

Proposta Metodológica para Mapeamento de Relevos Tecnogênicos em Áreas de Desastres Ambientais

A Methodological Proposal for Mapping Technogenic Relief in Areas of Environmental Disasters

Carolina Campos Eduardoⁱ
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, Brasil

Miguel Fernandes Felipeⁱⁱ
Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Brasil

Telma Mendes da Silvaⁱⁱⁱ
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, Brasil

Resumo: Na discussão do Antropoceno, o ser humano é considerado um dos responsáveis pelas transformações diretas e indiretas ocorridas na paisagem, atuando como agente geológico-geomorfológico. Nesse contexto, complexos minerários possuem grande capacidade de (re)construção das formas do relevo, criando e induzindo feições tecnogênicas. Este artigo aborda as principais transformações no relevo ocorridas com a deposição de aproximadamente 10 milhões de m³ de rejeitos decorrentes do rompimento da barragem I do Complexo Minerário do Córrego do Feijão, inserida na bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, em Brumadinho (Minas Gerais, Brasil). Para tanto, realizou-se pela cartografia retrospectiva a comparação entre a morfologia antes e depois do rompimento, através de técnicas de geoprocessamento, fotointerpretação e trabalho de campo. A classificação dos terrenos tecnogênicos possibilitou a identificação dos diferentes processos morfogenéticos relacionados ao Antropoceno, porém, apresentou limitações na distinção das consequências geomorfológicas do desastre, evidenciando a necessidade de aprimoramento das categorias de análise tecnogênica para melhor compreensão de situações similares.

Palavras-chave: Antropoceno; Tecnógeno; Desastre(s) Ambientais; Geomorfologia Retrospectiva; Brumadinho.

ⁱ Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Geografia e pesquisadora do Núcleo de Estudos do Quaternário e Tecnógeno (NEQUAT/IGEO-UFRJ). carolcampos13@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-7557-9270>

ⁱⁱ Professor Associado – Departamento de Geografia. miguel.felippe@ich.ufjf.br. <https://orcid.org/0000-0002-0261-4298>

ⁱⁱⁱ Professora do Programa de Pós-graduação em Geografia. telmendes@globocom.com. <https://orcid.org/0000-0002-8295-6158>

Abstract: When discussing the Anthropocene, human beings are considered to be important actors who due to their role as geological and geomorphological agents are responsible for both direct and indirect changes in landscapes. In this role, mining sites have recognized impacts on the construction and reconstruction of landforms by creating and inducing technogenic features. The present article treats the main landform transformations that occurred after the deposition of approximately 10 million m³ of tailings when a retention dam burst at the Córrego do Feijão Mining Complex, in Brumadinho (Minas Gerais State). Retrospective cartography based on geoprocessing, photointerpretation, and fieldwork is used to make a comparison between the morphology present before and after the dam failure. Even though the classification of technogenic terrains permitted the identification of different morphogenetic processes related to the Anthropocene, it was not enough for recognizing the geomorphologic consequences of the disaster, which points to the need for improving technogenic classes in order to better understand other similar disasters.

Keywords: Anthropocene; Technogene; Environmental Disasters; Retrospective Geomorphology; Brumadinho.

Introdução

Os processos de apropriação da natureza pelo ser humano, definidos no tempo e no espaço, manifestam-se na contemporaneidade a partir da reprodução desigual do espaço (SANTOS, 2002). A relação utilitária e mercantil entre sociedade e natureza delineada a partir do modo de produção capitalista vem gerando severas consequências aos grupos sociais marginalizados e seus efeitos são perceptíveis sobre processos e elementos do espaço natural (PORTO GONÇALVES, 2012). A paisagem não está imune nesse contexto, pois suas transformações acompanham a humanidade e podem ser compreendidas sob diversas perspectivas escalares (espaço-temporal); escalas essas que se interpenetram e se retroalimentam em fenômenos complexos que regem a dinâmica das paisagens (RICHARDS, 2002).

O papel da ação antrópica nas mudanças da paisagem traz à tona um debate para além das respostas das transformações na natureza, que passam a ser compreendidas na inserção social do indivíduo, nos desdobramentos de um modelo econômico de exploração que atinge a vida cotidiana do cidadão. Nesse sentido, o adjetivo “antrópico” se esvai diante da pluralidade de atores políticos, sociais, econômicos e culturais da sociedade, perfazendo uma nefasta negligência da heterogeneidade e complexidade das relações sociais hierárquicas que são impostas (LIMA, 2015). Essa concepção de assimetria de poderes, entre os diversos grupos sociais, na tomada de decisão acerca da apropriação da natureza e transformação das paisagens fica nítida nos desastres tecnológicos resultantes das atividades de mineração em Minas Gerais (ZHOURI et al., 2016), sendo, o mais recente, o rompimento de uma barragem da Vale S.A., em Brumadinho (MG).

Dois conceitos das ciências ambientais que estão diretamente relacionados ao tratamento da interferência humana no meio correspondem ao Antropoceno e Tecnógeno. Antropoceno (*anthropos* – filho do homem – e *ceno* – novo ruptura qualitativa) foi

proposto pelo químico holandês Paul Josef Crutzen em 2002, destacando o papel do homem em alterar e transformar o ambiente e, portanto, produzir novos terrenos e até mesmo feições morfológicas, como foram denominados. Por sua vez, o termo Tecnógeno foi amplamente divulgado por George Ter-Stepanian, na década de 1980, referindo-se a depósitos geológicos criados pela ação tecnológica dos seres humanos.

Assim, o objetivo desse artigo consiste em investigar as transformações do relevo a partir da conformação de terrenos tecnogênicos associados ao rompimento da barragem do complexo minerário do Córrego do Feijão, Brumadinho (MG). Para tanto, pauta-se a discussão no mapeamento geomorfológico das formas originais (pré-perturbação) e sua comparação com a paisagem resultante, analisada no mapeamento dos terrenos tecnogênicos (pós-perturbação).

A Barragem I de Brumadinho: Mineração e Efeitos Antropogênicos na Paisagem

A Mina do Córrego do Feijão teve o início de suas atividades em 1956, com a Companhia de Mineração Ferro e Carvão (administrada pela Vale desde 2003). Desde então, ao longo dos anos, a barragem colapsada vinha sendo sucessivamente alterada a montante através de técnicas classificadas como de baixo nível de segurança, porém, de menor custo financeiro e que são comumente utilizadas pelas mineradoras no estado de Minas Gerais (MAB, 2019).

No dia 25 de janeiro de 2019, ocorreu o rompimento da barragem I do Complexo Minerário do Córrego do Feijão, de propriedade da mineradora Vale S.A. De acordo com Felipe et al. (2020) a Barragem I possuía cerca de 87 metros de altura e comportava um volume de 12 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração de ferro. Estes rejeitos ao serem liberados quase instantaneamente pelo rompimento dos diques de contenção provocaram, até o dia 25 de janeiro de 2020, perda irreparável de vidas (totalizando 259 mortos e 11 desaparecidos) (G1, 2020), além de inúmeros danos ambientais.

O rompimento da barragem fez com que fluxos de matéria e energia adentrassem ao sistema geomorfológico em magnitudes elevadíssimas, superando a capacidade de autorregulação e transformando quantitativa e qualitativamente a funcionalidade da paisagem local. Evidencia-se, portanto, a necessidade do debate das alterações antropocênicas e do (re)significado do papel dos diversos atores sociais enquanto agentes transformadores da paisagem.

Ter-Stepanian (1983) já havia chamado atenção para o Holoceno como sendo o período de tempo em que ocorreram/ocorrem as principais mudanças no meio natural causadas pela humanidade. Para Luz e Marçal (2016, p.145), “a magnitude e a intensidade das alterações humanas (...) indicam a magnitude e intensidade da emergência de uma nova época geológica: o Antropoceno”. E, assim, as alterações provocadas pelas atividades humanas são consideradas tão intensas que muitos pesquisadores as igualam ou até mesmo avaliam como superando as forças de transformação da própria natureza (STEFFEN et al., 2007; LUZ e MARÇAL, 2016).

Estas questões referentes à relação dos efeitos das atividades antrópicas sobre o meio vêm crescendo nas pesquisas científicas, como abordadas, p. ex., por Marsh (1864), Woeikof (1901), Sherlock (1922), Brown (1971), Nir (1983), dentre outros.

Nesse sentido, trabalhos com a perspectiva da geomorfologia antropogênica, associados à cartografia retrospectiva, que corresponde à identificação de alterações antrópicas ao longo do tempo e do espaço, por meio de mapeamento anterior e posterior às intervenções (PASCHOAL, 2014). A cartografia retrospectiva possibilita a compreensão dos processos de alteração da paisagem e, ainda, da apreensão de distintos estágios derivados das atividades antropogênicas. A cartografia geomorfológica retrospectiva é capaz de oferecer suporte teórico, técnico e metodológico adequados, agregando informações sobre materiais, formas e processos operantes na paisagem (BRUNSDEN, 2003).

O trabalho de Queiroz Neto (2001) coloca que as formações superficiais, representadas pelos solos e seus depósitos correlativos, testemunham a gênese da formação do relevo e destacam a importância dos depósitos sedimentares, associados aos mecanismos erosivos e deposicionais, para compreensão da evolução da paisagem. Neste estudo, o autor realiza o debate sobre a gênese autóctone e alóctone dos materiais, e a representatividade espacial dessas formações superficiais em mapeamentos geomorfológicos de detalhe.

Os documentos aqui produzidos têm como finalidade reunir uma base de dados e de informações para análise e diagnóstico e/ou prognóstico da área em estudo. Assim, as características presentes neles estão associadas à escala adotada, à variedade de elementos, como curvas de nível, rede de drenagem, coleta de dados em campo e imagens aéreas, dentre outros (CUNHA et al., 2003; RODRIGUES, 2005; CUNHA, 2011; CUNHA e QUEIROZ, 2012; VERSTAPPEN, 2011; KNIGHT et al., 2011, EDUARDO et al., 2019).

Alguns esforços têm sido notórios na tentativa de compreender a relação entre a mineração e a formação de relevo antropogênico no Brasil, sobretudo em Minas Gerais, como os trabalhos de Andrade (2012) e Paula e Castro (2015). Do ponto de vista dos impactos antrópicos no relevo destacam-se os trabalhos de Simon e Cunha (2008), Paschoal et al. (2013; 2016) e, também, Mendes e Felipe (2016) que trataram especificamente dos efeitos do rompimento da barragem da Samarco S.A., na bacia do Rio Doce, e apontam o ser humano como um importante agente geológico-geomorfológico com capacidade de condicionar processos de alta magnitude com produção de elevada quantidade de materiais levando a alterações significativas na paisagem.

Para Luz e Marçal (2016, p.144), novas formas e depósitos advindos da atividade humana colocam o Antropoceno como a marca “do homem como um agente geológico independente. Como consequência, temos o surgimento de novos depósitos geológicos marcados pela tecnogênese humana, onde estes depósitos possuem características distintas claramente definidas”.

Peloggia (2015) aponta que depósitos de terrenos artificiais ou antropogênicos correspondem a um conjunto de solos ou feições de relevo produzidas de modo direto ou indireto pela atividade antrópica. Dentro deste contexto, a mineração tem uma enorme capacidade de remodelar o relevo (Figura 1), com mobilização de materiais criando formas específicas. Estas podem ter composição originárias de terrenos adjacentes, porém especializam-se em feições geradas pelas atividades humanas em áreas de extração de minério de ferro alóctones, como pilhas, alteamentos, cavas ou depósitos.

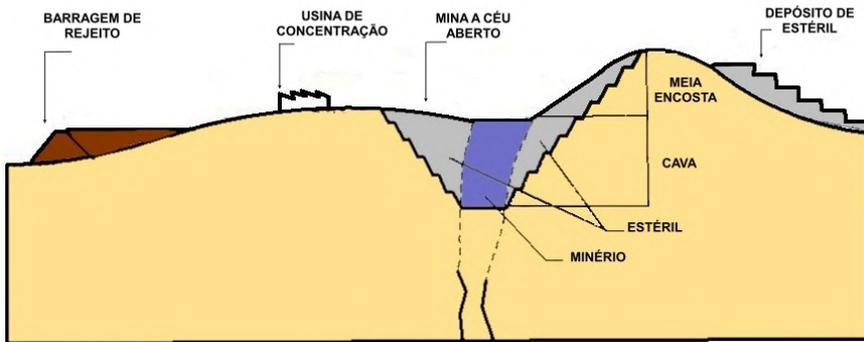


Figura 1 – Desenho esquemático das alterações do relevo pela ação antrópica em uma mina a céu aberto voltada para a extração de minério de ferro, onde as barragens de rejeito e os depósitos de estéril podem ser classificados como agradacionais e a cava como forma de dissecação.

Fonte: Adaptado de Andrade (2012).

A cava e a pilha de estéril são formas antropogênicas cuja gênese está relacionada à degradação do relevo, pela remoção do minério de ferro em uma cava, enquanto aquelas geneticamente agradacionais, provocadas pelo empilhamento de material, seriam taludes de aterro ou barragens de rejeito (ANDRADE, 2012).

Nos locais de mineração verificam-se, portanto, processos erosivos intensos, assim como decapeamentos acentuados das camadas superficiais que cobrem o solo, além de outras feições antrópicas instaladas no interior da cava de mineração (PASCHOAL, 2014).

Com o rompimento da Barragem I da Mina do Córrego do Feijão, surgem novos questionamentos sobre como lidar com as feições antropogênicas geradas, tais como sobre qual(is) tipo(s) de superfície(s) já existente(s) o material acumulado se sobrepôs. Antes do desastre, os terrenos ditos naturais já possuíam processos geomorfológicos alterados por diferentes tipos de atividades humanas, tais como: agrícolas, industriais e urbanas, residenciais, pilhas de rejeito e cavas de mineração. Em um acidente como o de Brumadinho, o grande aporte de rejeitos acabou promovendo distintas dinâmicas (superficiais e subsuperficiais) em um curto intervalo de tempo, alterando tanto as formas, como os materiais envolvidos e, também, nos mecanismos de transporte e sedimentação do rejeito sob a forma de lama.

A Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão em Brumadinho

O complexo minerário do Córrego do Feijão encontra-se na bacia do Ribeirão Ferro-Carvão (Figura 2) no município de Brumadinho, que, por sua vez, está inserido na região metropolitana de Belo Horizonte. A rede hidrográfica diretamente afetada concerne à bacia do Rio Paraopeba, afluente da margem direita do Rio São Francisco.

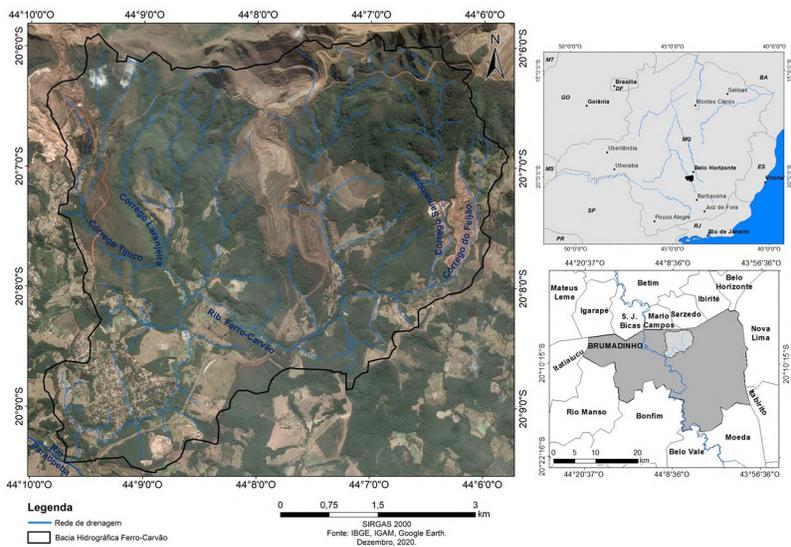


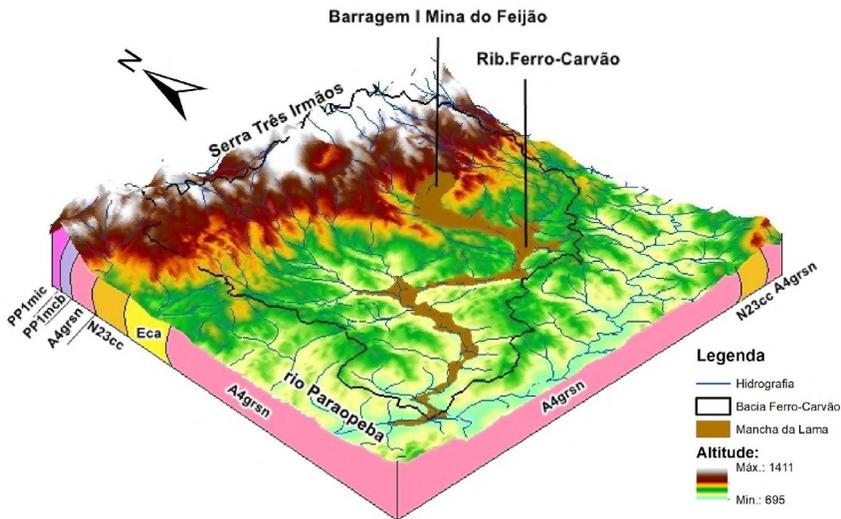
Figura 2 – Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão no contexto da mineração do Córrego do Feijão.
 Fonte: Adaptado de Felipe et al. (2019).

O município está inserido no Quadrilátero Ferrífero, caracterizado por rochas com forte presença do ferro na sua composição e formadas há mais de 200 milhões de anos, e têm altitudes que variam entre 900 a 1000 metros em um relevo genericamente classificado como montanhoso, com uma declividade de 45 a 75%. A Serra do Curral está presente no município com a denominação local de Serra Três Irmãos (encosta Sul da Serra do Curral), formada por duas cristas paralelas, sendo, ao sul, constituída de rochas de itabirito da Formação Cauê, e ao norte por quartzitos (Formação Cercadinho).

Estão presentes classes de Neossolos, pouco desenvolvidos acomodados sobre rochas pouco intemperizadas, e Cambissolos, com pouca diferenciação textural, desenvolvidos em um clima tipo Tropical Semiúmido, cujas temperaturas médias variam entre 15°C e 18°C, sendo o período seco de maio a agosto e o chuvoso de novembro a fevereiro, sendo a precipitação anual média de 1.608 milímetros (NICHOS ENGENHEIROS CONSULTORES LTDA, 2017).

De acordo com o mapeamento geológico realizado por Baltazar et al. (2005), na bacia do Ribeirão Ferro-Carvão pode ser identificada a unidade Gnaiss Souza Noschese, com predominância na bacia, sendo recortada pela unidade de Depósitos elúvio-colúviais em sua porção central e a oeste. Também estão assinalados, na borda leste, unidades de depósitos Colúviais e do Complexo Bonfim. Ao norte da bacia, faixas no sentido L-W de litologia de filito cinza e marrom; filito vermelho-escuro, às vezes carbonoso e de litologias formadas por quartzito cinza claro, fino a médio; filito síltico cinzento a verde-acinzentado; filito síltico pardo-avermelhado; lentes de conglomerado (BALTAZAR et al., 2005).

Essas faixas litológicas separam a Unidade Gnaise Souza Noschese, cuja litologia caracteriza-se por um gnaise claro, equigranular, com granulação média, constituído por ortoclásio, quartzo e plagioclásio, com clorita, moscovita e biotita como pertencentes à Formação Cauê, constituída principalmente por itabirito dolomítico, e filito, minerais com alto valor econômico. Já a unidade de Depósitos elúvio-colúviais comporta-se como uma canga, com fragmentos de itabirito e hematita compacta, cimentados por limonita, parcialmente coberta por solo laterítico (BALTAZAR et al., 2005). O contexto geológico da bacia Ribeirão Ferro-Carvão pode ser visualizado na Figura 3.



A4grsn: Unidade Gnaise Souza Noschese. **N23cc:** colúvio e fragmentos rolados, constituídos de matacões, calhaus, seixos de hematita compacta. **PP1mcb:** Formação Batatal (filito cinza a marrom; filito vermelho-escuro, às vezes carbonoso, local). **PP1mic:** Formação Cauê (Itabirito dolomítico, itabirito, filito, lentes de hematita compacta e pulverulenta. **Eca:** canga: fragmentos de itabirito e hematita compacta, cimentados por limonita, parcialmente coberta por solo laterítico (BALTAZAR et al., 2005).

Figura 3 – Bloco Diagrama esquemático em visão tridimensional da bacia Ribeirão Ferro-Carvão.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Como atividade econômica presente no município a extração mineral é a principal. Além desse setor, outras atividades são desenvolvidas, alterando o uso e ocupação da terra. O levantamento de uso e ocupação da terra realizado por Pereira et al. (2019) permitiu identificar a existência de mata em estação avançada de sucessão ecológica (98 ha), mata antropizada (19,94 ha), mata em regeneração natural (19,91 ha), brejos (12,94 ha) e pastagem (14,16 ha). Em síntese, na paisagem natural de Brumadinho foram impressas profundas alterações através de práticas agrícolas, pecuária e da abertura de lavra de minas para extração de minério de ferro (NICHOS ENGENHEIROS CONSULTORES LTDA, 2017).

Materiais e Métodos

A estrutura metodológica se subdividiu em procedimentos laboratoriais, relacionados à aquisição e organização de dados cartográficos e à produção de informações georreferenciadas, procedimentos de campo, relacionados à interpretação das feições do relevo e depósitos associados. Para fins do mapeamento geomorfológico, a organização do banco de dados foi realizada através do *software* de geoprocessamento ArcGIS (versão 10.3.1); sendo seguidas as orientações de Tricart (1965), quanto ao levantamento de informações que o autor considera fundamentais, tais como de morfometria, morfografia, morfogênese e, também, dados cronológicos, além de orientações do Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009) e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1981).

Com o uso do Sistema de Informações Geográficas através do *software* ArcGIS foram extraídos os dados de área total, organização dos dados sobre litologia e rede de drenagem, mapeamento das feições de antropogênicas de rejeito de mineração e produção do modelo tridimensional da bacia em estudo.

Para a confecção do mapa final foi utilizada a folha topográfica de Brumadinho (SF-23-X-A-II-2), disponível em meio digital pelo IBGE. A partir desta base realizaram-se os cálculos morfométricos, quanto aos valores da profundidade de dissecação e da dimensão interfluvial, seguindo os padrões estabelecidos na Tabela 1 apresentada por Eduardo (2018).

Para a obtenção dos valores de dissecação ou intensidade de aprofundamento da drenagem foi realizado o cálculo da subtração do valor da cota superior (topos), em metros, pelo valor da cota do fundo de vale de referência. Enquanto para a dimensão interfluvial realizou-se a medida da distância, também em metros, com a ferramenta “régua” do *software* ArcGIS, entre canais de 1ª ordem paralelos e semiparalelos ou, ainda, entre pontos de surgência hídrica.

Tabela 1 – Classificação para a dimensão interfluvial e o aprofundamento da drenagem.

Intensidade de aprofundamento da drenagem	Dimensão interfluvial média				
	Muito fina (≤ 400 m)	Fina (401 a 600m)	Média (601 a 800m)	Grosseira (801 a 1000m)	Muito grosseira (≥ 1000 m)
Muito Fraca (≤ 100m)	51	41	31	21	11
Fraca (101 a 200m)	52	42	32	22	12
Mediana (201 a 500m)	53	43	33	23	13
Forte (501 a 1000m)	54	44	34	24	14
Muito Forte (≥1001 m)	55	45	35	25	15

Fonte: Eduardo (2018).

A nomeação das manchas poligonais, definidas a partir do resultado da matriz de dissecação, foi feita seguindo os parâmetros de declividade e de amplitude locais, amparada na proposta do IPT (1981). As categorias de relevo propostas pelo IPT (1981) foram tipificadas em uma associação dos conjuntos de sistemas de relevo denominados em colinas, morros com encostas suavizadas, morrotes, morros e montanhoso.

A inserção da simbologia alfanumérica foi estabelecida seguindo a orientação do Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009), cuja legenda é definida pela ordem: a primeira letra maiúscula corresponde a gênese do modelado, o segundo caractere representa a morfologia mapeada, a terceira letra ao formato dos topos (nas categorias: em convexos (c), tabulares (t) aguçados (a) ou aplainados (ap)).

A quarta referência na legenda trata da forma das vertentes caracterizadas em seus aspectos: convexos (c), côncavos (cc) ou retilíneos (r). A referência da matriz de dissecação também foi incorporada à legenda, permitindo a visualização das análises morfo-métricas do relevo. O Quadro 1 explica a simbologia adotada no mapa geomorfológico.

Quadro 1 – Exemplo da composição da legenda alfanumérica no mapa geomorfológico.

Dmc24
<p>D – Modelado em Dissecação Homogênea. M – Morfologia de morro. C – Vertente convexa. 24 – Sistema binário de matriz de dissecação; dígito 2 correspondente a 2ª dimensão interfluvial (que varia de 1 a 5) e o dígito 4 correspondente a profundidade de dissecação que varia de 1 (menor dissecação) a 5 (maior dissecação).</p>

Fonte: Adaptado de Eduardo (2018).

Para a identificação das feições antropogênicas foram consorciadas a fotointerpretação com a verificação direta em campo. Foi utilizada a imagem de satélite PLEIADES fornecida pela EngeSat (2019), antes do rompimento da Barragem I, em uma resolução espacial de 50 centímetros. Para o período posterior ao rompimento, foram utilizadas as imagens fornecidas pelo *software Google Earth* (2019) na observação dos depósitos de rejeitos da mineração. Através das imagens, foi possível realizar a vetorização manual e editar as manchas poligonais correspondentes às feições antropogênicas de Barragens, cava Córrego do Feijão, área de extração mineral da empresa MIB Ibitipé, pilhas de estéril, taludes, pera ferroviária, terrenos agrícolas e loteamentos residenciais.

Realização do Trabalho de Campo

Os trabalhos de campo foram realizados nos dias 31 de maio e 01 de junho do ano de 2019. Foram observados no local algumas resultantes do desastre ocorrido em

janeiro de 2019, poucos meses após o rompimento da barragem, possibilitando identificar algumas das consequências socioambientais, além da formação de um acervo fotográfico.

Os locais visitados na bacia Hidrográfica do Ribeirão Ferro-Carvão (Figura 4) foram aqueles onde o rejeito foi depositado e o acesso foi possível: estrada Alberto Flores, de acesso a Brumadinho (P1: 20°9'15,26"S e 44°9'32,98"W); loteamento Parque da Cachoeira (P2: 20°9'7,38"S e 44°9'28,37"W) e interflúvio da bacia do Córrego do Feijão (P3: 20°7'57,55"S e 44°9'24,81"W). Já o ponto P4 (20°8'27,69"S e 44°12'3,66"W) está inserido nas proximidades do córrego Laranjeiras, afluente do Ribeirão Ferro-Carvão e o ponto P5 (20°08'49,25" S e 44° 08'43,25" O) corresponde ao loteamento Parque da Cachoeira.

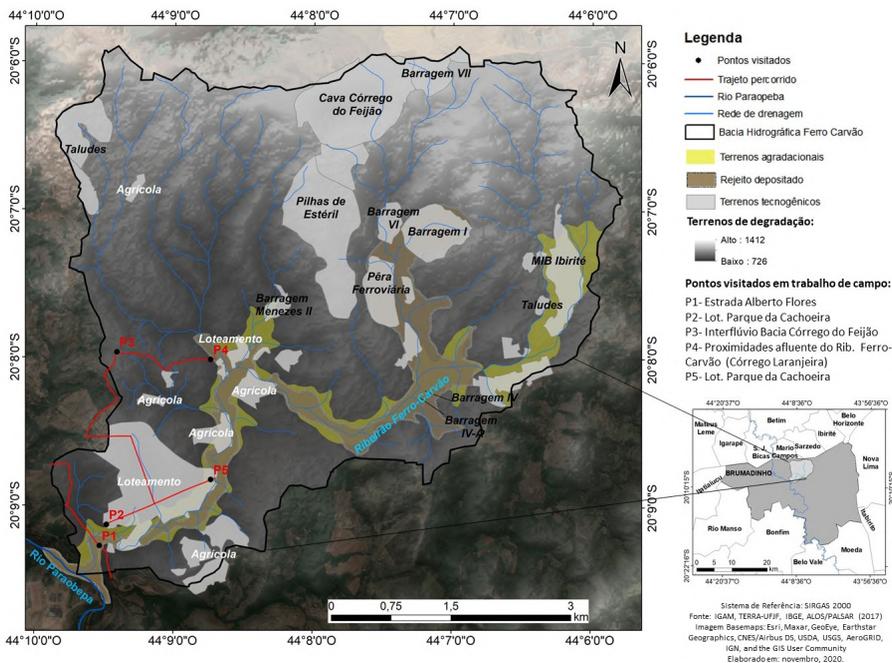


Figura 4 – Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão (Brumadinho/MG) com localização dos pontos visitados no trabalho de campo. Fonte: Elaborado pelos autores.

Bases para Identificação e Classificação dos Terrenos Tecnogênicos

Para a classificação dos terrenos tecnogênicos foi utilizada a sistematização de Oliveira (2017), que define quatro classes principais: agradação, degradação, modificados e mistos (Quadro 2).

Quadro 2 – Classificação de Terrenos Tecnogênicos.

Terreno Tecnogênico	Classificação genética	Exemplos típicos
Agradação	Depósito Tecnogênico construído de 1ª Geração	Aterros, bota-foras, barragens de terra, depósitos de lixo e aterros sanitários.
	Depósito Tecnogênico induzido de 1ª geração	Depósitos sedimentares relacionados às redes de drenagem atuais.
	Depósito Tecnogênico de 2ª geração	Depósitos formados por retrabalhamento de depósitos previamente existentes.
Degradação	Cicatrizes Tecnogênicas Induzidas (Terreno Erodido, Terreno Escorregado, Terreno Afundado)	Sulcos, ravinas, voçorocas, escorregamentos, dolinas, poços sumidouros, depressões.
	Cicatrizes Tecnogênicas Construídas (Terreno Escavado)	Cortes de terraplanagem, cavas de mineração.
Modificado	Horizontes Alterados (Solo Quimicamente Alterado e Solo Mecanicamente Alterado)	Solo contaminado com efluentes ou pesticidas; Solo compactado, subsolagem de solo agrícola
Misto	Unidades Compostas (Camadas Sobrepostas)	Aterro (depósito construído) sobre depósito de assoreamento (induzido) ou sobre horizontes de solo tecnogênico.
	Unidades Complexas (Camadas Complexas)	Aterro alterado por efluentes (depósitos construídos e modificados), camadas arqueológicas.

Fonte: Oliveira (2017).

Para representação espacial das classes dos terrenos tecnogênicos descritas no Quadro 2 foi necessário aplicar uma simbologia alfanumérica capaz de representar com clareza os elementos mapeados (Quadro 3).

Quadro 3 – Quadro das categorias de Peloggia et al. (2014) com a proposta de simbologia alfanumérica utilizada.

GENÉTICA	CLASSE	CATEGORIA		SIMBOLOGIA UTILIZADA
Agradação (A)	Depósitos Tecnogênicos (DT)	Depósito Construído 1ª geração (C1G)		ADTC1G
		Depósito Induzido 1ª geração (I1G)		ADTI1G
		Depósito Construído 2ª geração (C2G)		ADTC2G
Degradação (D)	Cicatrizes Tecnogênicas (CT)	Induzidas (I)	Erodidos (ER)	DCTIER
			Escorregado (ES)	DCTIES
			Afundado (AF)	DCTIAF
		Construídas (C)	Escavado (ESC)	DCTCESC
Modificado (M)	Horizontes alterados (H)	Quimicamente (Q) Mecanicamente (M)		MHQM
Misto (Mx)	Unidades Complexas (C)	Camadas sobrepostas (SB)		MxCSB
	Unidades Compostas (CC)	Camadas Complexas (CX)		MxCCX

Fonte: Elaborado pelos autores.

Resultados e Discussões

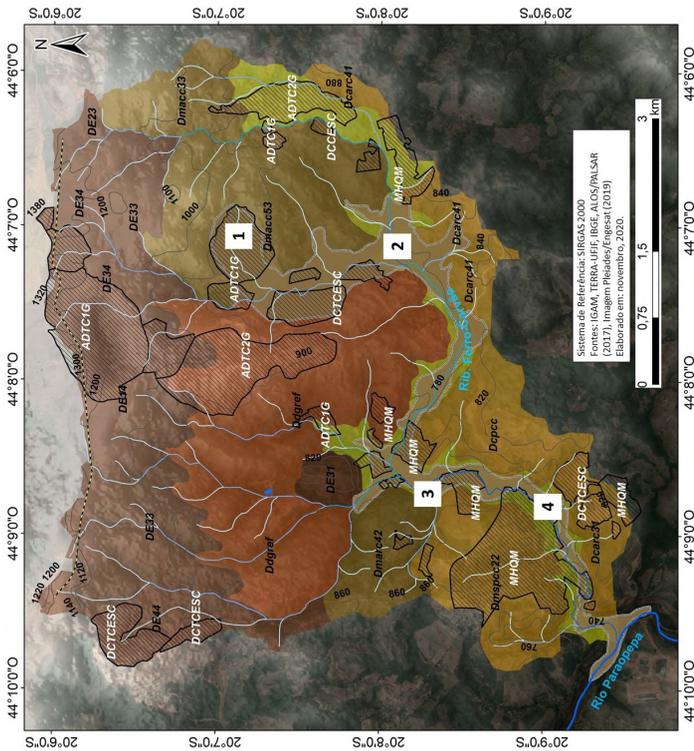
A perda de vidas humanas consiste na maior questão relacionada ao rompimento da Barragem I Mina do Córrego do Feijão. O desastre também afetou fontes d'água, interações ecossistêmicas, produção alimentícia, segurança, dificuldade no acesso por estradas, perdas de moradias, bens e produtos para as famílias atingidas (PEREIRA et al., 2019). Segundo Neves (2018, p.12) essa conjuntura deve ser entendida como:

(...) se rompe muito mais do que uma barragem. Os efeitos da violência e da destruição causadas pela lama que é física (...) atingem diferentes dimensões da vida. (...) relatos de sofrimento, medos, angústias e incertezas se mostram cada vez mais presentes e intensos nas falas dos atingidos. Isso permite compreender que a vivência da tragédia se perpetua e se renova dia após dia na morosidade e nas violações praticadas pelas empresas nas muitas e longas reuniões, na indefinição, na negação de direitos, nas mediações, nas suas negociações.

A Figura 5 apresenta o mapa geomorfológico produzido na escala de 1:50.000 e ainda a identificação e classificação dos terrenos tecnogênicos para a bacia do Ribeirão Ferro-Carvão.

A organização do relevo reflete o modelado regional do Quadrilátero Ferrífero definido por Salgado et al. (2004), no qual se observam feições de relevo em um processo de desnudação diferencial. Na bacia do Ribeirão Ferro-Carvão os itabiritos, constituindo as rochas mais resistentes e presentes nas porções mais elevadas da bacia, apresentam-se como cristas e superfícies erosivas soerguidas, inseridos nos modelados de dissecação Homogênea em Controle Estrutural (DE) (IBGE, 2009).

Feições de Relevos modelados naturais/Dados Litológicos	Agrupação (A)	Agrupação (A)	Depósitos Quaternários: sedimentos fluviáteis e colúbiais, cenozoico argilo-arenosos. São os depósitos associados às planícies e terras fluviais.
			Grãoise Souza Nossêise, Complexo Bonfim. São encontrados grãoises, quartzos e plagioclásio, moscovitas e fílitofitas, como acessórios e caméras ferruginosas.
Dissecação em Controle Estrutural (DE)	Dgref	Dgref	Formação Caúé, Itabirito dolomítico, Itabirito e <u>filito</u> . Unidade Grãoise Souza Nossêise (grãoise) e <u>filitos</u> .
			Formação Caúé, Itabirito dolomítico, Itabirito e <u>filito</u> . Unidade Grãoise Souza Nossêise (grãoise) e <u>filitos</u> .
Legenda alfanumérica:			
Topos: a) jacuaitos; b) convexos; ap) aplanados			
Encostas/ventres: c) convexas; r) retilíneas; g) retilíneas a convexas			
Estrutural	Falha	Falha	indeférida
Hierarquia Fluvial	1	2	3
Morfometria	Curva de nível	s/ir	Parapêta
Ação das águas correntes	Morfologia fluvial	1	2
Terrenos Tecnogênicos	1	2	3



TERRENOS TECNOGÊNICOS MISTOS GERADOS APÓS O ROMPIMENTO DA BARRAGEM I:



Figura 5 – Mapa Geomorfológico da bacia do Ribeirão Ferro-Carvão e imagens fotográficas dos terrenos tecnogênicos:
1 – Imagem panorâmica das adjacências da Barragem I, após o rompimento. Foto: Claudiney G. Vasconcelos, 2019;
2 – Área parcial da Planície fluvial do Ribeirão Ferro-Carvão com depósito de rejeito, formando terrenos tecnogênicos mistos. Foto: Claudiney G. Vasconcelos, 2019; **3** – Ribeirão Ferro-Carvão profundamente alterado por técnicas de escavação do rejeito de mineração. Foto: Carolina C. Eduardo, 2019; **4** – Recorte de horizontes modificados para uso agrícola com sobreposição do material de rejeito. Foto: Carolina C. Eduardo, 2019.
 Fonte: Elaborado pelos autores.

Por sua vez, os modelados de Dissecação Homogênea (**D**) (IBGE, 2009) são caracterizados por feições de colinas (**Dc**), morros (**Dm**) e morrotes (**Dmr**), influenciados pelos processos de intemperismo em litologias diversas, tais como: quartzo, muscovita e biotitas. Enquanto os modelados de Agradação (**A**), referentes às feições de planícies fluviais, estão atrelados aos processos quaternários de sedimentação argilo-arenosa, sendo parte retida ao longo do canal fluvial, tendo passando por processos pedogenéticos e/ou bióticos, conforme apontado em Salgado et al. (2004).

De acordo com a tabela de atributos da bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, que possui, aproximadamente, 32,8 km², tem-se o total de 7,21 km² (21,98%) correspondendo às feições antropogênicas e cerca de 3,18 km² (9,69%) às áreas que foram recobertas pelo rejeito liberado pelo rompimento da barragem.

Esses dados correspondem espacialmente às feições de relevo resultantes da ação humana direta, e cujas consequências ainda serão sentidas ao longo de anos ou décadas. Nas áreas correspondentes às feições de planícies e terraços, associadas à evolução do vale do Ribeirão Ferro-Carvão, houve a deposição de materiais do rompimento e derame dos rejeitos que perfizeram 9,69% da área total da bacia; enquanto nos sopés das vertentes, aonde predominavam usos residenciais ou atividades agrícolas, foi mapeado 21,98% da bacia.

Com base na perspectiva da cartografia geomorfológica foi realizado o detalhamento de algumas feições antropogênicas existentes na área (Figuras 6, 7 e 8), seguindo-se a aplicação da classificação proposta por Peloggia et al. (2014). Ressalta-se que, com o rompimento da Barragem I, ocorreram formações tecnogênicas do tipo geneticamente mistas, devido à sobreposição de rejeito em terrenos que já se encontravam mecanicamente e fisicamente alterados pelas atividades antrópicas.

Desse modo, na Figura 6A está representado um trecho do mapa geomorfológico onde localizavam-se depósitos dos rejeitos de mineração anteriores ao rompimento (Figura 6B), no alto curso do Ribeirão Ferro-Carvão. Nas Figuras 6B e 6D observam-se as imagens de satélite de antes e depois do rompimento, respectivamente. Nesse trecho da bacia localizavam-se as feições antropogênicas relacionadas à infraestrutura do complexo de mineração preexistentes.

Como estruturas relevantes no complexo minerário, a cava de extração mineral e a pera ferroviária podem ser classificadas como terrenos tecnogênicos de Degradação, geneticamente como cicatrizes tecnogênicas em terreno escavado em cortes de terraplanagem de mineração. Já as barragens de acumulação de rejeito e água, e as pilhas de estéril, são consideradas terrenos tecnogênicos de Agradação, referindo-se a depósitos tecnogênicos construídos de 1ª geração.

Nas Figuras 6C e 6D evidencia-se o cenário após o rompimento, com alteração significativa do terreno, sobreposto a um ambiente que já havia sido alterado. Este trecho foi classificado como Misto, em uma unidade complexa geneticamente, em condições de aterramento alterado pelo lançamento do material residual da extração de minério.

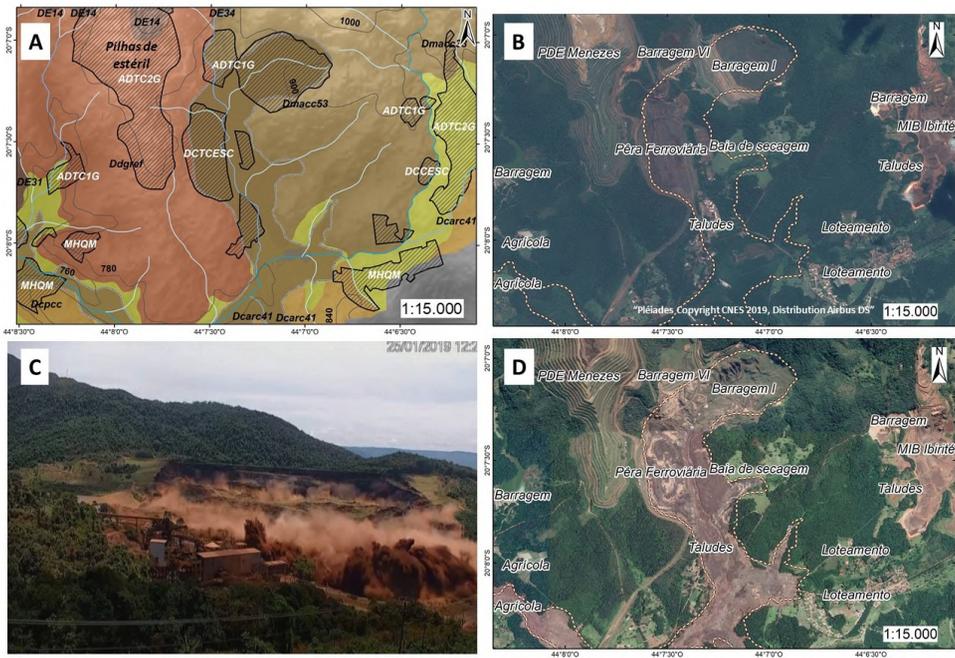


Figura 6 – Mapa geomorfológico e ilustrações com a mancha de lama nas proximidades da mina Córrego do Feijão: **A** – Fragmento do mapa geomorfológico indicando os arredores da Barragem I da Mina do Feijão; **B** – Imagem de Satélite da PLEIADES capturada no dia 18/01/2019; **C** – Imagem aérea do momento do rompimento da Barragem I. Fonte: *G1* (2019); **D** – Imagem do *Google Earth* após o rompimento da barragem, do dia 02/02/2019. Fonte: Elaborado pelos autores.

Situação semelhante pode ser observada no médio curso do Ribeirão Ferro-Carvão. Na Figura 7A está evidenciado o modelado de agradação, dado pela planície fluvial (**Apf**), parcialmente recoberta pelos rejeitos ao longo do vale. Na Figura 7B estão localizadas áreas que eram destinadas às práticas agrícolas, correspondendo a terrenos modificados, com horizontes alterados quimicamente e por ações mecânicas (uso de pesticidas e técnicas da agricultura), resultando em solos contaminados ou compactados. E nas Figuras 7C e 7D são visualizadas as áreas atingidas, cobrindo parte dos terrenos agrícolas, configurando, novamente, terrenos tecnogênicos mistos.

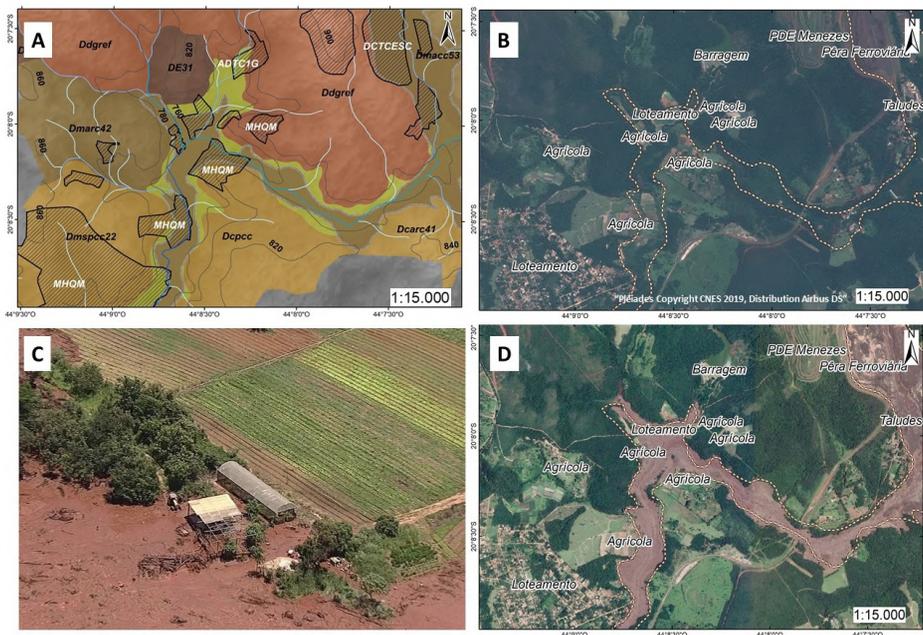


Figura 7 – Mapa geomorfológico e ilustrações com a mancha de lama acomodada na planície fluvial no Ribeirão Ferro-Carvão: **A** – Fragmento do mapa geomorfológico apresentado na Figura 5; **B** – Imagem de Satélite da PLEIADES capturada no dia 18/01/2019; **C** – Imagem aérea após o rompimento da Barragem I, com rejeito de minério de ferro recobrendo terrenos artificiais destinados à agricultura.

Fonte: Revista *Veja* (2019); **D** – Imagem do *Google Earth* após o rompimento da barragem, do dia 02/02/2019.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 8A o rejeito de minério de ferro permaneceu majoritariamente na planície fluvial (Apf) devido à suavização das declividades nessa porção de relevo. Na imagem aérea representada (Figura 8B), a sobreposição por rejeitos atingiu áreas destinadas ao uso agrícola, residencial em parte do vale do Ribeirão Ferro-Carvão. Nas Figuras 8C e 8D pode ser visualizada a acomodação de rejeito às margens do rio Paraopeba e mudanças nas margens do leito, alteração da profundidade e mudanças visuais do rio. Ainda na Figura 8D, nota-se que a lama avançou sobre áreas agradacionais, que foram classificadas como Depósitos Tecnogênicos Induzidos de 1ª geração. Este trecho era ocupado, em parte, por propriedades particulares do loteamento Parque da Cachoeira e, conseqüentemente, está associado a mortes, destruição de moradias e, também, do meio biótico.

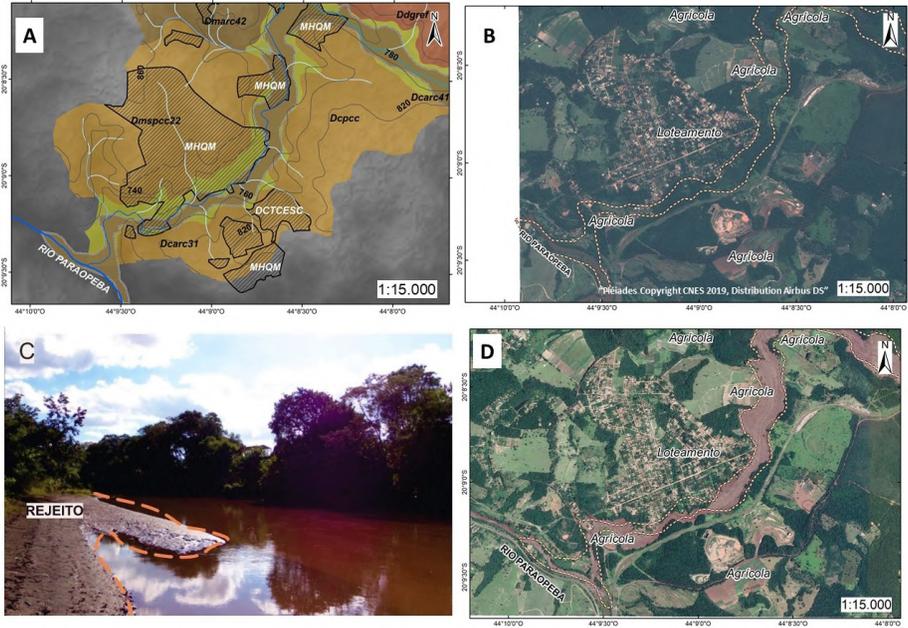


Figura 8 – Mapa geomorfológico e ilustrações da mancha de lama acomodada na planície fluvial na foz do Ribeirão Ferro-Carvão: **A** – Fragmento do mapa geomorfológico apresentado na Figura 5; **B** – Imagem de Satélite da PLEIADES capturada no dia 18/01/2019; **C** – Fotografia do pós-rompimento da Barragem I, no rio Paraopeba com acomodação de rejeito nas margens do rio. Foto: Carolina Campos, 2019; **D** – Imagem do Google Earth após o rompimento da barragem do dia 02/02/2019.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Considerações Finais

O rompimento da barragem do Córrego do Feijão é exemplar no debate sobre a produção (e reprodução) do relevo pela ação dos seres humanos. As transformações antropogênicas correlacionam-se não apenas à ação humana, direta ou indireta, sobre as feições de relevo, mas remetem à reflexão sobre uma conjuntura que considera ações econômicas, políticas e sociais, que resultam em uma nova formação geomorfológica e seus impactos sobre a sociedade.

Por sua vez, o mapeamento geomorfológico, em uma escala de detalhe, torna-se um instrumento oportuno para debates relacionados à compreensão da gênese de formação do relevo em modelados agradacionais ou degradacionais. Entretanto, não se constitui em uma única metodologia que subsidie o tratamento dos aspectos morfológicos e bióticos alterada pelas atividades antrópicas. A realização das visitas a campo foi relevante para entender os efeitos no relevo, na acomodação do rejeito e as alterações geomórficas relacionadas.

A metodologia de classificação de terrenos tecnogênicos aplicada foi capaz de indicar e categorizar tipos genéticos de feições antropogênicas, as quais representam, neste estudo, cerca de 31,67% da área da bacia analisada. Porém, ressalta-se que a área atingida pelo rejeito sobressaiu-se na classe de “terreno tecnogênico misto”, o que aponta para a necessidade de uma releitura da classificação utilizada para áreas afetadas por materiais de extração mineral, processos geoquímicos associados e formas construídas em situações de rompimento de barragens, para maior refinamento dos mapeamentos a serem realizados.

Pela interpretação das imagens representadas pelas Figuras 6, 7 e 8 pode-se observar a atuação direta do ser humano na paisagem como implantação de estruturas para a mineração, construção de loteamentos residenciais, destinação de áreas para agricultura e outros fins. E, na atual conjuntura socioeconômica, esses são processos comuns na produção do espaço no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais.

Emerge também a preocupação com o desenvolvimento de atividades que auxiliem na saúde mental e física das comunidades atingidas por grandes desastres ambientais, uma vez que estas têm seu ritmo de vida drasticamente afetado, e que a elas sejam fornecidos fóruns de debate sobre segurança alimentar, alterações do ecossistema local, além da realização de análises químicas nas águas e solos para conhecimento de elementos tóxicos presentes no rejeito.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, C.F. *Relevo antropogênico associado à mineração de ferro no Quadrilátero Ferrífero: uma análise espaço-temporal do complexo Itabira* (município de Itabira – MG). 2012. 130 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BALTAZAR, O. F.; BAARS, F. J.; LOBATO, L. M.; REIS, L. B.; ACHTSCHIN, A. B.; BERNI, G. V.; SILVEIRA, V. D. Mapa Geológico na escala 1: 50.000 com Nota Explicativa. In: LOBATO, L. M.; BALTAZAR, O. F.; REIS, L. B.; ACHTSCHIN, A. B.; BAARS, F. J.; TIMBÓ, M. A.; BERNI, G. V.; MENDONÇA, B. R. V. DE; FERREIRA, D. V. 2 *Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero – Integração e Correção Cartográfica em SIG com Nota Explicativa*. Belo Horizonte: Codemig, 2005.

BROWN, E.H. O homem modela a Terra. *Boletim Geográfico*, v. 30, n. 222, p. 1-18, 1971.

BRUNSDEN, D. Geomorphology, engineering and planning. *Geographia Polonica*, Warszawa, v. 76, n. 2, p.185-202, 2003. Disponível em: http://rcin.org.pl/igipz/Content/1110/WA51_215_r2003-vol76-no2_Geogr-Polonica.pdf#page=189. Acesso em: 15 ago. 2020.

CRUTZEN, P.J. Geology of mankind. *Nature*, v. 415, n. 6867, p. 23-23, 2002.

CUNHA, C.M.L. *A cartografia geomorfológica em áreas litorâneas*. 2011. 119f. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

CUNHA, C. M. L.; QUEIROZ, D. S. A cartografia geomorfológica de detalhe: uma proposta visando à multidisciplinaridade. *CLIMEP (Climatologia e Estudos da Paisagem)*, Rio Claro, v. 7, n. 1-2, p. 22-45, 2012.

CUNHA, C. M. L.; MENDES, I. A. SANCHEZ, M. C. A cartografia do relevo: uma análise comparativa de técnicas para a gestão ambiental. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Brasília, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2003.

EDUARDO, C. C. *Cartografia Geomorfológica Comparada: aplicações no município de Juiz de Fora (MG) como subsídio ao planejamento*. 2018, 158f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.

EDUARDO, C. C.; SILVA, T. M; FELIPPE, M. F. Transformações Geomorfológica na Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Burros (Juiz de Fora/MG). *Revista da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia (ANPEGE)*, v. 15, n. 26, p. 138-161, 2019.

ENGESAT. IMAGENS DE SATÉLITES E GEOTECNOLOGIAS. *Curitiba, Paraná. Sobre Brumadinho – MG, Dia 25-01-19*. 1. Imagem de satélite, color. Satélite PLEIADES fornecidas por AIRBUS Defense & Space. Intervalo de tempo: dia 18 de janeiro de 2019. Lat. -20.1182, Long. -44.201. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/sobre-brumadinho-mg-dia-25-01-19/>. Acesso em: 05 dez. 2020.

FELIPPE, M. F.; GUIMARÃES, I. P. M. B.; OLIVEIRA, G. B.; COSTA, A. Avaliação preliminar dos danos ambientais decorrentes do rompimento da Barragem da mina do Córrego do Feijão, Brumadinho – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, p. 1-12., Fortaleza. *Anais [...]*. Universidade Federal do Ceará, 2019.

FELIPPE, M. F.; COSTA, A.; GONCALVES, R. J. A. F.; GUIMARÃES, I. P. M. B.; OLIVEIRA, G. B.; MACHADO, A. C. A. R.; REIS, L. A.; REZENDE, M. O. *Minas de Lama: relatório da expedição geográfica no vale do rio Paraopeba*. Juiz de Fora – MG, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338631852_MINAS_DE_LAMA_relatorio_da_expedicao_geografica_no_vale_do_rio_Paraopeba. Acesso em: 10 fev. 2020.

G1– Portal de Notícias. *Vídeo mostra momento exato do rompimento da barragem da Vale em Brumadinho*. 2019. Disponível em: <http://g1.globo.com/globo-news/estudio-i/videos/t/todos-os-videos/v/video-mostra-momento-exato-do-rompimento-da-barragem-da-vale-em-brumadinho/7347700/>. Acesso em: 05 dez. 2020.

G1 – Portal de Notícias. *Um ano após tragédia da Vale, dor e luta por justiça unem famílias de 259 mortos e 11 desaparecidos*. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2020/01/25/um-ano-apos-tragedia-da-vale-dor-e-luta-por-justica-unem-familias-de-259-mortos-e-11-desaparecidos.ghtml>. Acesso em: 06 nov.2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manual Técnico de Geomorfologia* (Série Manuais Técnicos em Geociências). Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Divisão de Minas e Geologia Aplicada. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo: IPT, 1981.

KNIGHT, M. J.; MITCHEL, A.W.; ROSE, J. Geomorphological Field Mapping. In: SMITH, M J.; PARON, P.; GRIFFITHS, J. *Geomorphological mapping: methods and applications*. Amsterdam: Elsevier, p. 151-188, 2011.

LIMA, E.L. O mito do “fator antrópico” no discurso ambiental geográfico. *Mercator*, Fortaleza, v. 14, n. 3, p. 109-122, 2015.

LUZ, M.L.; MARÇAL, M.S. A perspectiva geográfica do Antropoceno. *Revista de Geografia*, Recife, v. 33, n. 2, p.143-160, 2016.

MAB – MOVIMENTO DOS ATINGIDOS POR BARRAGENS. *A privatização mata*. Análise do MAB sobre o crime da Vale em Brumadinho/MG. Secretaria Nacional: São Paulo, 2019.

MARSH, G. P. *Man and nature: physical geography as modified by human action*. Nova York: Charles Scribner, 1864. 580 p.

MENDES, L. C.; FELIPPE, M.F. A geomorfologia do Tecnógeno e suas relações com o rompimento da barragem Fundão (Mariana, Minas Gerais). *Revista de Geografia-PPGEO-UFRJ*, Juiz de Fora, v. 6, n. 4, p. 353-362, 2016.

NEVES, M. C. L.; ROQUE, M.; FREITAS, A. A.; GARCIA, F. (Orgs.) *PRISMMA: pesquisa sobre a saúde mental das famílias atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão em Mariana*. Belo Horizonte: Corpus, 2018. 80p.

NICHO ENGENHEIROS CONSULTORES LTDA. *Relatório de Impacto Ambiental*. Projeto de Continuidade das Operações da Mina da Jangada de Córrego do Feijão. Municípios de Brumadinho e Sarzedo-Mg, 2017, 238 p.

NIR, D. *Man, a geomorphological agent: an introduction to Anthropic Geomorphology*. Boston, Jerusalem: D. Reidel Publishing Co., Keter Publishing, 1983. 165p.

OLIVEIRA, S.A. *Vulnerabilidade ambiental na “cidade do aço”*: a geotecnogênese na construção de paisagens de perigo no setor leste de Volta Redonda (RJ). 2017. 215 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PASCHOAL, L. J. *Estudo dos efeitos da criação de morfologias antropogênicas em área de mineração*. 2014, 177f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

PASCHOAL, L. G.; CUNHA, C. M. L.; CONCEIÇÃO, F. T. A Cartografia geomorfológica como subsídio para a análise do relevo antropogênico em área de mineração. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 13, n. 4, p. 379-391, 2013.

PASCHOAL, L. G.; RAMOS, A. M.; CUNHA, L. J. S. CUNHA, C. M. L. Estudos geomorfológicos em área de mineração em Portugal: cartografia geomorfológica para análise do impacto antrópico sobre o relevo. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 17, n. 1, p. 61-7, 2016.

PAULA, S. F.; CASTRO, P. T. A. Geomorfologia antropogênica em função da mineração de ouro no século XVIII: bases científicas e educativas na proposição de uma trilha geoturística urbana na sede no município de Ouro Preto (MG). *Revista Brasileira de Ecoturismo*, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 432-443, 2015.

PELOGGIA, A. U. G. O significado arqueológico dos depósitos tecnogênico-aluviais da bacia do rio Uma (Taubaté, SP). *Revista Arqueologia Pública*, Campinas, v. 9, n. 11, p. 207-219, 2015.

PELOGGIA, A. U. G.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, A. A. O.; SILVA, E. C. N.; NUNES, J. O. R. Technogenic geodiversity: a proposal on the classification of artificial ground. *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 5, n. 1, p. 28-40, 2014.

PEREIRA, L. F.; CRUZ, G. B.; GUIMARÃES, R. M. F. Impactos do rompimento da barragem de rejeitos de Brumadinho, Brasil: uma análise baseada nas mudanças de cobertura da terra. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, Pernambuco, v. 4, n. 2, p.122-129, 2019.

PORTO GONÇALVES, C.W. A ecologia política na América Latina: reapropriação social da natureza e reinvenção dos territórios. *Revista Internacional Interdisciplinar INTERthesis*, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 16-50, 2012.

QUEIROZ NETO, J.P. O estudo de formações superficiais no Brasil. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, v. 22, n. 1/2, p. 65-78, 2001.

REVISTA VEJA. Vídeos mostram rompimento da barragem de Brumadinho por diferentes ângulos. *Veja*, 2 fev. 2019. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/brasil/videos-mostram-rompimento-da-barragem-de-brumadinho-por-diferentes-angulos/>. Acesso em: 17 ago. 2020.

RICHARDS, A. Complexity in physical geography. *Geography*, v. 87, n. 2, p. 99-107, 2002. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/40573664>. Acesso em: 19 fev. 2020.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo da metrópole paulista. *Revista do Departamento de Geografia-USP*, São Paulo, v. 17, p. 101-111, 2005.

SALGADO, A. A. R.; NALINI, H. A. JR.; BRAUCHER, R.; VARAJÃO, A. F. D. C.; VARAJÃO, C. A. C. O papel da denudação geoquímica no processo de erosão diferencial no Quadrilátero Ferrífero/MG. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Brasília, v. 5, n. 1, p. 55-69, 2004.

SANTOS, M. *A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção*. São Paulo: Edusp, 2002.

SHERLOCK, R. L. *Man as a geological agent: an account of his action on inanimate nature*. Londres: High Holborn, 1922. 404 p.

SIMON, A. L. H.; CUNHA, C. M. L. Alterações geomorfológicas derivadas da intervenção de atividades antrópicas: análise temporal na bacia do arroio Santa Bárbara–Pelotas (RS). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Brasília, v. 9, n. 2, p. 29-38, 2008.

STEFFEN, W.; CRUTZEN, P.J.; MCNEILL, J.R. The Anthropocene are humans now overwhelming the great forces of nature. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, v. 36, n. 8, p. 614-621, 2007.

TER-STEPANIAN, G. Did the quinary start. In: INQUA CONGRESS, 11, 1983. *Resumos* [...]. Moscou, 1983. p. 260.

TRICART, J. *Principes et méthodes de la geomorphologie*. Paris: Masson, 1965.

VERSTAPPEN, H.T. Old and new trends in geomorphological and landform mapping. In: SMITH, M. J.; PARON, P.; GRIFFITHS, J. *Geomorphological mapping: methods and applications*, p. 13-38. Londres: Elsevier, 2011.

WOEIKOF, A. I. De l'influence de l'homme sur la terre. In: *Annales de Géographie*, t. 10, n. 51, p. 193-215, 1901.

ZHOURI, A.; VALENCIO, N.; OLIVEIRA, R.; ZUCARELLI, M.; LASCHEFSKI, K.; SANTOS, A. F. O desastre da Samarco e a política das afetações: classificações e ações que produzem o sofrimento social. *Ciência e Cultura*, Campinas, v. 68, n. 3, p. 36-40, 2016.

Recebido em: 25/09/2020 Aceito em: 01/11/2020