do rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Identificar no mapeamento.



1. Quais locais e áreas eram e/ou são utilizados para atividades religiosas de matriz africana? O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho ocasionou a paralisação das distintas atividades religiosas? Qual foi o tempo de duração da paralisação das atividades religiosas? As atividades religiosas já foram retomadas? Caso seja negativa a resposta ao quesito anterior, há previsão da possibilidade de retomada das atividades religiosas de matriz africana no futuro? Identificar no mapeamento.

1. O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, ocasionou modificações no uso das terras para agropecuária? O mapeamento permitirá identificar o uso das terras para agropecuária antes e depois do rompimento, ajudando a identificar impactos nas cadeias produtivas locais? Como identificar cenários de possíveis riscos futuros para áreas de agropecuária? Identificar no mapeamento.

1. O mapeamento permitirá identificar, para além da classe temática pastagens, a classe temática criação de animais (aves, suínos, muares, asininos, equinos, caprinos, ovinos e outras criações)? Quais imóveis rurais promoviam a criação de animais (aves, suínos, muares, asininos, equinos, caprinos, ovinos e outras criações)? Indicar no mapeamento.

1. Quais as áreas agrícolas foram impedidas de serem cultivadas pela falta de irrigação ocasionada pela proibição de utilização da água da bacia hidrográfica do rio Paraopeba e/ou deposição de sedimentos (rejeitos), em decorrência do rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Identificar no mapeamento todas as áreas agrícolas.

1. O mapeamento permitirá identificar a sub-classe quintais produtivos, na classe temática plantios agrícolas, em virtude e sua relevância na etnobotânica, na soberania/segurança alimentar, na subsistência das famílias e na geração de renda nos espaços rurais e urbanos? Quais quintais produtivos foram atingidos pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Identificar no mapeamento todos os quintais produtivos considerando o trecho compreendido entre Brumadinho e a represa de Três Marias.

1. Quais as áreas de várzea foram/são atingidas pelo rejeito durante a cheia dos cursos d'água integrantes da bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Favor apresentar o quantitativo dessas áreas. As áreas de várzea continuam sendo atingidas pela lama durante a cheia dos cursos d'água? É possível estimar o tempo de duração deste dano ocasionado pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Indicar a localização das áreas de várzea no mapeamento.

1. Quais os locais de extração de areia foram/são atingidos pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Qual foi o



tempo de interdição dos locais de extração de areia? Os locais de extração de areia continuam interditados em decorrência do evento danoso? É possível estimar o tempo de duração da interdição dos locais de extração de areia? Indicar a localização dos locais de extração de areia no mapeamento.

**1.** O mapeamento da área permitirá a visualização dos danos relativos ao uso e à cobertura do solo antes do rompimento (para fins de reparação dos danos, quando possível) e depois do rompimento a barragem (também para reparação dos danos, quando possível, ou compensação das pessoas atingidas, em sua integralidade)? Quais formas de uso e cobertura do solo foram prejudicadas pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Identificar no mapeamento todos os tipos de solo, em escala detalhada, a cobertura vegetal e uso do solo que foram atingidos pelo evento danoso.

**1.** O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, atingiu Áreas de Preservação Permanente existentes na bacia hidrográfica do rio Paraopeba e definidas pelo artigo 4º da Lei Federal n.º 12.651/2012? Indicar a localização de todas as áreas de preservação permanente atingidas e os danos socioambientais provocados pelo evento danoso nestas áreas no mapeamento.

**1.** O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, atingiu áreas de Reserva Legal dos imóveis localizados na bacia hidrográfica do rio Paraopeba e definidas pelo artigo 12 da Lei Federal n.º 12.651/2012? Indicar a localização de todas as áreas Reserva Legal atingidas e os danos socioambientais provocados pelo evento danoso nestas áreas no mapeamento.

**1.** O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, atingiu Unidades de Conservação existentes na bacia hidrográfica do rio Paraopeba e definidas nos artigos 8º e 14 da Lei Federal n.º 9.985/2000? Indicar a localização de todas as unidades de conservação atingidas e os danos socioambientais provocados pelo evento danoso nestas áreas no mapeamento.

**1.** O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, atingiu áreas integrantes do Bioma Mata Atlântica existentes na bacia hidrográfica do rio Paraopeba e definidas no artigo 2º da Lei Federal n.º 11.428/2006? Indicar a localização de todas as áreas integrantes do Bioma Mata Atlântica e os danos socioambientais provocados pelo evento danoso nestas áreas no mapeamento.

**1.** Quantos animais foram encontrados mortos em decorrência do rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Há animais de espécies ameaçadas de extinção que foram mortos em decorrência do evento danoso? É possível indicar a localização dos animais que foram encontrados mortos e identificar o tipo de habitat das principais espécies da fauna afetados pelo evento danoso?



Indicar o método utilizado para a quantificação do impacto do evento danoso sobre a fauna, com indicação dos locais de habitat da fauna no mapeamento.

1. O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, afetou os usos relacionados a cadeia produtiva da pesca existente na bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Quais Municípios sofreram os impactos na cadeia produtiva da pesca? Quais atividades, relacionadas à cadeia produtiva da pesca (pescadores, comerciantes, sítiantes, etc.), foram prejudicadas pelo evento danoso? Identificar os locais de pesca e as comunidades atingidas pelo impacto do evento danoso na cadeia produtiva da pesca no mapeamento.

1. O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, afetou as pessoas que realizam a venda de iscas para os pescadores da bacia hidrográfica do rio do Paraopeba? Identificar a localização espacial das comunidades atingidas pelo impacto do evento danoso na venda de iscas no mapeamento.

1. O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, atingiu as pessoas que trabalham no shopping da minhoca no município de Caetanópolis? Identificar as comunidades atingidas pelo impacto do evento danoso no shopping da minhoca em Caetanópolis. Identificar a localização espacial do shopping da minhoca.

1. O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, atingiu áreas tombadas e/ou especialmente protegidas (por inventário, registros, vigilâncias e outros institutos jurídicos) pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (IEPHA) e/ou pelo órgão municipal de proteção cultural dos municípios atingidos pelo evento danoso? Indicar a localização de todas as áreas de relevante valor histórico e cultural no mapeamento. Indicar os danos socioambientais provocados pelo evento danoso nestas áreas.

1. Quantas comunidades quilombolas, regularmente inscritas no Cadastro Geral de Remanescentes das Comunidades dos Quilombolas previsto na Portaria n.º 98 da Fundação Cultural Palmares e cuja relação de comunidades certificadas está disponível em <http://www.palmares.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/TABELA-DE-CRQ-COMPLET-A-CERTIFICADAS.pdf>, e aquelas em processo de reconhecimento, estão localizadas nos municípios integrantes da bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Quais os usos essas comunidades fazem no território com os cursos d'água integrantes da bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Identificar sua localização, descrevendo os danos sofridos, no mapeamento.

1. De acordo com as informações fornecidas pela Comissão Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais (CNPCT), órgão público criado pelo Decreto n.º 6.040/2007, e pela Comissão Estadual dos Povos e





Comunidades Tradicionais (CEPCT-MG), órgão público criado pelo Decreto n.º 46.671/2014, quais são os povos e comunidades tradicionais que vivem ao longo da bacia hidrográfica do rio Paraopeba, entendidos como os povos ciganos, quilombolas, ribeirinhos, povos de terreiro, extrativistas, comunidades de fundo de pasto, pescadores artesanais, dentre outros? Quais os usos do território e as relações destas comunidades com os cursos d'água integrantes da bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Identificar a localização dos povos e comunidades tradicionais ao longo da bacia hidrográfica do rio Paraopeba, descrevendo os impactos sofridos, no mapeamento.

1. Há outros povos e comunidades tradicionais, que não foram identificados nas informações fornecidas pela CNPTCT e CEPCT-MG, que vivem ao longo da bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Quais são estes outros povos e comunidades tradicionais? Na identificação destes povos e comunidades tradicionais, foi respeitado o critério da auto-atribuição previsto no artigo 1º da Convenção n.º 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT)? Quais os usos do território e relações destes outros povos e comunidades tradicionais com os cursos d'água integrantes da bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Identificar a localização dos povos e comunidades tradicionais ao longo da bacia hidrográfica do rio Paraopeba, descrevendo os impactos sofridos, no mapeamento.

1. Quantas Colônias de Pescadores, regularmente constituídas na forma da legislação vigente e com registro dos atos constitutivos no cartório de títulos e documentos nos termos da Lei Federal n.º 11.699/08, possuem sede nos municípios integrantes da bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Favor individualizar todas as colônias de pescadores, descrever os impactos sofridos e indicar a localização das colônias de pescadores no mapeamento.

1. Favor considerar na classe “Cobertura Vegetal Nativa” a inclusão dos diversos usos de espécies pelos povos e comunidades tradicionais, especialmente os povos e comunidades tradicionais de matriz africana, considerando que essa flora tem potencialidades terapêuticas e que as práticas religiosas de raiz afro-brasileiras utilizam grande parte dessas plantas. Identificar a localização dos espaços nos quais as espécies animais e vegetais são obtidos pelas comunidades e povos tradicionais.

1. O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, atingiu povos e comunidades tradicionais, entendidos como “grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição” (artigo 3º, inciso I, do Decreto n.º 6.040/2007)? Indicar as comunidades tradicionais atingidas, o impacto do evento danoso na forma de vida das comunidades tradicionais e a localização destas comunidades.



**1.** O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, afetou a cadeia econômica do turismo existente na bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Favor espacializar quais municípios sofreram os impactos na cadeia econômica do turismo. Favor espacializar quais atividades, relacionadas à cadeia produtiva do turismo (pousadas, restaurantes, museus, etc.), foram prejudicadas pelo evento danoso. Identificar as comunidades atingidas pelo impacto do evento danoso na cadeia econômica do turismo, com a sua respectiva localização, com especial atenção para aquelas situadas nas áreas 4 (Pompéu e Curvelo) e 5 (municípios banhados pelo lago da UHE de Três Marias – São Gonçalo do Abaeté, Felixlândia, Morada Nova de Minas, Biquinhas, Paineiras, Martinho Campos, Abaeté e Três Marias).

**1.** Os municípios localizados bacia hidrográfica do rio Paraopeba, em especial aqueles situados nas áreas 4 e 5, possuíam roteiros turísticos antes do evento danoso? Quais eram os roteiros turísticos e onde estavam localizados? Como ficaram os roteiros turísticos após o rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Identificar a localização dos roteiros de turismo, com a indicação dos atingidos pelo evento danoso, no mapeamento.

**1.** Considerando todos os danos sociais, ambientais, culturais, econômicos, dentre outros, é possível definir a área dos danos ocasionados pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho (inclusive geográfica e cartográfica)? Qual o é critério utilizado para a definição da área e das pessoas impactadas pelo evento danoso? Indicar a localização de toda a área atingida pelo evento danoso.





Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais



## QUESITAÇÃO

**DOCUMENTO ELABORADO PELAS ASSESSORIAS TÉCNICAS INDEPENDENTES E PELA COORDENADORA DE ACOMPANHAMENTO METODOLÓGICO E FINALÍSTICO, A PARTIR DAS DEMANDAS APRESENTADAS PELAS COMUNIDADES ATINGIDAS VISANDO A REPARAÇÃO INTEGRAL DOS DANOS PROVOCADOS PELO ROMPIMENTO DAS BARRAGENS BI, BIV E BIV-A NA MINA CÓRREGO DO FEIJÃO**

**Belo Horizonte, 12 de julho de 2020**



## 1 INTRODUÇÃO

Foi celebrado, no bojo do processo judicial nº 5010709-36.2019.8.13.0024, no dia 20 de fevereiro de 2020, em audiência judicial com a presença do Estado de Minas Gerais, Defensoria Pública do Estado de Minas Gerais (DPMG), Defensoria Pública da União (DPU), Ministério Público de Minas Gerais (MPMG) e Ministério Público Federal (MPF) e Vale S.A., um acordo, em razão dos danos causados, ao longo da Bacia do Rio Paraopeba, com o rompimento das barragens BI, BIV e BIV-A na mina Córrego do Feijão. Esse acordo visava garantir o direito à Assessoria Técnica Independente para as pessoas e comunidades atingidas, como forma de assegurar a elas uma reparação integral dos danos sofridos.

As Instituições de Justiça, a partir de reuniões de mobilização e escuta, realizadas durante o mês de março de 2019, com as comunidades atingidas ao longo do Rio Paraopeba, bem como, de critérios de proximidade geográfica e características sociodemográficas similares, dividiu os 26 municípios atingidos em cinco regiões: (1) Brumadinho, (2) Mário Campos, São Joaquim de Bicas, Betim, Igarapé e Juatuba, (3) Esmeraldas, Florestal, Pará de Minas, Fortuna de Minas, São José da Varginha, Pequi, Maravilhas, Papagaios e Paraopeba, (4) Pompéu e Curvelo, (5) São Gonçalo do Abaeté, Felixlândia, Morada Nova de Minas, Biquinhas, Paineiras, Martinho Campos, Abaeté e Três Marias.

Deu-se início, com base em deliberação constante na ata judicial de 04 de abril de 2019, a partir de chamamento público, ao processo de escolha de entidades prestadoras de Assessoria Técnica Independente às comunidades atingidas ao longo do Rio Paraopeba. No curso de seis meses, com cerca de 200 reuniões comunitárias realizadas, 97 comissões de atingidos formadas e cinco assembléias, com a presença de centenas de pessoas, em cada uma das regiões, foram escolhidas para a prestação de assessoria técnica independente: a Associação Estadual de Defesa Ambiental e Social (AEDAS), para os municípios da região 1 e 2; o Núcleo de Assessoria às Comunidades Atingidas por Barragens (NACAB), para os municípios da região 3; e o Instituto Guaicuy, para os municípios das regiões 4 e 5.

Foram produzidos, pelas entidades escolhidas, com ampla participação das comunidades atingidas, entre agosto de 2019 e fevereiro de 2020, os Planos de Trabalho a serem executados nas cinco regiões. Após várias reuniões entre as entidades e as Instituições de Justiça e diversas adequações às propostas apresentadas, tanto de



orçamento, quanto de atividades, em ata da audiência judicial de 05 de março de 2020, é reconhecido, pelo Juízo da 2ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias, a figura das Assessorias Técnicas Independentes, como assistentes técnicos da parte autora, ressaltando que seu trabalho

[...] consiste na cooperação, assistência e auxílio para as partes autoras e pesquisas da UFMG, de modo que a pesquisa determinada pelo Juízo descreva completa e pormenorizadamente a identificação e extensão de todos os danos decorrentes do rompimento da barragem de rejeitos de minério do Córrego do Feijão. (Ata de audiência Judicial, 05 de março de 2020, fl. 12).

Os recursos destinados a custear a atuação das Assessorias Técnicas foram liberados no final de abril de 2020, permitindo que elas pudessem contratar os profissionais necessários e adquirir equipamentos e serviços para cumprir tais objetivos. Infelizmente, essa liberação já se deu em um contexto de ampla expansão da pandemia da COVID-19 e das medidas de restrição ao convívio social, fato que demandou uma reformulação das estratégias iniciais previstas nos Planos e Trabalho, elaborados pelas Assessorias.

Também já foi neste contexto que as Instituições de Justiça, através do Comunicado N° 16, de 26 de maio de 2020, designaram como Coordenadora de Acompanhamento Metodológico e Finalístico das atividades das Assessorias Técnica Independentes, a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

As Assessorias Técnicas Independentes, contando com o trabalho de sistematização da Coordenadora de Acompanhamento Metodológico, se somaram no esforço de elaborar, a partir das demandas colocadas pelas comunidades atingidas, o conjunto de quesitos que o presente documento reúne como uma contribuição para a reparação integral dos danos sofridos por tais comunidades.



## 2 METODOLOGIA EMPREGADA NA ELABORAÇÃO DE QUESITOS

As Assessorias Técnicas Independentes, durante o processo de elaboração dos Planos de Trabalho, realizaram, em 2019, um enorme esforço de escuta junto às comunidades, famílias e pessoas atingidas. Utilizaram, para esse fim, de ferramentas como o Diagnóstico Rural Participativo – DRP, reuniões com as comissões locais de atingidos e atingidas e escuta individual, o que permitiu também a construção de uma relevante base de dados, ainda que em sua fase inicial. Essas informações foram atualizadas e confirmadas em um novo processo participativo voltado para a elaboração dos quesitos, mas que teve de se defrontar com as medidas de isolamento social impostas pela pandemia de COVID-19. Assim, esse trabalho de levantamento teve que ser realizado de forma remota, fato que não impediu a escuta de dezenas de comissões de atingidos e atingidas, com a participação de várias de suas lideranças, das várias Regiões envolvidas.

As Assessorias também realizaram uma pesquisa bibliográfica e documental com o objetivo de definir fontes de dados secundários, com base em alguns critérios pré-definidos, para complementação e enriquecimento do levantamento sobre fatos e danos já obtidos de forma direta. Considerando o limite de tempo para o levantamento, buscou-se contemplar como fontes tanto pesquisas científicas independentes, quanto relatórios técnicos com dados obtidos anteriores e pós-desastre sociotecnológico da Bacia do Paraopeba, bem como, estudos que tratassem de processos semelhantes ao que ali ocorreu.

A Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas, nomeada como Coordenadora de Acompanhamento Metodológico e Finalístico das atividades das Assessorias Técnicas Independentes contribuiu com a elaboração de quesitos a partir do levantamento, sistematização e análise dos fatos e danos contidos na Petição inicial da Ação Civil Pública. Tais fatos e danos foram mapeados pelo MPMG, por meio de sua Coordenadoria de Inclusão e Mobilização Sociais (CIMOS), órgão especializado no tema das repercussões socioeconômicas de grandes empreendimentos e desastres, através de reuniões, entrevistas e visitas técnicas com as pessoas atingidas em 19 municípios da Bacia do Paraopeba.

Os fatos e danos, levantados e sistematizados pelas Assessorias e pela Coordenadora de Acompanhamento Metodológico, foram, em seguida, organizados em



eixos temáticos, conforme orientação das Instituições de Justiça, possibilitando que, a partir deles, fossem elaborados os quesitos apresentados adiante.

A Coordenadora de Acompanhamento Metodológico realizou o trabalho de sistematização dos quesitos procurando fundir aqueles que possuíam a mesma temática, respeitando, porém, as especificidades socioeconômicas e culturais de cada uma das cinco regiões em que foi dividida a Bacia do Paraopeba. Essa sistematização procurou inserir os quesitos dentro das 16 primeiras chamadas públicas<sup>1</sup>, já consolidadas, elaboradas pelo Comitê Técnico-Científico da UFMG, que atua, no processo, como perito indicado pelo Juiz da 2ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte. Dessa forma, objetivava-se facilitar o direcionamento dos quesitos e as suas respectivas respostas pelos profissionais do Comitê Técnico-Científico.

Essa sistematização foi devolvida para as Assessorias e também enviada às Instituições de Justiça para que pudessem, eventualmente, se manifestar sobre o trabalho realizado. Foram realizadas reuniões e a formação de grupos de trabalho entre as Assessorias e a Coordenadora de Acompanhamento Metodológico, visando verificar a melhor redação dos quesitos e sua adequação aos respectivos temas das chamadas.

O produto de todo esse trabalho está consolidado nos quesitos apresentados a seguir, que expressam, de forma concreta, as preocupações e sofrimentos das comunidades atingidas em torno dos danos provocados pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho, no dia 25 de janeiro de 2019.

---

<sup>1</sup> A chamada n° 1, após esclarecimentos da reunião realizada no dia 10 de junho de 2020, não suscitou, entre os formuladores desse documento, nenhum quesito. No que se refere à Chamada n°8, embora já tenha sido lançada, não teve propostas aprovadas e deverá ser republicada. Assim, optou-se por não apresentar quesitos referentes a essa chamada.



Petição em anexo.





# SERGIO BERMUDEDES

A D V O G A D O S

SERGIO BERMUDEDES  
MARCIO VIEIRA SOUTO COSTA FERREIRA  
MARCELO FONTES  
ALEXANDRE SIGMARINGA SEIXAS  
GUILHERME VALDETARO MATHIAS  
ROBERTO SARDINHA JUNIOR  
MARCELO LAMEGO CARPENTER  
ANTONIO CARLOS VELLOSO FILHO  
FABIANO ROBALINHO CAVALCANTI  
MARIA AZEVEDO SALGADO (1973-2017)  
MARCO AURÉLIO DE ALMEIDA ALVES  
ERIC CERANTE PESTRE  
VÍTOR FERREIRA ALVES DE BRITO  
ANDRÉ SILVEIRA  
RODRIGO TANNURI  
FREDERICO FERREIRA  
ANTONELLA MARQUES CONSENTINO  
MARCELO GONÇALVES  
RICARDO SILVA MACHADO  
CAROLINA CARDOSO FRANCISCO  
PHILIP FLETCHER CHAGAS  
LUÍS FELIPE FREIRE LISBÔA  
WILSON PIMENTEL  
RICARDO LORETTI HENRICI  
JAIME HENRIQUE PORCHAT SECCO  
GRISSIA RIBEIRO VENÂNCIO  
MARCELO BORJA VEIGA  
ADILSON VIEIRA MACABU FILHO  
CAETANO BERENGUER  
ANA PAULA DE PAULA  
ALEXANDRE FONSECA

PEDRO HENRIQUE CARVALHO  
RAFAELA FUCCI  
RENATO RESENDE BENEZUELI  
ALESSANDRA MARTINI  
PEDRO HENRIQUE NUNES  
GABRIEL PRISCO PARAISO  
GUIOMAR FEITOSA LIMA MENDES  
FLÁVIO JARDIM  
GUILHERME COELHO  
LÍVIA IKEDA  
ALLAN BARCELLOS L. DE OLIVEIRA  
PAULO BONATO  
RENATO CALDEIRA GRAVA BRAZIL  
VICTOR NADER BUJAN LAMAS  
GUILHERME REGUEIRA PITTA  
JOÃO ZACHARIAS DE SÁ  
SÉRGIO NASCIMENTO  
GIOVANNA MARSSARI  
OLAVO RIBAS  
MATHEUS PINTO DE ALMEIDA  
FERNANDO NOVIS  
LUIZ TOMÁS ALVES DE ANDRADE  
MARCOS MARES GUIA  
ROBERTA RASCIO SAITO  
ANTONIA DE ARAUJO LIMA  
GUSTAVO FIGUEIREDO GSCHWEND  
ANA LUÍSA BARRETO SALOMÃO  
PAULA MELLO  
RAFAEL MOCARZEL  
CONRADO RAUNHEITTI  
THAÍS VASCONCELLOS DE SÁ

BRUNO TABERA  
FÁBIO MANTUANO PRINCIPE  
MATHEUS SOUBHIA SANCHES  
MARCELO SOBRAL PINTO  
JOÃO PEDRO BION  
THIAGO RAVELL  
ISABEL SARAIVA BRAGA  
GABRIEL ARAUJO  
JOÃO LUCAS PASCOAL BEVILACQUA  
MARIA ADRIANNA LOBO LEÃO DE MATTOS  
EDUARDA SIMONIS  
CAROLINA SIMONI  
JESSICA BAQUI  
GUILHERME PIZZOTTI  
MATHEUS NEVES  
MATEUS ROCHA TOMAZ  
GABRIEL TEIXEIRA ALVES  
THIAGO CEREJA DE MELLO  
GABRIEL FRANCISCO DE LIMA  
ANA JULIA G. MONIZ DE ARAGÃO  
FRANCISCO DEL NERO TODESCAN  
FELIPE GUTLERNER  
EMANUELLA BARROS  
IAN VON NIEMEYER  
ANA LUIZA PAES  
JULIANA TONINI  
BERNARDO BARBOZA  
PAOLA PRADO  
ANDRÉ PORTELLA  
GIOVANNA CASARIN  
LUIZ FELIPE SOUZA

ANA VICTORIA PELLICCIONE DA CUNHA  
VINÍCIUS CONCEIÇÃO  
LEANDRO PORTO  
LUCAS REIS LIMA  
ANA CAROLINA MUSA  
RENATA AULER MONTEIRO  
ANA GABRIELA LEITE RIBEIRO  
BEATRIZ LOPES MARINHO  
JULIA SPADONI MAHFUZ  
GABRIEL SPUCH  
PAOLA HANNAE TAKAYANAGI  
DIEGO BORGHETTI DE QUEIROZ CAMPOS  
ANA CLARA MARCONDES O. COELHO  
LEONARDO PRÓSPERO ORTIZ  
BEATRIZ MARIA MARQUES HOLANDA COSTA  
LUIZ FELIPE DUPRÉ NOIRA  
ANA CLARA SARNEY

CONSULTORES  
AMARO MARTINS DE ALMEIDA (1914-1998)  
HELIO CAMPISTA GOMES (1925-2004)  
JORGE FERNANDO LORETTI (1924-2016)  
SALVADOR CÍCERO VELLOSO PINTO  
ELENA LANDAU  
CAIO LUIZ DE ALMEIDA VIEIRA DE MELLO  
PEDRO MARINHO NUNES  
MARCUS FAVER  
JOSÉ REYNALDO PEIXOTO DE SOUZA

EXMO. SR. JUIZ DE DIREITO DA 2ª VARA DA FAZENDA PÚBLICA E AUTARQUIAS  
DA COMARCA DE BELO HORIZONTE

Processo nº 5036254-74.2020.8.13.0024

VALE S.A., nos autos do incidente instaurado no âmbito da  
ação civil pública nº 5071521-44.2019.8.13.0024, com a finalidade de  
tratar da Chamada Pública de Projeto da UFMG nº 02, vem, por seus  
advogados abaixo assinados, em atenção à r. decisão de ID 115858941,  
informar a V.Exa. que já disponibilizou para a Universidade Federal  
de Minas Gerais - UFMG as imagens de satélite e arquivos MDT na Sub-  
Bacia do Ferro Carvão e áreas da ETAF-1 e ETAF-2, bem como áreas

RIO DE JANEIRO  
Praça XV de Novembro, 20 - 7º e 8º andares  
CEP 20010-010 | Centro | Rio de Janeiro - RJ  
Tel 21 3221-9000

SÃO PAULO  
Rua Prof. Atílio Innocenti, 165 - 9º andar  
CEP 04538-000 | São Paulo - SP  
Tel 11 3549-6900

BRASÍLIA  
SHIS QL 14, Conjunto 05 casa 01  
CEP 71640-055 | Brasília - DF  
Tel 61 3212-1200

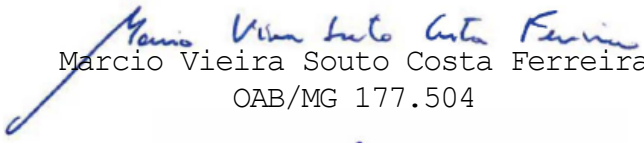
BELO HORIZONTE  
Rua Antônio de Albuquerque 194, sl 1601  
CEP 30112-010 | Savassi | Belo Horizonte - MG  
Tel 31 3029-7750


www.bermudes.com.br

previstas para dragagem de rejeito, que a Companhia possui (doc. 1), assim como as informações técnicas referentes aos dados apresentados (doc. 2).

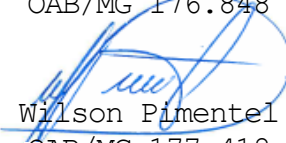
Nestes termos,  
P.deferimento.  
Belo Horizonte, 29 de junho de 2020.


Sergio Bermudes  
OAB/MG 177.465


  
Marcio Vieira Souto Costa Ferreira  
OAB/MG 177.504

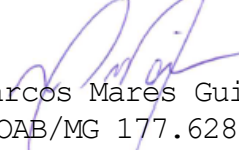
  
Fabiano Robalinho Cavalcanti  
OAB/MG 176.848

  
Marcelo Gonçalves  
OAB/RJ 108.611

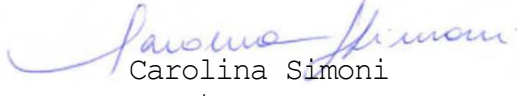
  
Wilson Pimentel  
OAB/MG 177.418

  
Caetano Berenguer  
OAB/MG 177.466


  
Pedro Henrique Carvalho  
OAB/RJ 147.420

  
Marcos Mares Guia  
OAB/MG 177.628

  
Thaís Vasconcellos de Sá  
OAB/MG 177.420

  
Carolina Simoni  
OAB/MG 177.419

  
Ana Julia Grein Moniz de Aragão  
OAB/RJ 208.830

  
Paola Prado  
OAB/RJ 210.891



De: assistente pericia <assistente.pericia@Vale.com>  
Enviado: quinta-feira, 25 de junho de 2020 09:22  
Para: PROJETOBRUMADINHOUFG@UFMG.BR  
Cc: Savio Sena - VALE; Lilian Simões; SBVALE; Wilson Pimentel; Ricardo Marcio; assistente pericia  
Assunto: Chamada Nº 2 - Imagens

Prezado Professor Fabiano, bom dia

Em atendimento à solicitação do histórico abaixo, encaminhamos as imagens e dados disponíveis internamente. Devido ao tamanho dos arquivos, precisamos inseri-los em pasta externa, pelo que encaminhamos o link para acesso:

[https://tetrattechinc-my.sharepoint.com/:f/q/personal/jasmim\\_santos\\_tetrattech\\_com/Eroc3JNNIVICppUS4G-LDEEBHt3mbKP2mpuR6O6MT-iFDw?e=E1oKMM](https://tetrattechinc-my.sharepoint.com/:f/q/personal/jasmim_santos_tetrattech_com/Eroc3JNNIVICppUS4G-LDEEBHt3mbKP2mpuR6O6MT-iFDw?e=E1oKMM)

Para melhor esclarecimento de referida entrega, anexamos o documento intitulado "Informação dos dados - Chamada 2 UFMG" contendo informações técnicas dos dados.

Agradecemos a análise e informação se os arquivos atendem ao solicitado.

Permanecemos à inteira disposição para quaisquer dúvidas,

Atenciosamente,

**Fernanda de Andrade Sena**  
**Central de Perícia Reparação**  
Gerência de Reparação Socioambiental  
Vale S.A - Alameda Oscar Niemeyer 132 - Edifício Concórdia – Vale do Sereno  
34.006.049 Nova Lima, MG – Brasil Tel.: (+55 31) 3916-6898 - Cel.: (+55 31) 99642-1340  
[assistente.pericia@vale.com](mailto:assistente.pericia@vale.com)  
Classificação da Informação: ( ) Confidencial (x) Restrita ( ) Uso interno ( ) Pública



## Atendimento – Chamada 2 - UFMG

Considerando as solicitações exigidas na Chamada 2 - UFMG, no que tange a concessão de imagens de satélite e arquivos MDT na Sub-Bacia do Ferro Carvão e áreas da ETAF-1 e ETAF-2, bem como áreas previstas para dragagem de rejeito, os arquivos foram selecionados e disponibilizados através do link de de One Drive.

Abaixo é possível consultar informações técnicas dos dados, bem como o atendimento às exigências estabelecidas na Chamada 2 – UFMG.

### Imagens de Satélite

As imagens de satélite disponibilizadas possuem 0,5 metros de resolução espacial e 4 bandas no sensor multiespectral, sendo elas: red, green, blue e infra vermelho próximo.

Na pasta **“1.1 Imagem Pré Ruptura - Período 1”** é possível acessar a imagem do Satélite Pleiades que foi extraída no dia 18/01/2019, anterior ao rompimento da Barragem I da Mina de Córrego do Feijão.

Nas pastas **“1.2 Imagem Pós Ruptura - Período 2”** e **“1.3 Imagem Pós Ruptura – Período 3”** é possível acessar as imagens do Satélite Geoeye que foram extraídas em datas posteriores ao rompimento da Barragem I, sendo, respectivamente em 29/01/2019 e 05/04/2020.

As imagens disponibilizadas cobrem a área de interesse para estudos voltados para a região da Barragem I, sendo que as mesmas representam principalmente a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão.

Os arquivos foram projetados para o Datum SIRGAS 2000, UTM, fuso 23S, conforme preconiza o IBGE através da resolução 1/2005. Exceto a imagem Pleiades que está no projetada do Datum WGS\_1984\_UTM\_Zone\_23S.

### Modelos Digitais de Terreno

Os arquivos disponibilizados na pasta **“2. Modelos Digitais de Terreno”** tratam-se dos modelos digitais de terreno – MDT, extraídos de levantamentos realizados utilizando o método LIDAR (Light Detection and Ranging).

Através dos levantamentos foi possível obter uma nuvem de pontos do terreno que interpoladas geram os MDTs em formato raster. Os mesmos foram elaborados com resolução espacial de 0,66m.

Os levantamentos foram referenciados ao Datum altimétrico de Imbituba, ao Datum planimétrico SAD-69 (96). Para disponibilização os dados foram reprojetados para o Datum SIRGAS 2000, UTM, fuso 23S, conforme preconiza o IBGE através da resolução 1/2005.

O arquivo disponibilizado na pasta **“2.1 Modelo Pré Ruptura - Período 1”** trata-se de uma junção de levantamentos feitos no ano de 2012 e 2016, sendo que o mesmo compreende a área de interesse para estudos na região da Mina do Córrego do Feijão, em período anterior ao rompimento da Barragem I.



Já os arquivos disponibilizados na pasta “2.2 Modelo Pós Ruptura - Período 2” e “2.3 Modelo Pós Ruptura - Período 3” tratam-se de levantamentos feitos em data posterior a ruptura, sendo, respectivamente em 26/01/2019 e 08/03/2020.

## Informações complementares

A quadro abaixo apresentada as exigências estabelecidas na Chamada 2 – UFMG”, bem como o atendimento.

Tabela 1- Análise de atendimento dos dados em relação a Chamada 2 - UFMG.

EXIGÊNCIAS CHAMADA 2 - UFMG						
IMAGENS E MDT		BANDAS	RESOLUÇÃO RADIOMÉTRICA	ÁREA DE ESTUDO	RESOLUÇÃO SUBMÉTRICA	PERÍODO
Dado	Período	Resolução espectral RGB-IV	Resolução superior ou igual a 11 bits	Área da Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, ETAF's e Dragagem	Resolução espacial abaixo de 1 metro	Período de Interesse de coleta dos dados**
Imagem	1.1 Imagem Pré Ruptura - Período 1	Não atende	Não atende	Não atende	Atende	Atende
	1.2 Imagem Pós Ruptura - Período 2	Atende	Atende	Atende	Atende	Atende
	1.3 Imagem Pós Ruptura - Período 3	Atende	Não atende	Atende	Atende	Atende
MDT	2.1 Modelo Pré Ruptura - Período 1	Não se aplica*	Não se aplica*	Atende	Atende	Não atende
	2.2 Modelo Pós Ruptura - Período 2	Não se aplica*	Não se aplica*	Atende	Atende	Atende
	2.3 Modelo Pós Ruptura - Período 3	Não se aplica*	Não se aplica*	Atende	Atende	Atende

\*A exigência não se aplica ao dado em questão.  
 \*\*O período pode ser consultado no documento "Chamada 2\_rev".



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

**Autos do Processo n.º 5036254-74.2020.8.13.0024 (Subprojeto 02)**

O Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFGM, por sua Coordenação, vem perante V. Exa., em atendimento à decisão de ID 115858941, expor e ao final requerer:

1. Foram fornecidas pela ré algumas imagens, conforme noticiado na manifestação de ID 122206784 e documentos de ID 122206784 e ID 122206780 que a acompanham.
2. Todavia, em exame técnico, verificou-se as imagens não preenchem os requisitos necessários para a execução do projeto, conforme parecer juntado a essa manifestação (DOC. 1 – parecer sobre imagens).
3. De outro lado, houve adequação do projeto, atendendo às determinações contidas na mencionada decisão ID 115858941, conforme documento juntado (DOC. 2 - Subprojeto 2 – com adequações).

Assim, é de se requerer à V. Exa., em cumprimento da decisão ID 115858941 já proferida, seja determinada a transferência da quantia correspondente a **R\$459.663,26 (quatrocentos e cinquenta e nove mil, seiscentos e sessenta e três reais e vinte e seis centavos)** para a **conta bancária 960.363-8, agência 1.615-2, do Banco do Brasil, de titularidade da FUNDEP, para prosseguimento da atividade.**

Termos em que juntam documentos e pedem deferimento.

Belo Horizonte, 23 de julho de 2020.

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



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

**Autos do Processo n.º 5036254-74.2020.8.13.0024 (Subprojeto 02)**

O Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG, por sua Coordenação, vem perante V. Exa., em atendimento à decisão de ID 115858941, expor e ao final requerer:

1. Foram fornecidas pela ré algumas imagens, conforme noticiado na manifestação de ID 122206784 e documentos de ID 122206784 e ID 122206780 que a acompanham.
2. Todavia, em exame técnico, verificou-se as imagens não preenchem os requisitos necessários para a execução do projeto, conforme parecer juntado a essa manifestação (DOC. 1 – parecer sobre imagens).
3. De outro lado, houve adequação do projeto, atendendo às determinações contidas na mencionada decisão ID 115858941, conforme documento juntado (DOC. 2 - Subprojeto 2 – com adequações).

Assim, é de se requerer à V. Exa., em cumprimento da decisão ID 115858941 já proferida, seja determinada a transferência da quantia correspondente a **R\$459.663,26 (quatrocentos e cinquenta e nove mil, seiscentos e sessenta e três reais e vinte e seis centavos)** para a conta bancária **960.363-8, agência 1.615-2, do Banco do Brasil, de titularidade da FUNDEP, para prosseguimento da atividade.**

Termos em que juntam documentos e pedem deferimento.

Belo Horizonte, 23 de julho de 2020.



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



# Avaliação da qualidade e potencial de emprego das imagens e modelo digital de terreno fornecidos pela Vale como insumo para a execução da Chamada #2 do Projeto Brumadinho UFMG

## 1. MATERIAL FORNECIDO

### Dados Anteriores ao Rompimento (t1)

#### • Imagem Pleiades

- Data de aquisição: 18/jn/2019 (atende)
- Resolução espacial: 0,5m (atende)
- Resolução espectral: 3 bandas (não atende)
- Resolução radiométrica: 8 bits (não atende)
- Ortoretificada: sim
- Presença de nuvens: sim
- Cobertura: não (não atende)

#### • Modelo Digital de Terreno

- Data de aquisição: "mosaico 2012-2016"
- Origem/sensor: LiDAR
- Resolução espacial: 0,66m
- Tipo de dado: float, 32 bits
- Presença de lacunas: não
- Cobertura de toda a área de estudo: não

### Dados Imediatamente após o Rompimento (t2)

#### • Imagem Geoeye1 (duas imagens)

- Data de aquisição: 29/jan/2019 (atende)
- Resolução espacial: 0,5m (atende)
- Resolução espectral: 4 bandas
- Resolução radiométrica: 16 bits
- Ortoretificada: sim
- Presença de nuvens: sim
- Cobertura: sim

#### • Modelo Digital de Terreno

- Data de aquisição: 26/jan/2019
- Origem/sensor: LiDAR
- Resolução espacial: 0,66m
- Tipo de dado: float, 32 bits
- Presença de lacunas: não
- Cobertura de toda a área de estudo: não

### Verão 2020 (t3)

#### • Imagem Wordview3\_Geoeye1

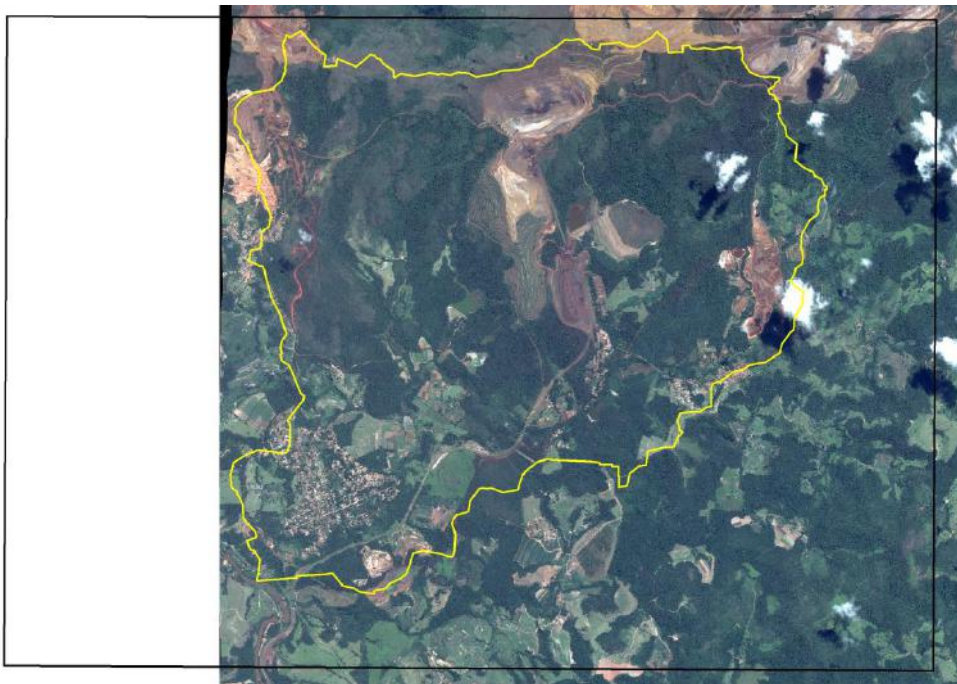
- Data de aquisição: 29/jan/2019
- Resolução espacial: 0,5m
- Resolução espectral: 4 bandas
- Resolução radiométrica: 8 bits (não atende)
- Ortoretificada: sim
- Presença de nuvens: não
- Cobertura: sim

#### • Modelo Digital de Terreno

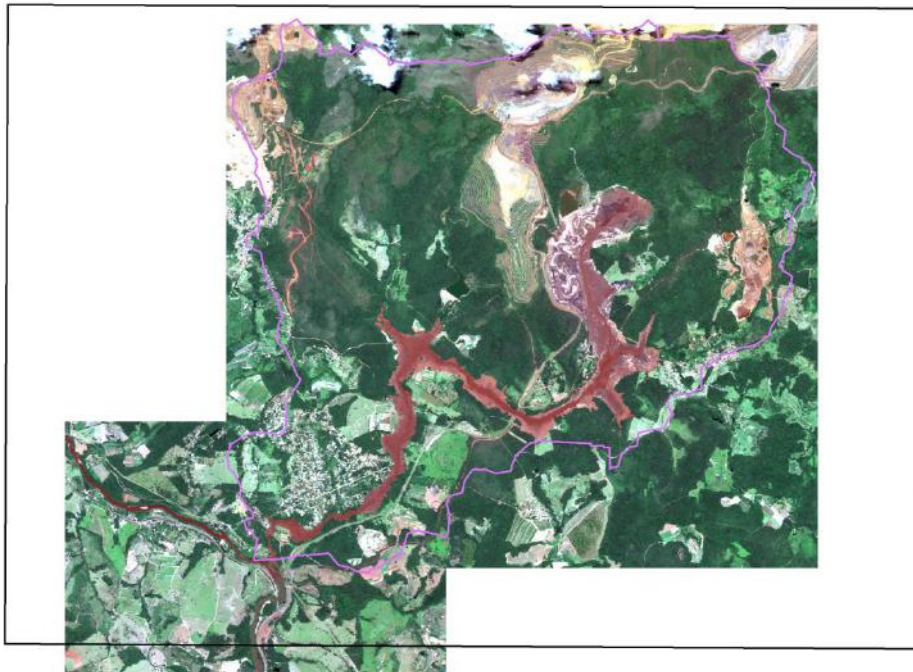
- Data de aquisição: 08/mar/2020
- Origem/sensor: LiDAR
- Resolução espacial: 0,66m
- Tipo de dado: float, 32 bits
- Presença de lacunas: não
- Cobertura de toda a área de estudo: não



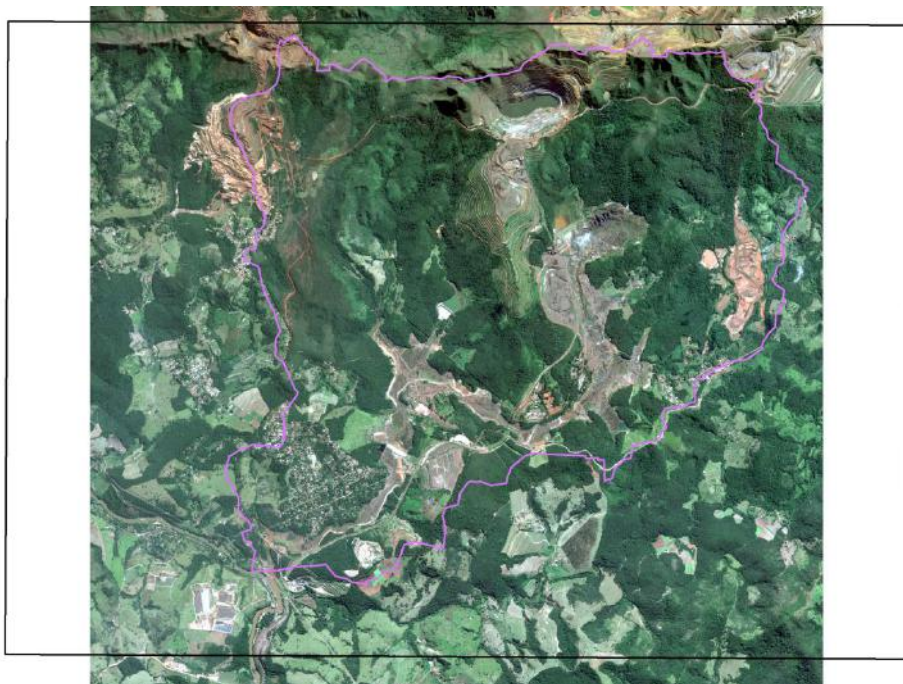




[T1]

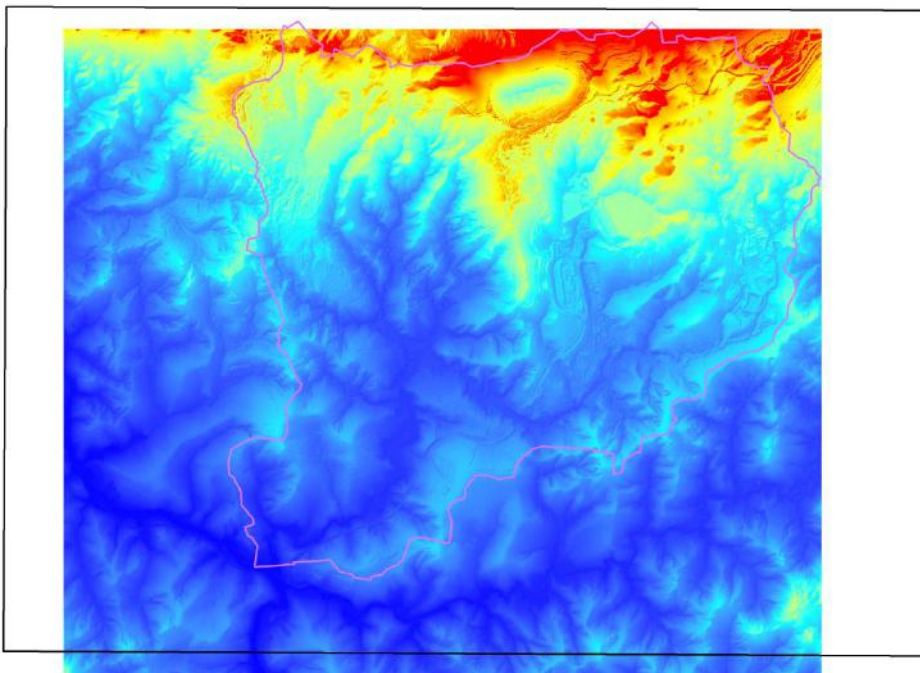


[T2]

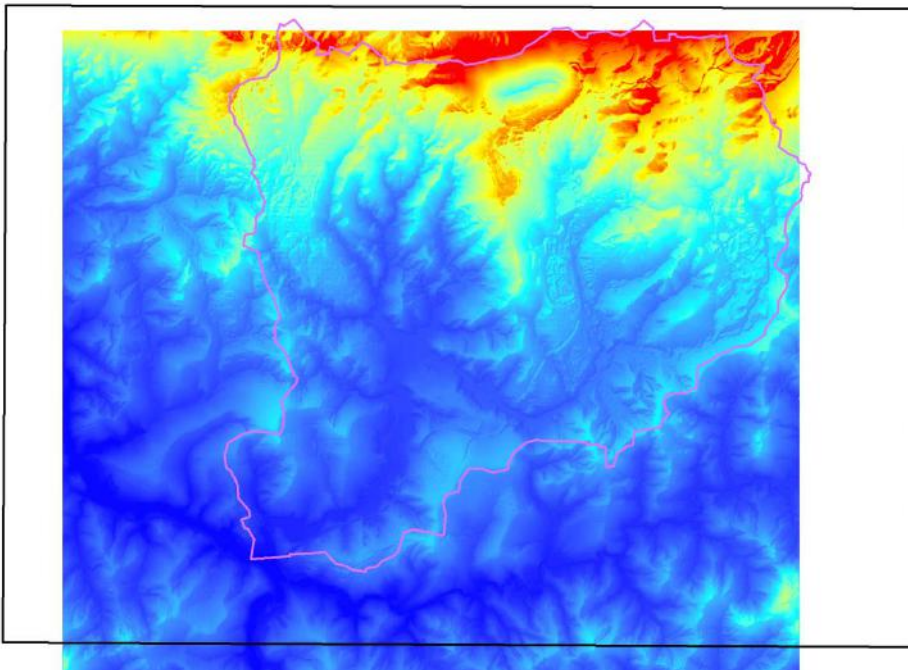


[T3]

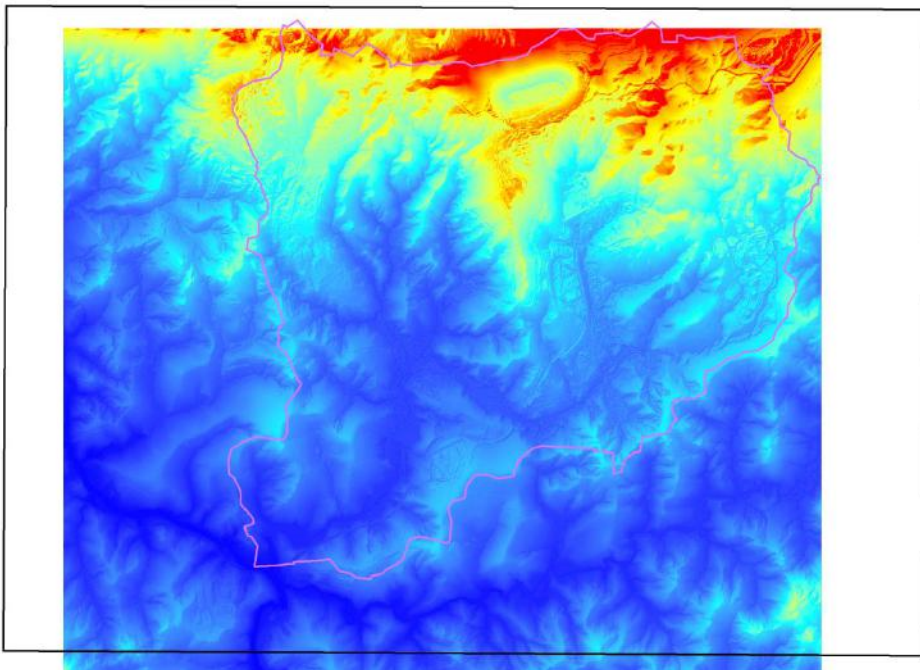




[T1]



[T2]



[T3]



## 2. ANÁLISE DE QUALIDADE GEOMÉTRICA

Considerando que as imagens são ortorretificadas, ou seja, foram geometricamente distorcidas de modo a adequar as limitações impostas pela projeção cônica do sensor orbital para a projeção ortogonal (propriedade primária de um mapa e que o capacita de servir como instrumento de medidas) e que o principal objetivo do estudo é compor uma base cartográfica para análise multitemporal das classes de cobertura e uso do solo, estabeleceu-se como premissa a garantia de que as imagens apresentassem aderência geométrica.

Contudo, cabe ressaltar que o protocolo trata de uma análise relativa da qualidade geométrica das imagens, posto que a análise da qualidade posicional depende de pontos de controle levantados no terreno e que sejam fotointerpretabilidade nas imagens em investigação.

### 2.1 INSPEÇÃO VISUAL

A primeira etapa de análise consistiu na sobreposição de vetores existentes às imagens, bem como a sobreposição das imagens em si para inspeção visual. O objetivo foi verificar, de forma rápida e simples, o indicativo da qualidade das imagens, bem como a presença de áreas com impedimentos para o mapeamento, como a presença de nuvens, contraste excessivo, e eventuais ruídos.



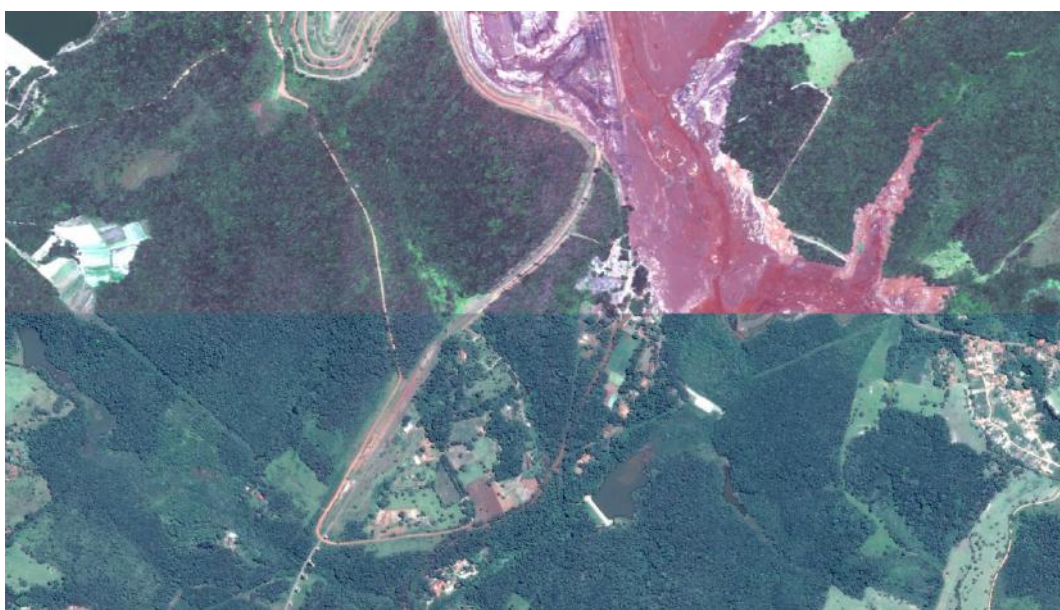
Sobreposição de vetores do OpenStreetMap para análise visual das imagens

A inspeção visual não subsidia um parecer conclusivo sobre a qualidade geométrica das imagens, nem tampouco permite mensurar o grau de aderência entre as imagens. Os dados vetoriais sobrepostos, como feições hidrográficas (IGAM) e arruamentos (OpenStreetMap) são oriundos de mapeamentos em escalas menores, ou levantados sem o devido rigor cartográfico. Todavia, foram úteis para indicar que as imagens estão locadas dentro do enquadramento e projeção cartográfica esperados.

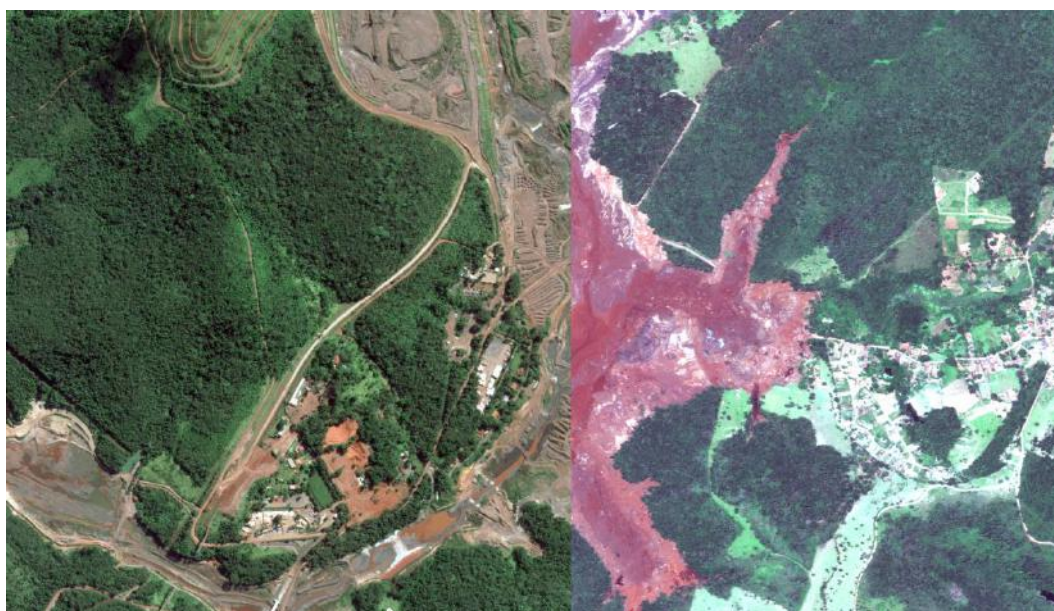




Sobreposição entre imagens durante a análise visual da aderência geométrica (T3 e T1)



Sobreposição entre imagens durante a análise visual da aderência geométrica (T2 e T1)



Sobreposição entre imagens durante a análise visual da aderência geométrica (T3 e T2)



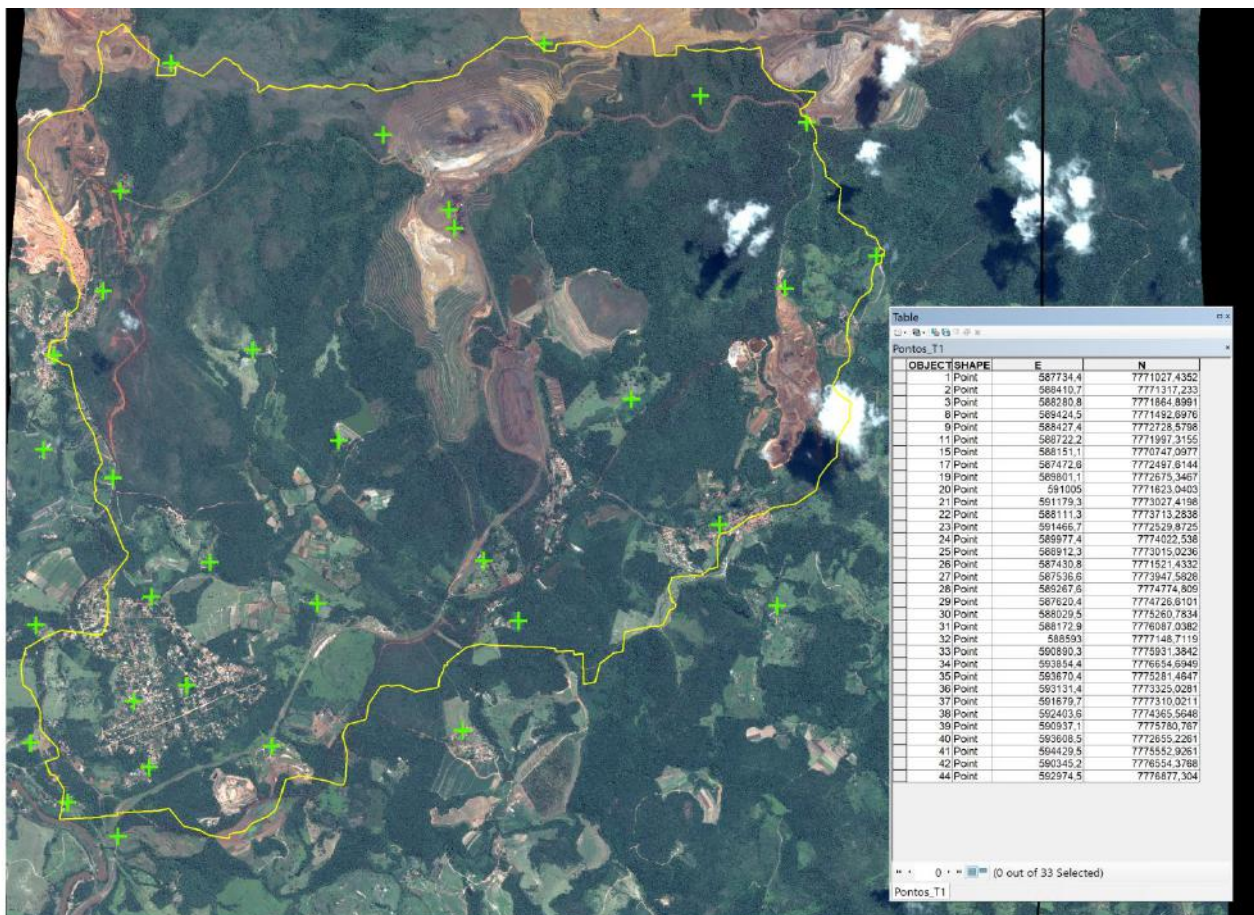
## 2.2 ANÁLISE DA ADERÊNCIA GEOMÉTRICA

A análise de aderência geométrica foi estabelecida como *proxy* da qualidade geométrica das imagens. Nesta análise, as métricas são relativizadas, tomando como base uma das cenas e medindo-se as discrepâncias geométricas de feições homólogas para as demais imagens. Para assegurar maior qualidade, foram fotoidentificados pontos referentes ao solo, e medidos nas três imagens (T1 em verde, T2 em azul e T3 em vermelho), conforme ilustra a figura abaixo.



Medição de pontos de checagem utilizados para mensurar a aderência geométrica entre as imagens.

Foram medidos 33 pontos, especialmente distribuídos na área de estudo de forma a evitar viés.





Table

Pontos\_T1

OBJECT/SHAPE	E	N
1 Point	587734,4	7771027,4352
2 Point	588410,7	7771317,233
3 Point	588280,8	7771864,8991
8 Point	589424,5	7771492,6976
9 Point	588427,4	7772728,5796
11 Point	588722,2	7771997,3155
15 Point	588151,1	7770747,0977
17 Point	587472,6	7772497,6144
19 Point	589601,1	7772675,3467
20 Point	591005	7771623,0403
21 Point	591179,3	7773027,4196
22 Point	588111,3	7773713,2838
23 Point	591466,7	7772529,8725
24 Point	589977,4	7774022,538
25 Point	588912,3	7773015,0236
26 Point	587430,8	7771521,4332
27 Point	587536,6	7773547,5828
28 Point	589267,6	7774774,809
29 Point	587620,4	7774726,6101
30 Point	588029,5	7775260,7834
31 Point	588172,9	7776087,0382
32 Point	588593	7777148,7119
33 Point	590890,3	7775931,3842
34 Point	593854,4	7776854,8949
35 Point	593670,4	7775281,4647
36 Point	593131,4	7773326,0281
37 Point	591679,7	7777310,0211
38 Point	592403,6	7774365,5648
39 Point	590637,1	7775780,767
40 Point	593608,5	7772655,2261
41 Point	594429,5	7775552,9261
42 Point	590345,2	7776554,3768
44 Point	592974,5	7776877,304

0 (0 out of 33 Selected)

Pontos\_T1



Table

Pontos\_T1

OBJECT/SHAPE	E	N
1 Point	587734,4	7771027,4352
2 Point	588410,7	7771317,233
3 Point	588280,8	7771864,8991
8 Point	589424,5	7771492,6976
9 Point	588427,4	7772728,5796
11 Point	588722,2	7771997,3155
15 Point	588151,1	7770747,0977
17 Point	587472,6	7772497,6144
19 Point	589601,1	7772675,3467
20 Point	591005	7771623,0403
21 Point	591179,3	7773027,4196
22 Point	588111,3	7773713,2838
23 Point	591466,7	7772529,8725
24 Point	589977,4	7774022,538
25 Point	588912,3	7773015,0236
26 Point	587430,8	7771521,4332
27 Point	587536,6	7773547,5828
28 Point	589267,6	7774774,809
29 Point	587620,4	7774726,6101
30 Point	588029,5	7775260,7834
31 Point	588172,9	7776087,0382
32 Point	588593	7777148,7119
33 Point	590890,3	7775931,3842
34 Point	593854,4	7776854,8949
35 Point	593670,4	7775281,4647
36 Point	593131,4	7773326,0281
37 Point	591679,7	7777310,0211
38 Point	592403,6	7774365,5648
39 Point	590637,1	7775780,767
40 Point	593608,5	7772655,2261
41 Point	594429,5	7775552,9261
42 Point	590345,2	7776554,3768
44 Point	592974,5	7776877,304

0 (0 out of 33 Selected)

Pontos\_T1



Para a análise de aderência, optou-se em fixar a imagem Worldview3\_Geoeye1 (T3) como referência e medir a discrepâncias das demais imagens em relação a T3. A justificativa foi pela qualidade visual da imagem, a qual permite a identificação mais assertiva dos pontos no terreno.

Ao aplicar a metodologia de análise da qualidade posicional pontual relativa das imagens com base em parâmetros atuais do PEC-PECD (Padrão de Exatidão Cartográfico- Padrão de Exatidão Cartográfico Digital, recomendado pela CONCAR, 2011, 2016) e do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfico, vide Brasil, 1984, mais tradicional) relatados em Nero et al (2017), Nero (2006), Nero (2005), Nogueira Junior et al (2004), foram obtidos os seguintes resultados:

Quadro 1: Analise1\_10milPEC\_PCD\_T3 (vermelho) -T1 (verde)

Seq	E_t3	N_t3	E_t1	N_t1	DIx	DIY	Res. Absoluto	DIz	(x-mediaX)*2	(y-mediaY)*2	(z-mediaZ)*2		
1	587733,2422	7771028,6920	587734,4329	7771027,4352	-1.19	1.26			0,055	0,071			
2	588408,8689	7771319,2724	588410,6612	7771317,2330	-1.79	2.04			0,135	1,102			
3	589423,5131	7771493,6898	589424,5053	7771492,6976	-0.99	0.99			0,187	0,000			
4	588427,2895	7772728,8681	588427,4337	7772728,5798	-0.14	0.29			1,639	0,492			
5	588280,5940	7771865,3305	588280,7649	7771864,8991	-0.17	0.43			1,572	0,311			
6	588718,4092	7772001,0858	588722,1795	7771997,3155	-3.77	3.77			5,502	7,733			
7	588147,9881	7770749,9928	588151,0535	7770747,0977	-3.07	2.90			2,692	3,631			
8	587467,9143	7772502,4687	587472,6337	7772497,6144	-4.72	4.85			10,856	14,937			
9	589798,2016	7772677,7280	589801,1121	7772675,3467	-2.91	2.38			2,208	1,937			
10	591003,9496	7771622,6845	591005,0169	7771623,0403	-1.07	-0.36			0,128	1,810			
11	591177,2078	7773029,4863	591179,2742	7773027,4198	-2.07	2.07			0,412	1,160			
12	588109,2369	7773714,9145	588111,2752	7773713,2838	-2.04	1.63			0,377	0,411			
13	591463,3948	7772535,4538	591466,7022	7772529,8725	-3.31	5.88			3,545	21,085			
14	589972,7811	7774026,5156	589977,3915	7774022,5380	-4.61	3.98			10,149	8,929			
15	588912,3369	7773014,9019	588912,3369	7773015,0236	0.00	-0.12			2,029	1,235			
16	587429,8553	7771522,2416	587430,7853	7771521,4332	-0.93	0.81			0,245	0,033			
17	587537,4990	7773945,7039	587536,5596	7773947,5828	0.94	-1.88			5,588	8,228			
18	589266,2178	7774775,3216	589267,5845	7774774,8090	-1.37	0.51			0,003	0,227			
19	587618,6333	7774728,1164	587620,4407	7774726,6101	-1.81	1.51			0,147	0,267			
20	588027,5995	7775262,0014	588029,4732	7775260,7834	-1.87	1.22			0,202	0,052			
21	588172,1261	7776087,1974	588172,9083	7776087,0382	-0.78	0.16			0,413	0,689			
22	588588,1918	777152,3721	588592,9959	777148,7119	-4.80	3.66			11,421	7,133			
23	590888,3859	7775932,9717	590890,3042	7775931,3842	-1.92	1.59			0,244	0,358			
24	593853,1615	7776655,3564	593854,3521	7776654,6949	-1.19	0.66			0,055	0,108			
25	593667,2378	7775282,3689	593670,4027	7775281,4647	-3.16	0.90			3,029	0,007			
26	593127,1532	7773327,7232	593131,3643	7773325,0281	-4.21	2.70			7,765	2,909			
27	591687,2279	7773303,7828	591679,6999	7773310,0211	7.53	-6.24			80,149	52,241			
28	592403,0783	7774363,7495	592403,5321	7774365,5648	-0.45	-1.82			0,942	7,867			
29	590933,6096	7775783,0879	590937,0908	7775780,7670	-3.48	2.32			4,230	1,773			
30	593605,3240	7772658,1365	593608,4990	7772655,2261	-3.17	2.91			3,064	3,690			
31	594427,3240	7775554,3604	594429,4754	7775552,9261	-2.15	1.43			0,528	0,198			
32	590348,0623	7776550,9804	590345,1885	7776554,3768	2.87	-3.40			18,476	19,236			
33	592979,2999	7776871,2199	592974,4968	7776877,3040	4.80	-6.08			38,784	50,036			
					<b>-1.42</b>	<b>0.99</b>			<b>216,770</b>	<b>219,895</b>			
									6,774	6,872			
									2,603	2,621			
									-4,814	3,344			
									<b>75,007</b>	<b>76,088</b>			
									Ztab	1,6448536	Erro Sistemático	X	Y
									Xtab	42,584745	Preciso 1:10.000	Reprovada	Reprovada
												Reprovada	Reprovada

Quadro 2: Analise1\_10milPEC\_TradT3 (vermelho) -T1 (verde)

Seq	E_t3	N_t3	E_t1	N_t1	DIx	DIY	DIz	(x-mediaX)*2	(y-mediaY)*2	(z-mediaZ)*2		
1	587733,2422	7771028,6920	587734,4329	7771027,4352	-1.19	1.26		0,0547	0,0715			
2	588408,8689	7771319,2724	588410,6612	7771317,2330	-1.79	2.04		0,1352	1,1023			
3	589423,5131	7771493,6898	589424,5053	7771492,6976	-0.99	0.99		0,1870	0,0000			
4	588427,2895	7772728,8681	588427,4337	7772728,5798	-0.14	0.29		1,6394	0,4917			
5	588280,5940	7771865,3305	588280,7649	7771864,8991	-0.17	0.43		1,5718	0,3115			
6	588718,4092	7772001,0858	588722,1795	7771997,3155	-3.77	3.77		5,5023	7,7329			
7	588147,9881	7770749,9928	588151,0535	7770747,0977	-3.07	2.90		2,6922	3,6313			
8	587467,9143	7772502,4687	587472,6337	7772497,6144	-4.72	4.85		10,8557	14,9367			
9	589798,2016	7772677,7280	589801,1121	7772675,3467	-2.91	2.38		2,2079	1,9371			
10	591003,9496	7771622,6845	591005,0169	7771623,0403	-1.07	-0.36		0,1277	1,8098			
11	591177,2078	7773029,4863	591179,2742	7773027,4198	-2.07	2.07		0,4119	1,1599			
12	588109,2369	7773714,9145	588111,2752	7773713,2838	-2.04	1.63		0,3766	0,4111			
13	591463,3948	7772535,4538	591466,7022	7772529,8725	-3.31	5.88		3,5449	21,0847			
14	589972,7811	7774026,5156	589977,3915	7774022,5380	-4.61	3.98		10,1493	8,9288			
15	588912,3369	7773014,9019	588912,3369	7773015,0236	0.00	-0.12		2,0295	1,2348			
16	587429,8553	7771522,2416	587430,7853	7771521,4332	-0.93	0.81		0,2446	0,0328			
17	587537,4990	7773945,7039	587536,5596	7773947,5828	0.94	-1.88		5,5885	8,2277			
18	589266,2178	7774775,3216	589267,5845	7774774,8090	-1.37	0.51		0,0034	0,2274			
19	587618,6333	7774728,1164	587620,4407	7774726,6101	-1.81	1.51		0,1465	0,2671			
20	588027,5995	7775262,0014	588029,4732	7775260,7834	-1.87	1.22		<b>0,2017</b>	0,0522			
21	588172,1261	7776087,1974	588172,9083	7776087,0382	-0.78	0.16		0,4127	0,6894			
22	588588,1918	777152,3721	588592,9959	777148,7119	-4.80	3.66		11,4210	7,1327			
23	590888,3859	7775932,9717	590890,3042	7775931,3842	-1.92	1.59		0,2437	0,3576			
24	593853,1615	7776655,3564	593854,3521	7776654,6949	-1.19	0.66		0,0548	0,1076			
25	593667,2378	7775282,3689	593670,4027	7775281,4647	-3.16	0.90		3,0286	0,0073			
26	593127,1532	7773327,7232	593131,3643	7773325,0281	-4.21	2.70		7,7646	2,9091			
27	591687,2279	7773303,7828	591679,6999	7773310,0211	7.53	-6.24		80,1490	52,2410			
28	592403,0783	7774363,7495	592403,5321	7774365,5648	-0.45	-1.82		0,9425	7,8669			
29	590933,6096	7775783,0879	590937,0908	7775780,7670	-3.48	2.32		4,2296	1,7726			
30	593605,3240	7772658,1365	593608,4990	7772655,2261	-3.17	2.91		3,0639	3,6899			
31	594427,3240	7775554,3604	594429,4754	7775552,9261	-2.15	1.43		0,5282	0,1979			
32	590348,0623	7776550,9804	590345,1885	7776554,3768	2.87	-3.40		18,4762	19,2361			
33	592979,2999	7776871,2199	592974,4968	7776877,3040	4.80	-6.08		38,7842	50,0357			
					<b>-1.42</b>	<b>0.99</b>		<b>216,7700</b>	<b>219,8950</b>			
								6,7741	6,8717			
								2,6027	2,6214			
								-2,7279	1,8947			
								<b>24,0856</b>	<b>24,4328</b>			
								Ztab	1,6448536	Erro Sistemático	X	Y
								Xtab	42,584745	Preciso 1:10.000	Reprovada	Reprovada
											Aprovada	Aprovada

Quadro 3: Analise1\_10milPEC\_PCD\_T3 (vermelho) - T2 (azul)

Seq	E_13	N_13	E_12	N_12	DIFFX	DIFFY	DIFFZ	(x-mediaX)*2	(y-mediaY)*2	(z-mediaZ)*2			
1	587733,2422	7771028,6920	587733,9037	7771028,2290	-0,66	0,46	0,23681495	0,867919082					
2	588408,8689	7771319,2724	588408,9925	7771319,0870	-0,12	0,19	0,00262796	0,427743746					
3	589423,5131	7771493,6898	589421,8594	7771493,9544	1,65	-0,26	3,343644972	0,041624655					
4	588427,2895	7772728,8681	588427,5779	7772728,4356	-0,29	0,43	0,012890506	0,812019438					
5	588280,5940	7771865,3305	588280,1379	7771865,0468	0,46	0,28	0,398115111	0,565987207					
6	588718,4092	7772001,0858	588718,7490	7772001,0441	-0,34	0,04	0,027204004	0,26042774					
7	588147,9881	7770749,9928	588147,3070	7770750,3334	0,68	-0,34	0,732673747	0,016389431					
8	587467,9143	7772502,4687	587469,1278	7772501,5248	-1,21	0,94	1,078765496	1,995216176					
9	589798,2016	7772677,7280	589798,9292	7772677,7280	-0,73	0,00	0,305517488	0,21960584					
10	591003,9496	7771622,6845	591003,5938	7771623,9297	0,36	-1,25	0,281603895	0,603074613					
11	591177,2078	7773029,4863	591177,8277	7773029,2796	-0,62	0,21	0,198057365	0,45605874					
12	588109,2369	7773714,9145	588109,6445	7773715,3222	-0,41	-0,41	0,054166215	0,003711394					
13	591463,3948	7772535,4538	591462,9813	7772534,2135	0,41	1,24	0,346171769	2,920411712					
14	589972,7811	7774026,5156	589973,3235	7774026,6964	-0,54	-0,18	0,135082979	0,08284105					
15	588912,3369	7773014,9019	588910,2677	7773015,5104	2,07	-0,61	5,035821604	0,019566075					
16	587429,8553	7771522,2416	587429,7230	7771522,5723	0,13	-0,33	0,0943495	0,019022261					
17	587537,4990	7773945,7039	587535,8550	7773948,2873	1,64	-2,58	3,308264928	4,472289321					
18	589266,2178	7774775,3216	589267,2428	7774775,3216	-1,03	0,00	0,722731837	0,21960584					
19	587618,6333	7774728,1164	587619,5370	7774728,4176	-0,90	-0,30	0,531202445	0,028029862					
20	588027,5995	7775262,0014	588028,0679	7775262,1887	-0,47	-0,19	0,086163597	0,079141625					
21	588172,1261	7776087,1974	588171,0678	7776088,5204	1,06	-1,32	1,520692554	0,729963113					
22	588588,1918	7777152,3721	588589,7932	7777152,8296	-1,60	-0,46	2,035050997	0,000123681					
23	590888,3859	7775932,9717	590889,6427	7775933,5009	-1,26	-0,53	1,170586295	0,00366979					
24	593853,1615	7776655,3564	593852,8969	7776656,6793	0,26	-1,32	0,193128288	0,729792247					
25	593667,2378	7775282,3689	593670,1767	7775281,6907	-2,94	0,68	7,639897019	1,315198893					
26	593127,1532	7773327,7232	593128,1639	7773327,3863	-1,01	0,34	0,698622427	0,648864422					
27	591687,2279	777303,7828	591685,2022	777304,7956	2,03	-1,01	4,842480318	0,296130553					
28	592403,0783	7774363,7495	592401,9437	7774366,6993	1,13	-2,95	1,714695015	6,15624818					
29	590933,6096	7775783,0879	590933,3195	7775783,6681	0,29	-0,58	0,216191183	0,012449826					
30	593605,3240	7772658,1365	593604,3979	7772658,7979	0,93	-0,66	1,212120929	0,037163661					
31	594427,3240	7775554,3604	594428,9017	7775555,5078	-1,58	-1,15	1,967949863	0,460740643					
32	590348,0623	7776550,9804	590349,6299	7776550,9804	-1,57	0,00	1,939714579	0,21960584					
33	592979,2999	7776871,2199	592980,9010	7776875,0625	-1,60	-3,84	2,034150165	11,38373286					
					<b>-0,17</b>	<b>-0,47</b>	<b>44,117105</b>	<b>36,10436852</b>					
								1,378695931	1,128261516				
								1,174163332	1,062196553				
								<b>-0,59089124</b>	<b>-1,58354348</b>				
								Ztab	1,8448536	Erro Sistemático	X	Y	
								Xtab	42,584745	Erro Sistemático	Aprovada	Aprovada	
										42,584745	Preciso 1:10.000	Aprovada	Aprovada

Quadro 4: Analise1\_10milPEC\_Trad\_T3 (vermelho) - T2 (azul)

Seq	E_13	N_13	E_12	N_12	DIFFX	DIFFY	DIFFZ	(x-mediaX)*2	(y-mediaY)*2	(z-mediaZ)*2			
1	587733,2422	7771028,6920	587733,9037	7771028,2290	-0,66	0,46	0,23681495	0,867919082					
2	588408,8689	7771319,2724	588408,9925	7771319,0870	-0,12	0,19	0,00262796	0,427743746					
3	589423,5131	7771493,6898	589421,8594	7771493,9544	1,65	-0,26	3,343644972	0,041624655					
4	588427,2895	7772728,8681	588427,5779	7772728,4356	-0,29	0,43	0,012890506	0,812019438					
5	588280,5940	7771865,3305	588280,1379	7771865,0468	0,46	0,28	0,398115111	0,565987207					
6	588718,4092	7772001,0858	588718,7490	7772001,0441	-0,34	0,04	0,027204004	0,26042774					
7	588147,9881	7770749,9928	588147,3070	7770750,3334	0,68	-0,34	0,732673747	0,016389431					
8	587467,9143	7772502,4687	587469,1278	7772501,5248	-1,21	0,94	1,078765496	1,995216176					
9	589798,2016	7772677,7280	589798,9292	7772677,7280	-0,73	0,00	0,305517488	0,21960584					
10	591003,9496	7771622,6845	591003,5938	7771623,9297	0,36	-1,25	0,281603895	0,603074613					
11	591177,2078	7773029,4863	591177,8277	7773029,2796	-0,62	0,21	0,198057365	0,45605874					
12	588109,2369	7773714,9145	588109,6445	7773715,3222	-0,41	-0,41	0,054166215	0,003711394					
13	591463,3948	7772535,4538	591462,9813	7772534,2135	0,41	1,24	0,346171769	2,920411712					
14	589972,7811	7774026,5156	589973,3235	7774026,6964	-0,54	-0,18	0,135082979	0,08284105					
15	588912,3369	7773014,9019	588910,2677	7773015,5104	2,07	-0,61	5,035821604	0,019566075					
16	587429,8553	7771522,2416	587429,7230	7771522,5723	0,13	-0,33	0,0943495	0,019022261					
17	587537,4990	7773945,7039	587535,8550	7773948,2873	1,64	-2,58	3,308264928	4,472289321					
18	589266,2178	7774775,3216	589267,2428	7774775,3216	-1,03	0,00	0,722731837	0,21960584					
19	587618,6333	7774728,1164	587619,5370	7774728,4176	-0,90	-0,30	0,531202445	0,028029862					
20	588027,5995	7775262,0014	588028,0679	7775262,1887	-0,47	-0,19	0,086163597	0,079141625					
21	588172,1261	7776087,1974	588171,0678	7776088,5204	1,06	-1,32	1,520692554	0,729963113					
22	588588,1918	7777152,3721	588589,7932	7777152,8296	-1,60	-0,46	2,035050997	0,000123681					
23	590888,3859	7775932,9717	590889,6427	7775933,5009	-1,26	-0,53	1,170586295	0,00366979					
24	593853,1615	7776655,3564	593852,8969	7776656,6793	0,26	-1,32	0,193128288	0,729792247					
25	593667,2378	7775282,3689	593670,1767	7775281,6907	-2,94	0,68	7,639897019	1,315198893					
26	593127,1532	7773327,7232	593128,1639	7773327,3863	-1,01	0,34	0,698622427	0,648864422					
27	591687,2279	777303,7828	591685,2022	777304,7956	2,03	-1,01	4,842480318	0,296130553					
28	592403,0783	7774363,7495	592401,9437	7774366,6993	1,13	-2,95	1,714695015	6,15624818					
29	590933,6096	7775783,0879	590933,3195	7775783,6681	0,29	-0,58	0,216191183	0,012449826					
30	593605,3240	7772658,1365	593604,3979	7772658,7979	0,93	-0,66	1,212120929	0,037163661					
31	594427,3240	7775554,3604	594428,9017	7775555,5078	-1,58	-1,15	1,967949863	0,460740643					
32	590348,0623	7776550,9804	590349,6299	7776550,9804	-1,57	0,00	1,939714579	0,21960584					
33	592979,2999	7776871,2199	592980,9010	7776875,0625	-1,60	-3,84	2,034150165	11,38373286					
					<b>-0,17</b>	<b>-0,47</b>	<b>44,117105</b>	<b>36,10436852</b>					
								1,378695931	1,128261516				
								1,174163332	1,062196553				
								<b>-0,33483871</b>	<b>-0,897341304</b>				
								Ztab	1,8448536	Erro Sistemático	X	Y	
								Xtab	42,584745	Erro Sistemático	Aprovada	Aprovada	
										42,584745	Preciso 1:10.000	Aprovada	Aprovada

A tabelaseguinte sintetiza os resultados das análises tomando como base as comparações das imagens T1 e T2 relativas à imagem T3, sendo esta considerada como a verdade e para a escala 1:10.000 para o propósito da análise de aderência geométrica em questão.

Tabela 1 – Qualidade do Produto tendo como referência a imagem mais recente.

Produto	PEC		PEC-PCD	
	Erro Sistemático	Classe A	Erro Sistemático	Classe A
Imagem T1	Reprovada	Reprovada	Reprovada	Aprovada
Imagem T2	Aprovada	Aprovada	Aprovada	Aprovada

Pelos resultados apresentados na tabela 1 tem-se que:

- a) a imagem T1 pode ser considerada rejeitada considerando o PEC;
- b) a imagem T1 pode ser considerada rejeitada, pois para atender o PEC-PCD deveria ser realizada a correção do erro sistemático;
- c) a imagem T2 pode ser considerada aprovadatanto para o PEC como para o PEC-PCD.

Os valores finais bem como as coordenadas resultantes dessas análises são apresentados em anexo.





### 3. PARECER

Considerando as inconsistências levantadas nas análises, declinamos o uso da Imagem Pleiades (T1) por não atender a exigência da resolução radiométrica de pelo menos 11 bits, por não apresentar a banda infravermelho próximo, por não cobrir a área referente as ETAFs próximo a jusante do ribeirão Ferro-Carvão e na margem oposta do rio Paraopeba, e também por não atender ao critérios de aderência geométrica.

Entendemos que a imagem original possui as características espectrais e radiometrias apontadas na proposta, e que a empresa talvez possa reencaminhar a referida imagem (T1) em substituição a imagem encaminhada, posto que o arquivo de metadados desta imagem menciona as características solicitadas.

Solicitamos também que a imagem Worldview3\_Geoeye1 (T3) seja substituída por uma imagem de pelo menos 11 bits, posto que a resolução radiométrica da imagem fornecida está aquém das especificações da proposta.

Quanto aos modelos digitais de terreno, os três produtos entregues apresentam lacunas nas partes mais altas da bacia, e o produto referente ao período imediatamente após o rompimento (T2) apresenta lacuna na porção leste da bacia (vide figuras da página 3). Tratam-se de áreas pequenas, possivelmente suprimidas durante o processo de recorte dos dados, para as quais poderão ser providenciados apenas os complementos (a equipe da Chamada #2 fará o mosaico integrando os complementos aos modelos já recebidos).

Por último, solicitamos que a empresa forneça (se existir) dados de levantamentos de campo usados para a amarração do levantamento aerofotogramétrico (em qualquer uma das 3 datas) para que seja possível realizar a análise da qualidade posicional (absoluta) das imagens.

Belo Horizonte, 02/07/2020

Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega  
Departamento de Cartografia  
Instituto de Geociências  
Universidade Federal de Minas Gerais

### Referências

- 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.
- 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.
- Nogueira Júnior, J. B.; Monico, J. F. G.; Tachibana, V. M. Tamanho da amostra no controle de qualidade posicional de dados cartográficos. Boletim de Ciências Geodésicas (Online), v. 10, n.1, p. 101-112, 2004.
- Nero, M. A., 2005. Propostas para o controle de qualidade de bases cartográficas com ênfase na componente posicional. Ph.D. Thesis, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil, 187pp.
- Nero, M. A., 2006. Metodologias avançadas para o controle de qualidade posicional de bases cartográficas. Relatório de Projeto de Pós Doutorado Júnior – Processo 151272/2005-0. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brazil, 178pp.
- Nero, M. A.; Cintra, J.P; Ferreira, G. F. ; Pereira, t. A. J. ; Faria, T. S. .A computational tool to evaluate the sample size in map positional accuracy. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 23, p. 445-460, 2017.



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

UF *m* G

UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS

IGG   
INSTITUTO  
GEOCIÊNCIAS UFMG



Programa de Pós-Graduação em  
*Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais*  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS  
Av. Antonio Carlos 6627,  
Belo Horizonte, MG, 31.270-901  
Tel: 55 31 3409-5404, 3049-5494  
modelagem@gc.ufmg.br  
www.csr.ufmg.br/modelagem



INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA de  
PÓS-GRADUAÇÃO  
em GEOGRAFIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

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:	5
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	28
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 (CTC) 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. Contudo, face as considerações solicitadas pelo CTC, foram incluídas na área de estudo as áreas referentes as ETAFs 1 e 2 (Estações de Tratamento de Águas Fluviais), que são adjacentes (VALE, AMPLO, p.31, 2019) ao polígono da sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão. O mapeamento incluirá também a área de dragagem de rejeito no Rio Paraopeba, a qual está limítrofe à esta sub-bacia (VALE, AMPLO, p.31, 2019).

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

---

<sup>1</sup> VALE; Amplo. **Relatório de Impacto Ambiental:** Licenciamento Ambiental Corretivo - Obras emergenciais decorrentes da ruptura da barragem da Mina Córrego do Feijão e recuperação ambiental de sua área de influência. Belo Horizonte: Maio, 2019.



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).

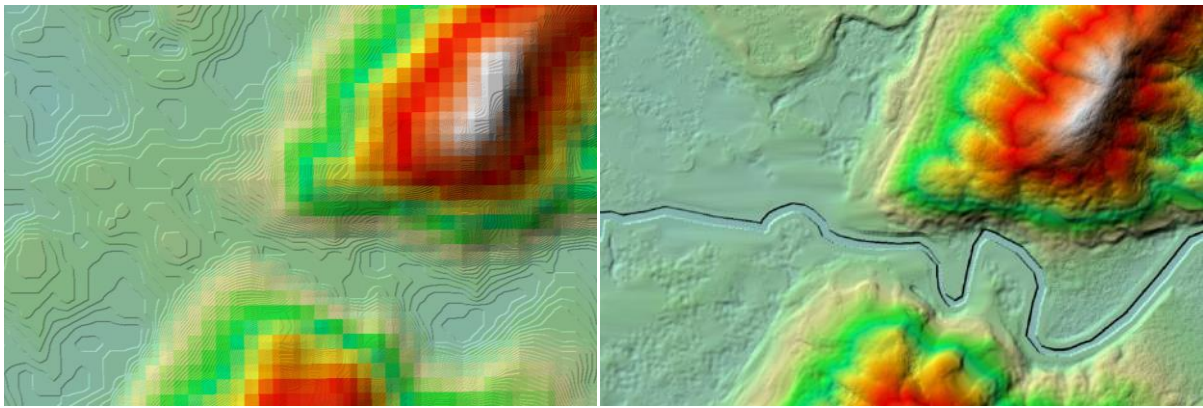
## 1.2 Compromisso com a qualidade das informações

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.

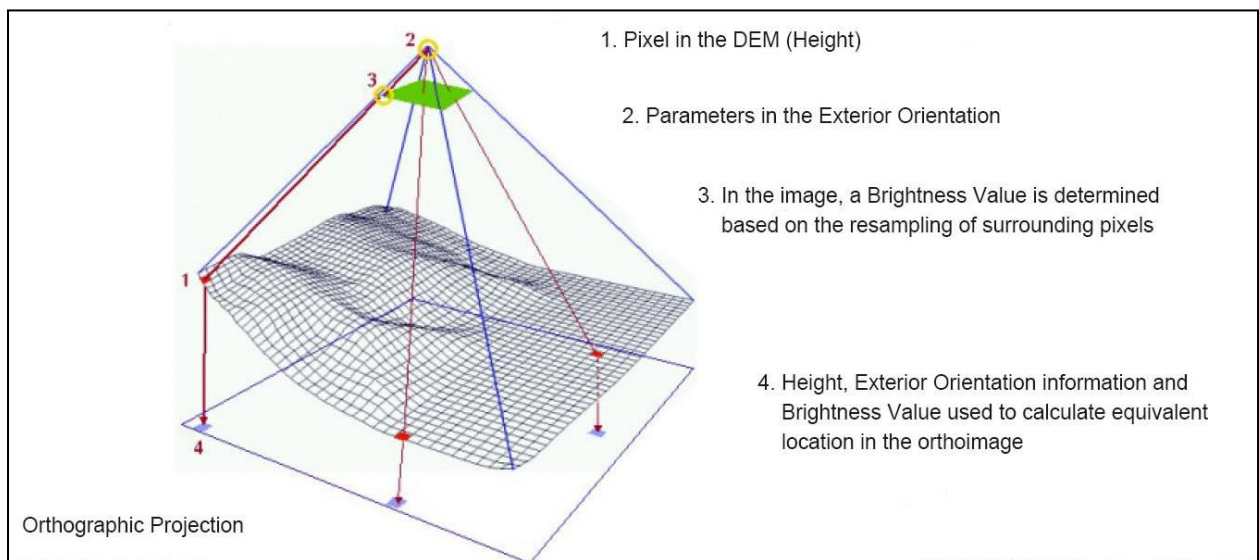
O compromisso com a qualidade das informações cartográficas depende da metodologia e do rigor das análises, contudo está diretamente ligado à qualidade das bases de dados utilizadas. O Modelo Digital do Terreno (MDT) é peça-chave nesse processo, não apenas para garantir a perfeita ortorretificação das 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 900m<sup>2</sup>) e do AW3D (pixel de 1m<sup>2</sup>)

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 drones<sup>2</sup>, 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)

---

<sup>2</sup> 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.



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;
- 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), 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; 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 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

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 radiação 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 ortorretificação<sup>3</sup> 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 altas 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.

---

<sup>3</sup>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.



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 Nivel (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 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 Legal<sup>4</sup>
- Pastagem
- Plantios agrícolas
  - Horticultura
  - Fruticultura
- Solo exposto
- Manchas urbanas/povoados
- Áreas ocupadas pela mineração (cava e atividades correlatas)
  - 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
- Floresta estacional semidecidual e cerrado <sup>5</sup>

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

<sup>4</sup>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.

<sup>5</sup> Em caráter adicional as classes de uso do solo especificadas no edital, essas duas classes serão também mapeadas conforme o primeiro nível de classificação descrito no Manual Técnico da Vegetação Brasileira do IBGE (<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv23267.pdf>), utilizando o processo compatível ao emprego de técnicas tradicionais de Sensoriamento Remoto.



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).

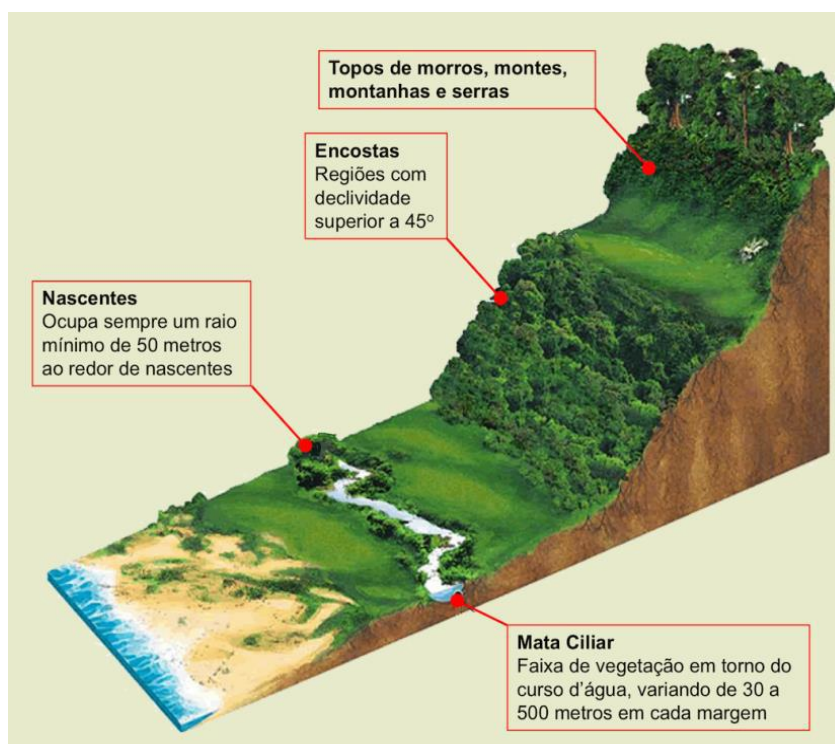
## 2.5 Espacialização das Áreas de Proteção Ambiental

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.



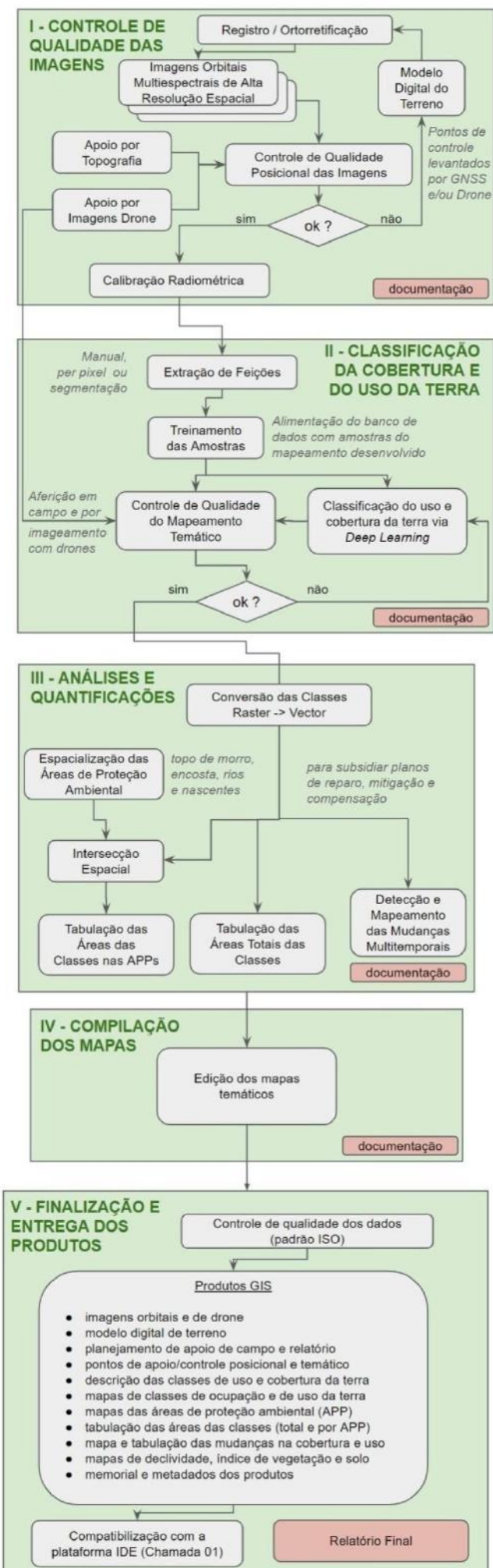
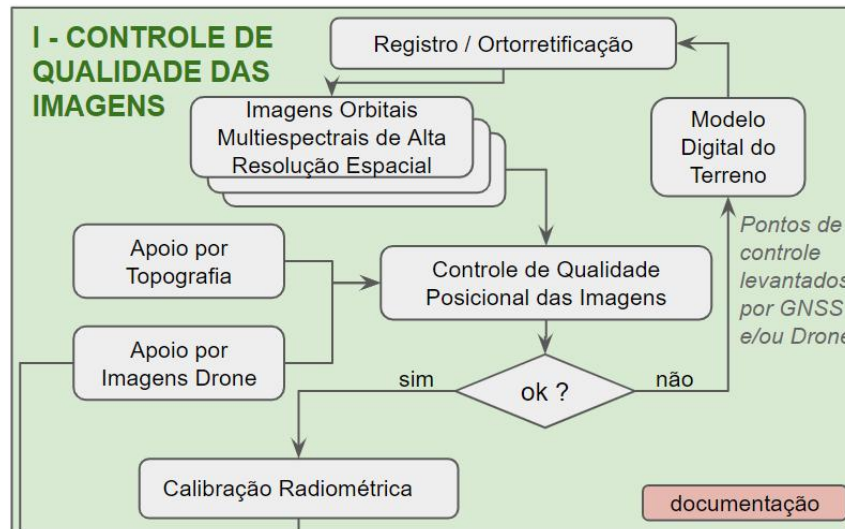


Figura 04. Fluxograma geral das atividades propostas.



### 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.

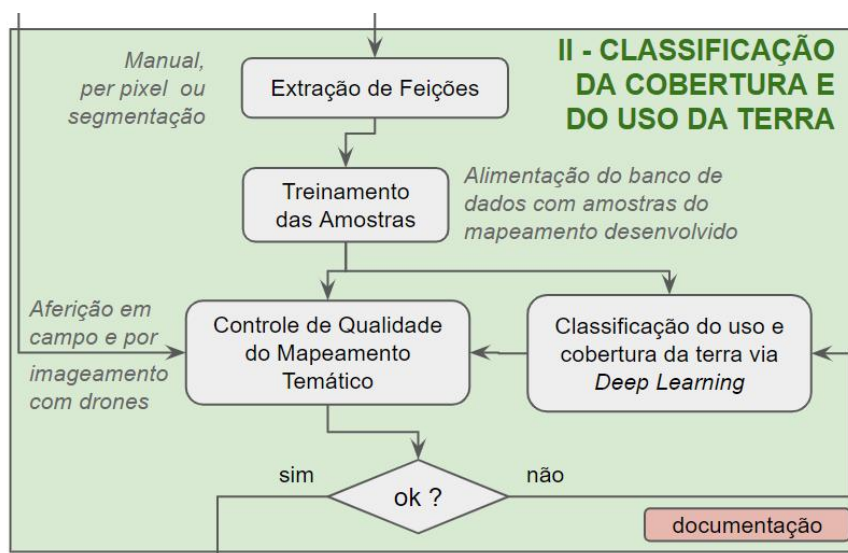
A importância da qualidade da imagem será fundamental para definir um parâmetro de aferição posicional, ou seja, irá servir como referência de erro aceitável, aqui aplicado no projeto em termos regionais. Isso implica em uma qualidade dentro dos padrões aceitáveis para a melhor classe de mapeamento na 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

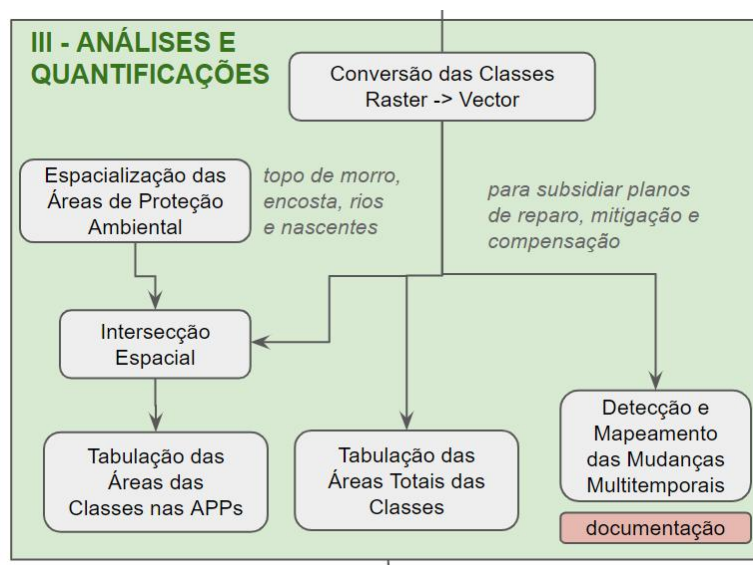
Nesta fase serão realizadas as extrações das feições nas imagens orbitais para as três épocas. O processo de extração das feições será realizada tanto automaticamente, quanto pela interpretação visual, através da vetorização das feições contidas nas imagens. Estas feições estarão no formato vetorial, 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):

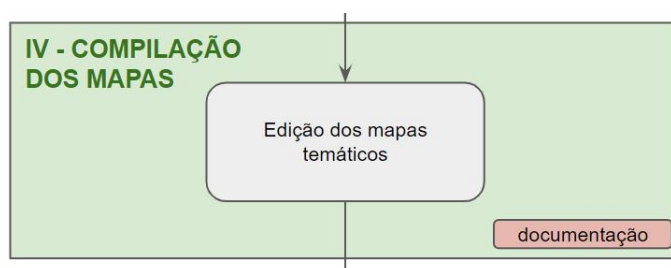
- Serão identificados os morros e seus respectivos topos e a sela mais próxima, conforme legislação aplicável. Também serão identificados os cursos d'água adjacentes para correlação com cota de base, além do nível de base local. Será utilizado o MDT de alta resolução da bacia do córrego do Ferro-Carvão 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.



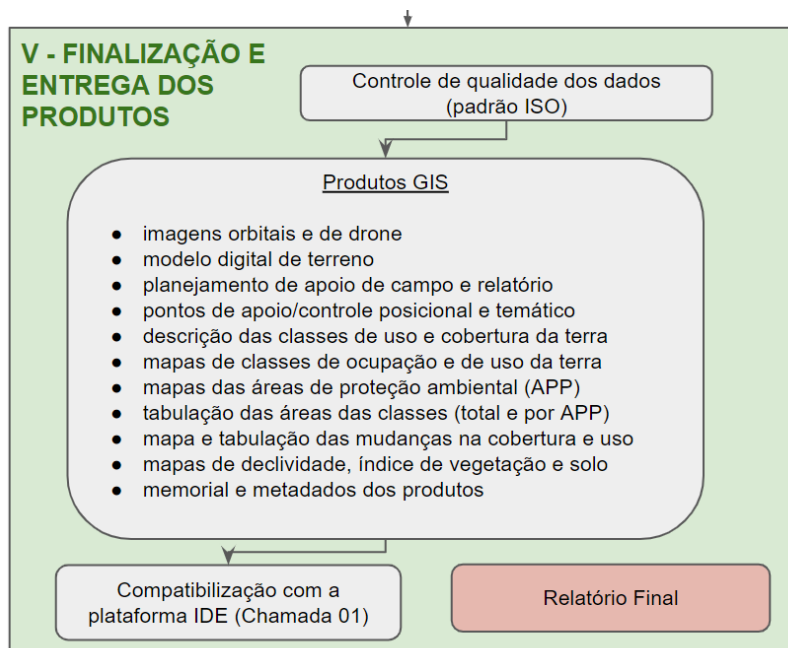
**Figura 08:** Compilação dos mapas

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 *OpenStreetMap* 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, conforme 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-1/G-1	M-1/G-1					
	Apoio Topografia	Identificação de marcos planialtimétricos nas proximidades do projeto		M-1							
		Transporte de coordenadas planialtimétrica para a área de estudo		M-1	G-1/G-2						
		Densificação de pontos planialtimétricos na área de estudo			M-1/G-1	M-1/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-1							
		Voo das áreas selecionadas para controle de qualidade posicional				M-1	M-1				
	*Registro/ Ortorretificação da imagem	Voo das áreas selecionadas para controle de qualidade temática							M-1		
		Processamento das imagens/Eliminação de erros grosseiros									
	Processamento das imagens	Identificação dos pontos de apoio na imagem/correlação com registros terrestres									
		Realizar testes em localidades sem apoio									
		Correção radiométrica da imagem									
		Realce das imagens		D-1							
Composição colorida											
II	Extração de feições e classificação do uso e cobertura do solo	Composição falsa cor									
		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			
	Controle de qualidade do mapeamento temático	Vetorização de elementos temáticos (cobertura do solo, pastagens, solo exposto etc)			G-3/G-4	G-3/G-4					
		Padronização de amostras para alimentação do classificador			D-1	D-1					
		Treinamento das amostras									
		Classificação via Deep Learning				D-1	D-1	D-1	D-1	D-1	
III	Mapeamento das APPs	Trabalho de campo para verificação da classificação e aquisição pontos Kappa							G-1/G-2	G-1/G-2	
		Relatório de qualidade									
	Quantificação e tabulação dos resultados	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									
IV	Preparação e edição dos mapas	Identificação e mapeamento das APPs de encostas									
		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									
V	Geração dos produtos GIS	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									
	Mapas para compor o relatório final						M-1	M-1	M-1	Mest2	
VI	Coordenação Geral	Coleta dos pontos de controle temático em campo							G-1/G-2		
		Ajuste dos dos mapas em gabinete								G-1/G-2	G-1/G-2
	Geração dos produtos GIS	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)									
Geração dos produtos GIS	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									

\*procedimento necessário se a imagem não passar no controle de qualidade posicional

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

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	0,735	0,735	1,47158	R\$9.373,43	P2	R\$13.793,75
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
<i>Doutorando (DCC)</i>	1	1	2	R\$6.314,74	D1	R\$12.629,48
<i>Mestrando (Modelagem)</i>	1	1	2	R\$4.420,32	M1	R\$8.840,64
<i>Graduação Engenharia</i>	0,75	0,75	1,5	R\$1.458,74	IX	R\$2.188,11
<i>Graduação Geografia</i>	0,75	0,75	1,5	R\$1.458,74	IX	R\$2.188,11
<i>Graduação Geografia</i>	0,75	0,75	1,5	R\$1.458,74	IX	R\$2.188,11
<i>Graduação Geografia</i>	0,75	0,75	1,5	R\$1.458,74	IX	R\$2.188,11
<b>Total:</b>						<b>R\$137.750,61</b>
<b>Custeio</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor</b>				<b>Valor Aprox</b>
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
Diárias ufmg (2 campanhas 3 dias para 2 equipes de 4)	40	R\$177,00	R\$7.080,00			R\$7.080,00
Combustível (80 litros por campanha por veículo)	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, Contratação de mateiro para abertura de picada (dias)	8	R\$500,00	R\$4.000,00			R\$4.000,00
	6	R\$200,00	R\$1.200,00			R\$1.200,00
<b>Total:</b>						<b>R\$29.980,00</b>
<b>Material permante(capital)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor</b>				<b>Total</b>
<i>Drone phantom 4 ou similar</i>	1	R\$15.000,00				R\$15.000,00
<i>Software para processamento topográfico de dados do RPA</i>	1	R\$20.000,00				R\$20.000,00
<i>Sistema PPK/Drone</i>	1	R\$12.000,00				R\$12.000,00
<i>baterias extra para drone</i>	2	R\$2.000,00				R\$4.000,00
Radio transmissor para levant. topográfico em áreas	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	1	R\$20.000,00				R\$20.000,00
Placa gráfica de vídeo	1	R\$7.000,00				R\$7.000,00
<b>Total:</b>						<b>R\$94.400,00</b>
<b>Insumos para mapeamento</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor</b>				<b>Total</b>
Imagens orbitais multispectrais de alta resolução de	2	R\$9.500,00	R\$19.000,00			R\$19.000,00
Imagens orbitais multispectrais de alta resolução nova	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
<b>Total:</b>						<b>R\$105.600,00</b>
<b>Total</b>						<b>R\$367.730,61</b>
Taxa 10/95 (12% do bruto)						R\$50.145,08
<b>Total:</b>						<b>R\$417.875,69</b>

**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](http://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 Neroé** 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 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 Jardimé** 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

### **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](https://www.concar.gov.br/temp/324@CONDER_2008.pdf)
- IDOETA, I. V. Metodologia de elaboração automatizada de modelo digital de 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](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.



Exmo. Sr. Juiz da 2ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte,  
Autos do Processo n.º 5036254-74.2020.8.13.0024 (Subprojeto 02)  
O Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG, por sua Coordenação, vem perante V. Exa.,  
expor e ao final requerer:

1. Após a manifestação de ID 134683635, em 23/07/2020, foram fornecidos novos conjuntos de imagens pela VALE S. A. Tais imagens foram objeto de análise pela equipe executora do Subprojeto 02, que as considerou adequadas, salvo uma das imagens, conforme documento DOC 1. anexo.

2. Em função desse fato, o projeto foi readequado, excluindo-se o custo das imagens já fornecidas, passando ao valor de R\$308.671,25 (trezentos e oito mil, seiscentos e setenta e um reais e vinte e cinco centavos) (DOC. 2), ao que deve ser adicionado o valor FUNDEP proporcionalmente adequado a R\$30.867,13 (trinta mil, oitocentos e sessenta e sete reais e treze centavos), totalizando o valor de R\$339.538,38 (trezentos e trinta e nove mil, quinhentos e trinta e oito reais e trinta e oito centavos). Assim, é de se requerer à V. Exa., em cumprimento da decisão ID 115858941 já proferida, seja determinada a transferência da quantia correspondente a R\$339.538,38 (trezentos e trinta e nove mil, quinhentos e trinta e oito reais e trinta e oito centavos) para a conta bancária 960.363-8, agência 1.615-2, do Banco do Brasil, de titularidade da FUNDEP, para prosseguimento da atividade.

Termos em que juntam documentos e pedem deferimento.

Belo Horizonte, 27 de julho de 2020.



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

**Autos do Processo n.º 5036254-74.2020.8.13.0024 (Subprojeto 02)**

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

1. **Após a manifestação de ID 134683635, em 23/07/2020**, foram fornecidos novos conjuntos de imagens pela VALE S. A. Tais imagens foram objeto de análise pela equipe executora do Subprojeto 02, que as considerou adequadas, salvo uma das imagens, conforme documento **DOC 1.** anexo.
2. Em função desse fato, o projeto foi readequado, excluindo-se o custo das imagens já fornecidas, passando ao valor de **R\$308.671,25** (trezentos e oito mil, seiscentos e setenta e um reais e vinte e cinco centavos) (**DOC. 2**), ao que deve ser adicionado o valor FUNDEP proporcionalmente adequado a **R\$30.867,13** (trinta mil, oitocentos e sessenta e sete reais e treze centavos), totalizando o valor de **R\$339.538,38** (trezentos e trinta e nove mil, quinhentos e trinta e oito reais e trinta e oito centavos).

Assim, é de se requerer à V. Exa., em cumprimento da decisão ID 115858941 já proferida, seja determinada a transferência da quantia correspondente a **R\$339.538,38** (trezentos e trinta e nove mil, quinhentos e trinta e oito reais e trinta e oito centavos) para a **conta bancária 960.363-8, agência 1.615-2, do Banco do Brasil, de titularidade da FUNDEP, para prosseguimento da atividade.**

Termos em que juntam documentos e pedem deferimento.

Belo Horizonte, 27 de julho de 2020.



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



**De:** "Rodrigo Nobrega" <raanobrega@ufmg.br>  
**Para:** projetobrumadinhoufmg@ufmg.br  
**cc:** "Diego Rodrigues Macedo" <rodriguesmacedo@gmail.com>, "Adriana Monteiro" <drimonteiroc@gmail.com>, "Marcelo Nero" <marcelo.nero@gmail.com>, "Plinio temba" <temba.mobile@gmail.com>, "Jefersson A. dos Santos" <jefersson@dcc.ufmg.br>, "Vagner Coelho" <vagnercoelho@hotmail.com>, "Helder Lages Jardim" <hljardim@gmail.com>, "IGC-Centro de Extensao" <cenex@igc.ufmg.br>

**Data:** Segunda-feira, 27 De julho De 2020 04:39 PM  
**Assunto:** [1] Parecer sobre os insumos complementares e [2] proposta retificada

Histórico: ➔ Esta mensagem foi encaminhada.

---

Prezados, boa tarde

Em resposta ao contato estabelecido pelo Comitê Técnico Científico do Projeto Brumadinho UFMG no dia 24/07/2020 referente a análise do novo material complementar entregue pela Vale (imagem orbital anterior ao rompimento da barragem e modelo digital de terreno), afirmo que:

- as duas imagens disponibilizadas para o período pós ruptura 2020 (Geoeye1, capturadas em 23/05/2020) estão aprovadas posto que atendem aos critérios de resolução radiométrica (16 bits), solucionando a pendência anterior. Afirmo também que os critérios como resolução espectral (4 bandas), resolução espacial (0,5x0,5 metro) e qualidade geométrica\* (aderência geométrica às análises anteriores) foram observados e que continuam aprovados para as novas imagens ;

- as duas imagens disponibilizadas para o período pré-ruptura (Worldview3, capturadas em 22/07/2018) estão negadas. Embora as imagens atendam aos critérios de resolução radiométrica, resolução espectral e qualidade geométrica\* que haviam sido apontados como falhos nas imagens Pleyades entregues anteriormente, as mesmas datam de julho de 2018, período anterior ao estipulado pelo Edital da Chamada 02, cuja prerrogativa é que a(s) imagem(s) sejam compatíveis com o período entre Dezembro de 2018 e/ou até 24 de janeiro de 2019.

- Os modelos ditais de terreno estão aprovados pois a área de estudo está coberta por duas das três superfícies apresentadas.

Assim, com base nas informações supracitadas, apresento no documento anexo a proposta de execução do projeto com orçamento ajustado, para o qual foram subtraídos os valores de aquisição do modelo digital de terreno e das duas imagens orbitais multispectrais de alta resolução correspondentes aos períodos pós-rompimento da barragem.

\* Para a análise de aderência geométrica foram utilizados os mesmos 33 pontos da análise anterior, sendo que todos os pontos foram realocados para as posições referentes as feições representadas na nova imagem. Os resultados indicaram a **audência** de erros sistemáticos, e que o conjunto de medidas oriundo dessa nova imagem passa nos testes de precisão (qualidade posicional relativa) tanto no Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) tradicional como no PEC-PCD (mais exigente, estabelecido para a cartografia digital). Critérios como a resolução espacial 0,5x0,5m

Fiquem bem,

Rodrigo





*Prof. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega, Ph.D.*

*Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais*

*Programa de Pós-Graduação em Geotecnia e Transportes*

*Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais*

[+55 31 3409-7512](tel:+553134097512) / [+55 31 99907-7302](tel:+5531999077302)

*19° 52' 06" S / 43° 57' 43" W*

[raanobrega@ufmg.br](mailto:raanobrega@ufmg.br)

#### Anexos:

Proposta final 27Jul2020 - Imagem2018.pdf



# 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**

**IGG**  
INSTITUTO  
GEOCIÊNCIAS UFMG



Programa de Pós-Graduação em  
*Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais*  
**UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS**

Av. Antonio Carlos 6627,  
Belo Horizonte, MG, 31.270-901  
Tel: 55 31 3409-5404, 3049-5494  
modelagem@igc.ufmg.br  
www.csr.ufmg.br/modelagem



INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
**PROGRAMA de  
PÓS-GRADUAÇÃO  
em GEOGRAFIA**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

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:	5
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	28
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 (CTC) 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. Contudo, face as considerações solicitadas pelo CTC, foram incluídas na área de estudo as áreas referentes as ETAFs 1 e 2 (Estações de Tratamento de Águas Fluviais), que são adjacentes (VALE, AMPLO, p.31, 2019) ao polígono da sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão. O mapeamento incluirá também a área de dragagem de rejeito no Rio Paraopeba, a qual está limítrofe à esta sub-bacia (VALE, AMPLO, p.31, 2019).

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

---

<sup>1</sup> VALE; Amplo. **Relatório de Impacto Ambiental:** Licenciamento Ambiental Corretivo - Obras emergenciais decorrentes da ruptura da barragem da Mina Córrego do Feijão e recuperação ambiental de sua área de influência. Belo Horizonte: Maio, 2019.





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).

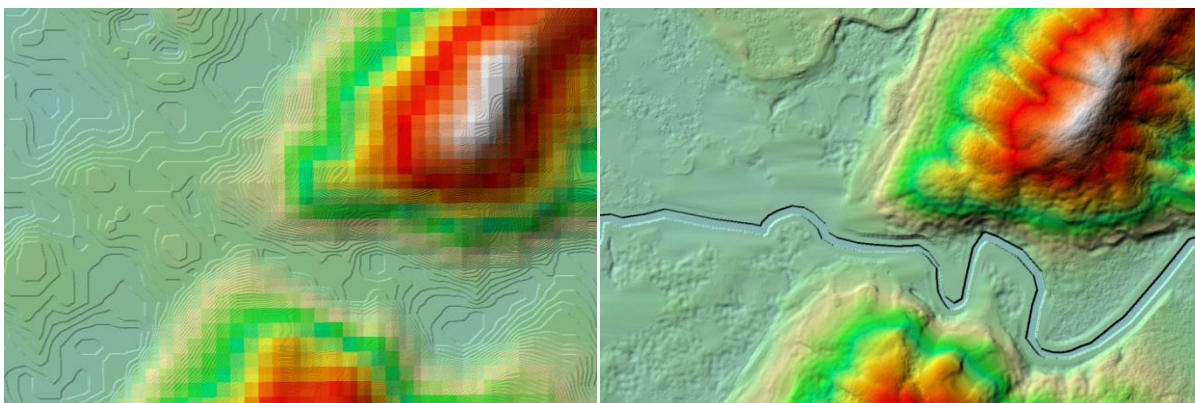
## 1.2 Compromisso com a qualidade das informações

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.

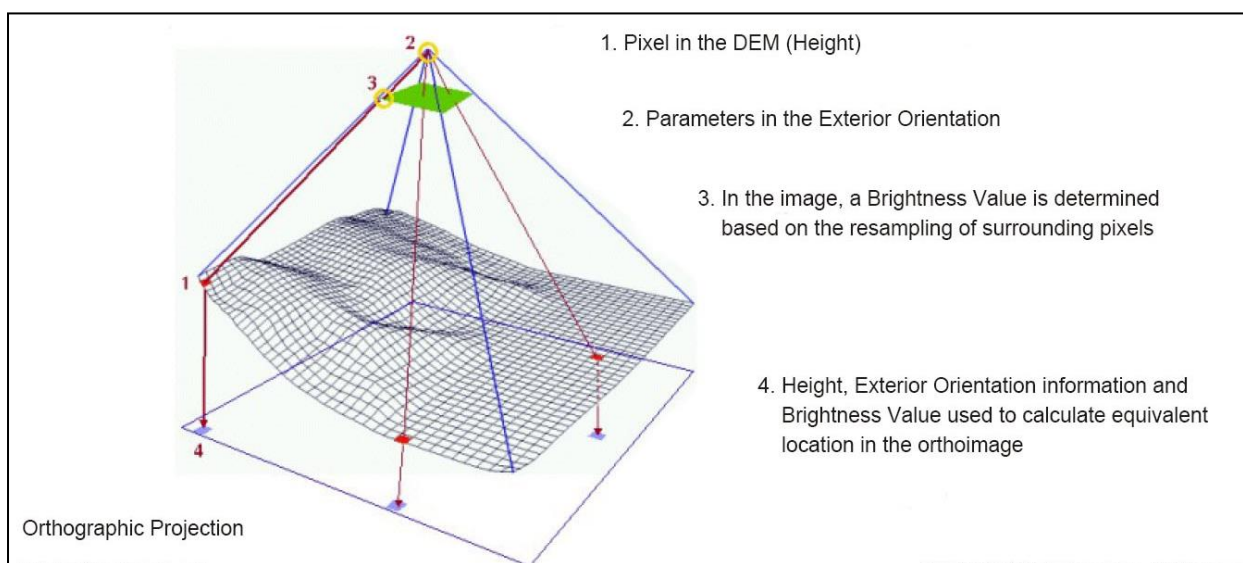
O compromisso com a qualidade das informações cartográficas depende da metodologia e do rigor das análises, contudo está diretamente ligado à qualidade das bases de dados utilizadas. O Modelo Digital do Terreno (MDT) é peça-chave nesse processo, não apenas para garantir a perfeita ortorretificação das 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 900m<sup>2</sup>) e do AW3D (pixel de 1m<sup>2</sup>)

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 drones<sup>2</sup>, 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)

---

<sup>2</sup> 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.



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;
- 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), 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; 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 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 ortorretificação<sup>3</sup> 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 altas 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.

---

<sup>3</sup>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.



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 Nivel (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 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 Legal<sup>4</sup>
- Pastagem
- Plantios agrícolas
  - Horticultura
  - Fruticultura
- Solo exposto
- Manchas urbanas/povoados
- Áreas ocupadas pela mineração (cava e atividades correlatas)
  - 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
- Floresta estacional semidecidual e cerrado<sup>5</sup>

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

<sup>4</sup>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.

<sup>5</sup> Em caráter adicional as classes de uso do solo especificadas no edital, essas duas classes serão também mapeadas conforme o primeiro nível de classificação descrito no Manual Técnico da Vegetação Brasileira do IBGE (<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv23267.pdf>), utilizando o processo compatível ao emprego de técnicas tradicionais de Sensoriamento Remoto.





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).

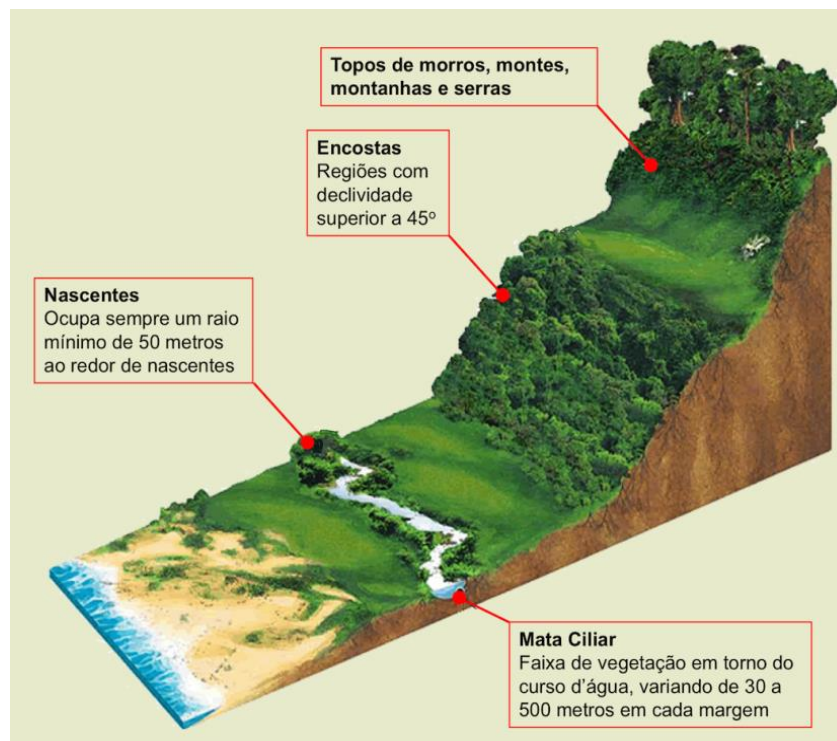
## 2.5 Espacialização das Áreas de Proteção Ambiental

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 delimitadas 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.



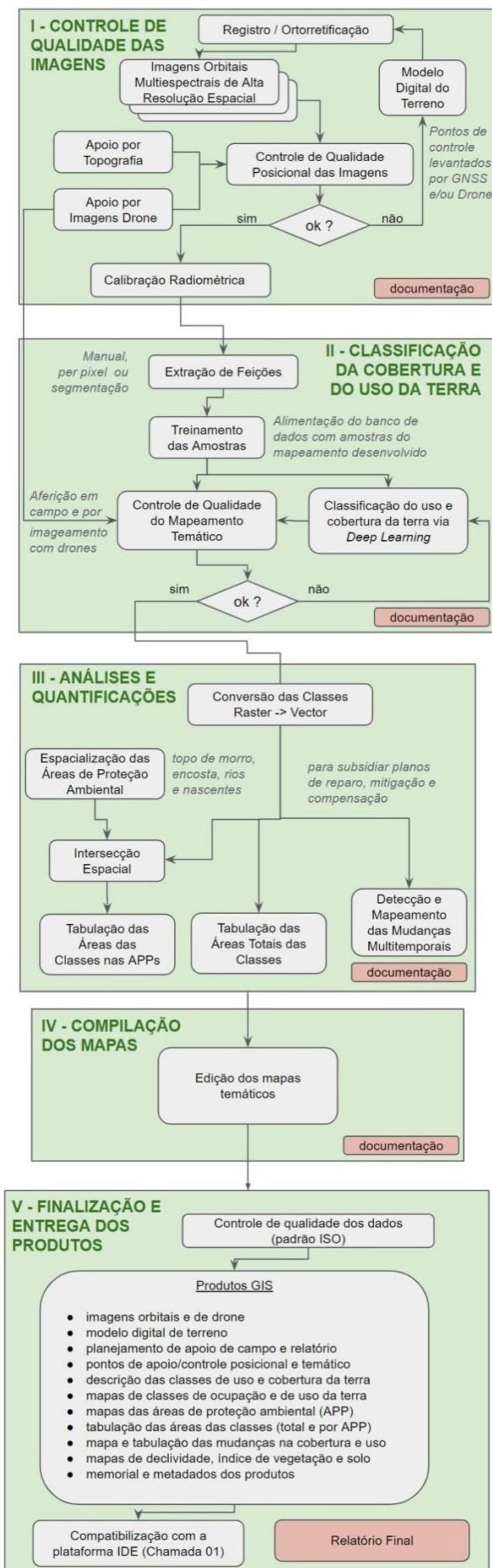
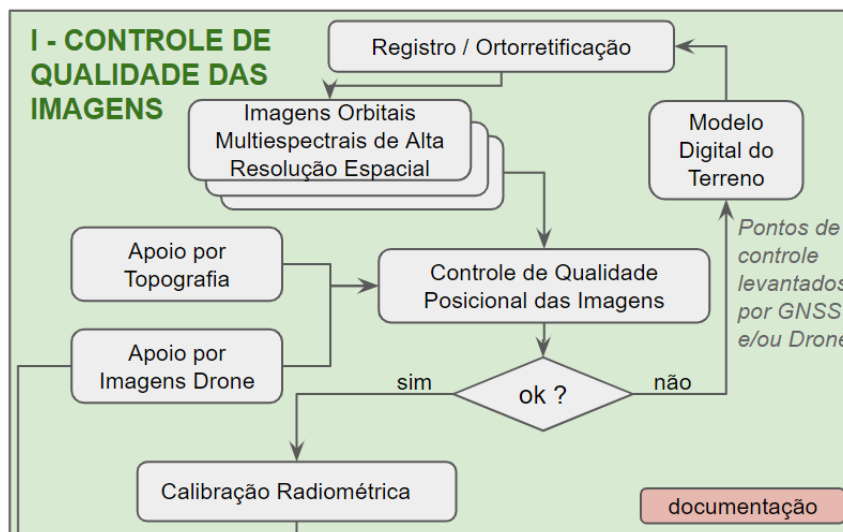


Figura 04. Fluxograma geral das atividades propostas.



### 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).

