

NANCY AIDÉ CARDONA CASAS

**“RESISTIR E CONSTRUIR HISTÓRIA”: ETNOINDICADORES E INDICADORES
DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO
FUNDÃO EM AGROECOSSISTEMAS NA BACIA DO RIO DOCE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientadora: Irene Maria Cardoso

Coorientador: Raphael Bragança Fernandes

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

C268r
2024

Cardona Casas, Nancy Aidé, 1986-
"Resistir e construir história": etnoindicadores e indicadores
de avaliação dos impactos do rompimento da barragem do
Fundão em agroecossistemas na Bacia do Rio Doce / Nancy
Aidé Cardona Casas. – Viçosa, MG, 2024.
1 tese eletrônica (146 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Irene Maria Cardoso.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Solos, 2024.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.677>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Solos - Qualidade. 2. Sistemas agrícolas - Doce, Rio,
Bacia (MG e ES) - Avaliação de riscos. 3. Indicadores
ambientais. 4. Metais pesados. 5. Barragens de rejeitos.
I. Cardoso, Irene Maria, 1959-. II. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Solos. Programa de Pós-Graduação em
Solos e Nutrição de Plantas. III. Título.

CDD 22. ed. 631.498151

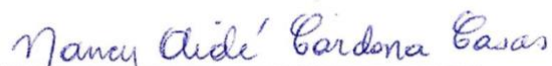
NANCY AIDÉ CARDONA CASAS

**“RESISTIR E CONSTRUIR HISTÓRIA”: ETNOINDICADORES E INDICADORES
DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO
FUNDÃO EM AGROECOSSISTEMAS NA BACIA DO RIO DOCE**

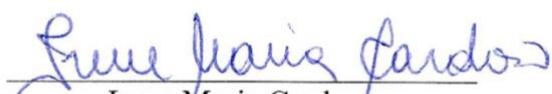
Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 9 de julho de 2024

Assentimento:



Nancy Aidé Cardona Casas
Autora



Irene Maria Cardoso
Orientadora

À minha mãe e a todas aquelas que vieram antes
de mim; à minha irmã, minhas primas e amigas;
a todas aquelas que me acompanham e me
fortalecem...

dedico

AGRADECIMENTOS

À Irene, minha orientadora, quem me incentivou fazer o doutorado e cujo comprometimento com essa pesquisa foi além de um compromisso comigo e com a UFV, pois doou seu tempo, energia, conhecimentos e experiência para os agricultores atingidos pelo rejeito da barragem de Fundão, para a Organização Cooperativa de Agroecologia e demais instituições e pessoas envolvidas com essa pesquisa, me dando dois grandes ensinamentos: o compromisso social e o trabalho em equipe.

Ao Raphael Bragança, meu coorientador, pelo compromisso com a gestão do projeto que financiou essa pesquisa e pela confiança depositada em mim para a execução do mesmo.

Às (os) cooperadas (os) da Organização Cooperativa de Agroecologia, por ser a ponte indispensável entre a universidade e as comunidades atingidas, por se comprometer com essa pesquisa e principalmente, pela amizade.

Às famílias atingidas pela barragem de Fundão pelo acolhimento, paciência, alegria e humildade para receber nossas visitas, nem sempre oportunas.

Às e aos estagiários Arthur Rosin, Thais de Jesus, Talita Guarçoni, Igor Alves, Gilberto Amador, Júlia Menezes, Wesley Cançado, Amanda Cruz, Almir Alcantara, pelo compromisso nos trabalhos de campo. Especialmente à Thais e à Talita, que acompanharam a pesquisa do início ao fim, por me ajudar no campo e no laboratório e sobretudo, pelo seu carinho com as famílias atingidas e comigo.

Às técnicas dos laboratórios de Espectrometria e de Rotina, Adriana Mendonça e Poliana Gonçalves, pelo forte apoio nos processos laboratoriais num momento muito especial do meu doutorado, a gravidez.

Às (os) técnicas (os) dos laboratórios de Matéria Orgânica, da Física e da Mineralogia do Departamento de Solos: Paloma de Souza, Cláudio Brustolini, Adriana Gomes e José Mauricio Lino, pela gentileza e disposição para colaborar em tudo o que precisei fazer nestes laboratórios.

Ao meu companheiro de vida, o Sebastián, por me encorajar nos momentos em que desacreditei da minha capacidade para fazer o doutorado e por cuidar de nosso filho para que eu conseguisse escrever essa tese.

À minha rede de apoio e grandes amigas do doutorado: Clara Ferrari, Naiara Figueiredo, Sara Brinatti, Maria Nascimento, Luana Figueiredo e Emmeline França, pela camaradagem nas aulas, nos campos, nos laboratórios, nas escritas e, é claro, nas festas.

À Paloma Dias, pela parceria na escrita e execução do projeto que financiou nossas pesquisas, mulher crucial para me encorajar a dar início aos trabalhos de campo.

Às (os) colegas da pós-graduação Fernanda Valente, Rafael Biscotto e Edvaldo Cardoso, por me orientar no trabalho com metais pesados e à Clara Baldi e o Cássio Moquedace, pela elaboração do mapa.

Ao professor André Carvalho pela paciência e dedicação nas orientações com as análises estatísticas.

À Carol e o Nayan da secretaria da pós-graduação, pela gestão ágil e gentileza comigo, pois facilitaram todos os processos burocráticos do princípio ao fim do doutorado.

Aos professores do curso de pós graduação em Solos e Nutrição de Plantas pela qualidade dos seus ensinamentos sobre o solo.

Ao Ministério Público do Trabalho pelo financiamento do projeto que fez possível essa pesquisa, intitulado *Osum e Nanã vilipendiados por Ogum: monitoramento participativo da bacia do rio Doce*, com recursos originários da multa aplicada à Samarco Mineradora S.A., decorrentes do Procedimento Judicial No 004937.2019.03.000/7 do Ministério Público do Trabalho com jurisdição na Vara da Justiça do Trabalho de Ouro Preto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES). O presente trabalho foi realizado com apoio da CAPES - Código de Financiamento 001.

BIOGRAFIA

NANCY AIDÉ CARDONA CASAS, nasceu em 4 de setembro de 1986 na cidade de Medellín, Colômbia. Em 2010 finalizou seu curso de *Ingeniería Agronómica* na *Universidad Nacional de Colombia*. Após finalizar seus estudos trabalhou com fruticultura, onde ficou encarregada pela produção e posteriormente pela vigilância de pragas quarentenárias. Os contínuos problemas socioambientais decorrentes do controle de pragas e doenças por meio do uso de agrotóxicos a levaram a procurar outras formas de produção. Nessa busca, a leitura do livro “Ecologia do Solo”, da Ana Primavesi, a fez refletir sobre a importância que tem a saúde do solo para a saúde da planta. Com isso, empreendeu viagem para o Brasil para aprimorar seus conhecimentos sobre o solo. Procurando um (a) professor (a) que trabalhasse com solos, agricultura familiar e agroecologia encontrou a professora Irene Maria Cardoso com quem realizou suas pesquisas de mestrado e doutorado, obtendo o título de Magister Scientiae em Solos e Nutrição de Plantas em 2019 e submetendo-se à defesa de doutorado em julho de 2024, no mesmo programa.

-“*E estes campos, tradicionalmente vossos, foram-vos retirados?*”

- Foram. Nós só ficamos com o descampado.

- *E agora?*

- Agora somos descamponeses.

- *E bichos, ainda há aqui bichos?*

- Agora, aqui só há inorganismos. Só mais lá, no mato, é que ainda abundam”.

(Mia Couto)

RESUMO

CARDONA CASAS, Nancy Aidé, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2024. **“Resistir e construir história”**: etnoindicadores e indicadores de avaliação dos impactos do rompimento da barragem do Fundão em agroecossistemas na bacia do rio Doce. Orientadora: Irene Maria Cardoso. Coorientador: Raphael Bragança Fernandes.

Na bacia do rio Doce, o rompimento da barragem de Fundão, de responsabilidade da Samarco/Vale/BHP Billiton, foi considerado um dos maiores desastres ecológicos da história no mundo, em termos de magnitude e abrangência socioambiental. Para mitigar os problemas causados pelo rompimento, cientistas e técnicos de diversas instituições têm realizado vários estudos e proposto diversas ações. Entretanto, o conhecimento das pessoas atingidas sobre o problema não é considerado na busca de soluções e elas continuam inseguras sobre o consumo de alimentos produzidos em seus agroecossistemas, localizados nas várzeas impactadas. A compreensão e a busca de soluções para problemas ambientais requerem também o olhar e conhecimento dos sujeitos que convivem com eles. Os etnoindicadores do ambiente, elaborados a partir do conhecimento destes sujeitos, são sensíveis para avaliar as mudanças ambientais e quando integrados aos conhecimentos acadêmicos permitem avaliações e compreensões úteis para a tomada de decisões estratégicas de mitigação de problemas ambientais, tais como os provocados pelo rompimento de barragens de rejeito. O objetivo geral dessa pesquisa foi avaliar coletivamente o risco ambiental nos agroecossistemas atingidos pelo rejeito decorrente do rompimento da barragem de Fundão e instrumentalizar as famílias para que elas mesmas pudessem tomar decisões sobre o consumo de alimentos cultivados em agroecossistemas impactados. Para tanto, valeu-se da abordagem teórico metodológica da pesquisa-ação e utilizou-se de métodos oriundos das ciências ambientais e sociais. Entrevistas semiestruturadas e caminhadas transversais permitiram identificar trinta e dois etnoindicadores de alterações ambientais. O solo apresentou o maior número de etnoindicadores associados e o etnoindicador diversidade de peixes a maior frequência. A produtividade, o desenvolvimento das plantas e a diversidade de peixes foram considerados os indicadores mais sensíveis de avaliação dos impactos, pois integram outros indicadores associados ao solo e à água e estão vinculados à sobrevivência das pessoas em seus territórios. Os etnoindicadores devem ser considerados na tomada de decisão sobre o consumo de alimentos e as medidas mitigadoras em territórios impactados pelo rejeito de barragens ou outros desastres ambientais. Entretanto, eles podem e devem ser complementados com outros indicadores. Para isto o conteúdo de elementos

potencialmente tóxicos em solo e plantas foi avaliado. As análises de laboratório permitiram comprovar a presença de arsênio, bário, cobalto, cromo, cobre, níquel, chumbo, vanádio, zinco, em solos e de bário, cobre, níquel e zinco em raízes de mandioca, tanto nas áreas impactadas como nas áreas não impactadas pelo rejeito. Embora os teores encontrados não tenham superado o valor máximo permitido pelas leis brasileiras, os valores de referência mostram-se limitados para avaliar o risco à saúde humana e a qualidade dos solos em áreas contaminadas. Além disso, mesmo com baixos teores, a presença de elementos potencialmente tóxicos nos solos impactados pode ser problemática por causa do baixo teor de matéria orgânica, à maior proporção de silte, à falta de estrutura e organismos destes solos. Devido a perda de qualidade física, química e biológica, no solo com rejeito menos (teores de elementos) pode ser mais (tóxico), enquanto no solo não impactado mais (teores de elementos) pode ser menos (tóxico). Os indicadores químicos avaliados e os etnoindicadores identificados foram colocados em diálogo por meio de cinco intercâmbios agroecológicos. Os intercâmbios, articulados com um processo de ATER (assessoria técnica e extensão rural) agroecológica, contribuíram com o processo de pesquisa-ação na medida que permitiram a construção de conhecimento útil para as pessoas atingidas tomarem decisões sobre o manejo dos seus solos, sobre sua alimentação e sobre sua permanência no território. A indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão promovida pelos intercâmbios permitiu a realização de uma pesquisa contextualizada, a superação das limitações dos prazos de execução de projetos institucionais e a elaboração de novas questões de pesquisa, gerando um novo ciclo de ação reflexão. O conhecimento dos agroecossistemas, aprimorado com o tempo, permite que as famílias das comunidades atingidas pelo desastre de Fundão identifiquem com precisão as mudanças ambientais ocorridas com o desastre. Desconsiderar esse conhecimento e analisar a problemática ambiental utilizando apenas os conhecimentos técnicos e acadêmicos leva à implementação de medidas não efetivas que podem, em algumas situações, piorar a qualidade dos ambientes impactados, em geral, e dos solos de forma particular, e que prejudicam novamente às vítimas. Houve perda de qualidade dos solos impactados e sua recuperação deve ser promovida e monitorada continuamente, utilizando o arcabouço metodológico da pesquisa-ação e indicadores químicos, físicos, biológicos e etnoindicadores. Com os diálogos promovidos durante os intercâmbios, as pessoas atingidas ficaram mais à vontade para decidir se podem ou não se alimentar dos produtos cultivados nos solos impactados.

Palavras-chave: Conhecimento ecológico tradicional. Extensão universitária. Metais pesados. Metodologias participativas. Qualidade do solo.

ABSTRACT

CARDONA CASAS, Nancy Aidé, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2024. **“Resisting and building history”: ethnoindicators and indicators for evaluating the impacts of the Fundão dam collapse on agroecosystems in the Doce river basin.** Adviser: Irene Maria Cardoso. Co-adviser: Raphael Bragança Fernandes.

In the Doce River basin, the collapse of the Fundão dam, owned by Samarco/Vale/BHP Billiton, was considered one of the biggest ecological disasters in the world in terms of magnitude and socio-environmental scope. In order to mitigate the problems caused by the collapse, scientists and technicians from various institutions have carried out several studies and proposed various actions. However, the valuable knowledge of the problem by the affected people is not considered in the search for solutions and the people remain uncertain about the consumption of food produced in their agro-ecosystems, located in the impacted floodplains. Understanding and finding solutions to environmental problems requires the views and knowledge of the people who face them. Environmental ethno-indicators, based on knowledge of the people, are sensitive for evaluating environmental changes and when integrated with scientific knowledge, they allow useful assessments and understandings for making strategic decisions to mitigate environmental problems, such as those caused by the disruption of tailing dams. The overall aim of this research was to collectively assess the environmental risk in the agro-ecosystems affected by the tailings from the Fundão dam collapse and to instrumentalize the families with the information to take decisions about the consumption of food cultivated in the affected agro-ecosystems. The theoretical-methodological approach of action research was employed, using methodologies from the environmental and social sciences. Semi-structured interviews and cross-country walks enabled the identification of thirty-two ethno-indicators of environmental change. Soil had the highest number of associated ethno-indicators and the fish diversity ethno-indicator had the highest frequency. Productivity, plant development and fish diversity were considered the most sensitive indicators for assessing impacts, as they integrate other indicators associated with soil and water and are linked to the people's survival in their territories. Ethno-indicators should be taken into account when making decisions about food consumption and mitigation measures in areas affected by dam tailings or other environmental disasters. However, they can and should be complemented with other indicators. For this, the content of potentially toxic elements in soil and plants was evaluated. Laboratory analysis revealed the presence of arsenic, barium, cobalt, chromium, copper, nickel, lead, vanadium and zinc in soils

and barium, copper, nickel and zinc in cassava roots, both in the areas impacted and not impacted by the tailings. Although the levels found did not exceed the limit value above which there is a risk to human health according to Brazilian legislation, the quality reference values in the legislation on contaminated areas are limited for the assessment of the quality of the soils impacted by the tailings. Furthermore, even at low levels, the presence of potentially toxic elements in impacted soils can be problematic due to the low organic matter content, the higher proportion of silt, and the lack of structure and organisms in these soils. Due to the loss of physical, chemical and biological quality in soil with tailings less (element contents) can be more (toxic), while in non-impacted soil more (element contents) can be less (toxic). The chemical indicators evaluated and the ethno-indicators identified were integrated through five agro-ecological exchange meetings, called *intercâmbios* that use specific methodology. These *intercâmbios*, which were articulated with a process of agroecological technical assistance and rural extension, contributed to the process of action research insofar as they allowed the construction of useful knowledge for the people affected to make decisions about the management of their soils, their food, and their permanence in the territory. The inseparability between teaching, research, and extension promoted by the *intercâmbios* enabled conducting contextualized research, to overcome the limitations of institutional time and new research questions to be formulated, thereby initiating a new cycle of action and reflection. The knowledge of agro-ecosystems, which has improved over time, allows the families of the communities affected by the Fundão disaster to accurately identify the environmental changes that occurred after the arrival of the tailings. Disregarding this knowledge and analyzing the environmental problem using only technical and academic knowledge leads to the implementation of ineffective measures which can, in some situations, worsen the quality of the impacted environments in general and the soils in particular, and which again harm the victims. There was a loss of quality of the impacted soils and its recovery should be promoted and monitored continuously, using the methodological framework of action research and chemical, physical, biological and ethno-indicators. With the dialogues promoted during the *intercâmbios*, the affected people were more comfortable in deciding whether or not they can eat the products grown in the impacted soils.

Keywords: Heavy metals. Participatory methodologies. Soil quality. Traditional ecological knowledge. University extension.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO GERAL.....	14
1.1.	Avaliação do risco ambiental na bacia do rio Doce	15
1.2.	Indicadores biológicos do risco ambiental	16
1.3.	Os desafios ambientais e a participação das comunidades locais	17
1.4.	Pesquisa contextualizada	19
1.5.	Organização da tese	21
1.6.	Referências	22
2.	CAPÍTULO 1. ETNOINDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL: A IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO LOCAL NA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DOS REJEITOS DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO (BACIA DO RIO DOCE) 24	
2.1.	Introdução	26
2.2.	Material e Método	28
2.2.1.	Área de estudo	28
2.2.2.	Coleta de dados.....	29
2.2.3.	Análises de dados	31
2.3.	Resultados e Discussão.....	31
2.3.1.	Modos de vida, rupturas e continuidades	31
2.3.2.	Indicadores de mudança ambiental.....	36
2.3.3.	Perspectiva de mudança do agroecossistema	49
2.4.	Conclusões.....	52
2.5.	Referências	54
3.	CAPÍTULO 2. ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS EM SOLO E PLANTA AFETADOS PELO REJEITO APÓS O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO FUNDÃO (BACIA DO RIO DOCE).....	59
3.1.	Introdução	61
3.2.	Material e Método	63
3.2.1.	Área de estudo	63
3.2.2.	Amostragem do solo.....	65
3.2.3.	Amostragem de raízes de mandioca	67
3.2.4.	Métodos analíticos	68
3.2.5.	Análises estatísticas	70
3.3.	Resultados.....	71
3.3.1.	Caracterização química e granulometria dos solos.....	71
3.3.2.	Elementos potencialmente tóxicos no solo.....	72

3.3.3.	Elementos potencialmente tóxicos em mandioca	75
3.4.	Discussão	79
3.4.1.	Caracterização química e granulometria dos solos.....	79
3.4.2.	Elementos potencialmente tóxicos no solo.....	80
3.4.3.	Elementos potencialmente tóxicos nos solos das unidades familiares	84
3.4.4.	Elementos potencialmente tóxicos nas raízes de mandioca	85
3.5.	Conclusões.....	86
3.6.	Referências	88
4.	CAPÍTULO 3. INTERCÂMBIOS AGROECOLÓGICOS COMO INSTRUMENTO METODOLÓGICO DE PESQUISA-AÇÃO.....	93
4.1.	Introdução.....	95
4.2.	Material e Método	98
4.2.1.	Realização dos intercâmbios	98
4.2.2.	Os intercâmbios agroecológicos	102
4.2.3.	Análises de conteúdos	111
4.3.	Resultados e Discussão.....	113
4.3.1.	Mística	113
4.3.2.	História da família e apresentações dos participantes	115
4.3.3.	Observações dos agroecossistemas, IAPs e círculos de cultura	119
4.3.4.	Círculo de Encerramento	130
4.3.5.	Percepção da OCA.....	133
4.4.	Conclusões.....	136
4.5.	Referências	138
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	141
	APÊNDICES	144

1. INTRODUÇÃO GERAL

O rompimento de barragens de rejeitos de mineração tem ocasionado problemas socioambientais em todo o mundo. Entre os anos 1970 e 2000, aproximadamente 75% dos principais acidentes ambientais relacionados à mineração foram ocasionados pelo rompimento de barragens de rejeitos com, em média, um acidente grave por ano (MMSD, 2002).

África do Sul, Brasil, Espanha, Romênia, Canadá, Estados Unidos e Hungria estão entre os países que sofreram com rompimentos de barragens nos últimos 30 anos. No Brasil, nesse período, várias barragens se romperam. Em 1996, o rompimento de uma barragem com resíduos da produção de lingotes de Zinco (Zn), na Baía de Sepetiba (RJ), poluiu baías e manguezais com Zn e Cádmio (Cd); em 2015, o rompimento da barragem de Fundão liberou rejeitos de minério de ferro na bacia do rio Doce e; em 2019, outra barragem se rompeu e também liberou rejeitos de minério de ferro, em Brumadinho, na bacia do Rio São Francisco (Lima *et al.* 2020).

Na bacia do rio Doce, o rompimento da barragem de Fundão foi considerado um dos maiores desastres ecológicos da história no mundo, em termos de magnitude e abrangência socioambiental. O rompimento liberou ao ambiente um volume aproximado de 40 milhões de m³ de rejeitos e impactou o rio Doce e importantes afluentes de sua cabeceira, totalizando 663,2 km de curso de água impactados, 39 municípios afetados, 19 mortos, três desaparecidos e mais de 600 pessoas sem suas habitações (Melo *et al.*, 2020)

Em dois de março de 2016, um acordo foi firmado entre a Vale S.A. (Vale), BHP Billiton Brasil Ltda., o Governo Federal do Brasil e os Governos dos Estados do Espírito Santo e Minas Gerais. Esse acordo indicou três entidades para lidar com as questões relacionadas à recuperação do rio: um órgão regulador denominado Comitê Interfederativo (CIF), composto por membros do nível Federal, Estadual e Municipal; uma fundação intitulada Fundação Renova; e vários conselhos técnicos (Lima *et al.*, 2020).

A Fundação Renova é resultado de um compromisso jurídico chamado Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC) assinado entre a Samarco S.A., a Vale S.A e a BHP Billiton Brasil Ltda., empresas responsáveis pelo rompimento, e o Governo Federal do Brasil, os Estados do Espírito Santo e Minas Gerais. Assim, a Fundação ficou responsável pela gestão de um fundo de restauração de US\$ 6,3 bilhões e por desenvolver, propor, viabilizar e implementar planos, programas e projetos que atendam às prioridades ambientais (Lima *et al.* 2020)

Apesar desse acordo de recuperação da bacia do rio Doce e após oito anos do desastre, alguns atingidos/as ainda não possuem segurança sobre a produção e o consumo de alimentos

produzidos em seus quintais, localizados nas várzeas afetadas pelo rejeito e sobre o manejo das culturas nelas plantadas. Tentativas de respostas aos questionamentos dos/as atingidos/as têm sido procuradas desde que ocorreu o desastre, utilizando, dentre outros instrumentos, a avaliação do risco ambiental.

1.1. Avaliação do risco ambiental na bacia do rio Doce

Após o rompimento da barragem, estudos comparativos entre solos afetados e não afetados pelo rejeito têm sido realizados para avaliar os níveis de metais tóxicos presentes na bacia do rio Doce.

Dezenove dias após o rompimento da barragem amostras de solo e rejeito foram coletadas em 60 pontos sobre a planície de inundação, para avaliar elementos potencialmente tóxicos. Este estudo indicou enriquecimento notável de arsênio (As) e manganês (Mn) em algumas amostras de rejeito e de solos afetados pelo material depositado. No entanto, esse enriquecimento não foi considerado perigoso porque a fração móvel de As foi 100 vezes menor do que os valores de referência para água potável (Guerra *et al.* 2017). Outro estudo encontrou níveis anômalos de As em solos não afetados pelo rejeito e em algumas amostras de rejeito, porém, mais de 70% do elemento foi encontrado na fração residual do solo, considerado como de baixo risco de mobilização no ambiente. No entanto, na avaliação de risco à saúde humana associada à ingestão deste elemento, os autores mostraram que o risco carcinogênico foi superior ao valor aceitável, para alguns dos afetados e para a maior parte dos solos não afetados pelo rejeito (Dávila *et al.* 2020).

Para alguns autores a presença de metais pesados no solo da região é consequência da natureza litológica e do histórico de mineração da região (Hatje *et al.*, 2017; Deschamps *et al.* 2002) e não como uma consequência rompimento da barragem. A presença de elementos tóxicos no rejeito, portanto, foi ocasionada pela dinâmica do rio. Em seu fluxo através do rio, o rejeito é misturado com o material do fundo (sedimento), que contém os elementos tóxicos. Esta mistura não é homogênea e ocasionou as diferenças à medida que o rejeito se depositou às margens do rio (Guerra *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2018; Davila *et al.*, 2020).

Mesmo quando algum nível de contaminação no rejeito foi encontrado, os autores concluíram que os metais encontrados apresentaram baixo risco de mobilidade para o ambiente. Isto significa dizer que o rejeito não se comporta como uma bomba relógio, ou seja, não irá, com o tempo, disponibilizar metais pesados para o ambiente (Davila *et al.*, 2020).

Entretanto, outros estudos divergem em suas conclusões destas que reduzem os riscos. Estudos comparativos foram realizados com amostras coletadas às margens do rio Carmo sete

meses antes e seis meses após o desastre para analisar elementos traço inicialmente nos sedimentos aluviais e posteriormente nos mesmos sedimentos misturados ao rejeito. Nestas pesquisas, os autores concluíram que as concentrações dos seguintes elementos potencialmente tóxicos aumentaram nos sedimentos aluviais afetados pelo rejeito: arsênio (As, 20%), cádmio (Cd, 13%), cobalto (Co, 5%), cromo (Cr, 9%), cobre (Cu, 11%), níquel (Ni, 4%), chumbo (Pb, 7 %) e zinco (Zn, 19%). Esse aumento foi nas frações consideradas disponíveis, o que é indicativo de alto risco ecotoxicológico e potenciais danos à saúde da população local (Silva *et al.*, 2018).

1.2. Indicadores biológicos do risco ambiental

Diante de resultados controversos, novos estudos são necessários. Além disto, conhecer o conteúdo de metais no solo e as frações nas quais os metais se encontram embora importante não é suficiente. Para avaliar o risco ambiental, é preciso saber se as plantas conseguem absorver ou não esses metais, o que pode ser feito através de estudos sobre bioacumulação e translocação dos elementos nas plantas. Folhas, caules e raízes de *Brachiaria decumbens*, *Stylosanthes guianensis* e *Saccharum officinarum* apresentaram maiores teores de Fe, Mn, Cu e Cr em áreas afetadas pelo rejeito do que em áreas não afetadas (Coelho *et al.*, 2020). A análise de elementos potencialmente tóxicos em plantas forrageiras é importante devido à grande extensão de pastagens da região impactada pelo desastre. Entretanto a avaliação de plantas cultivadas nos quintais é imprescindível, pois elas são componentes da segurança alimentar de muitas famílias e, portanto, consumidas de maneira direta e permanente pela população atingida.

A concentração de Fe foi avaliada em frutos de mamão, manga, banana e goiaba, bem como no colmo de cana de açúcar e nas sementes de milho, sem se encontrar diferença significativa entre áreas afetadas e não afetadas pelo rejeito. No entanto, em todas as espécies analisadas as concentrações médias de Fe foram superiores à Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Ferreira, 2020). Destas plantas são consumidas apenas órgãos em partes aéreas. Entretanto, plantas importantes para a segurança e soberania alimentar das famílias cujas partes comestíveis são subterrâneas, a exemplo da mandioca, ainda não foram analisadas, até onde se tem conhecimento.

A relação solo e planta é mediada pelos organismos do solo e se a contaminação por metais pesados afeta estes organismos, as plantas também serão afetadas. Portanto, o impacto do rejeito na microbiota e a fauna do solo é também um indicador da perturbação ambiental ocasionada pelo rejeito e, conseqüentemente, de potenciais problemas para a saúde humana.

Dentre os organismos do solo, destacam-se os artrópodes e anelídeos como sensíveis às mudanças nas concentrações dos metais pesados. Uma avaliação ecotoxicológica mostrou tendência de bioacumulação dos metais Fe, Mn, Al, Zn, Ni, Cu, Co, Ba, Cr, V no tecido de minhocas da espécie *Pontoscolex corethrurus* criadas em ambientes com doses crescentes de rejeito. Nos tratamentos com maiores doses de rejeito observou-se também enovelamento e alteração da mucosidade das minhocas, que são indicadores de estresse (Paula, 2018). Apesar dos efeitos negativos para as minhocas, os teores de metais no rejeito utilizado no experimento não superavam os limites de prevenção estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente na Resolução 420/2009, que dispõe sobre os critérios e os valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas (Conama, 2009). Tais resultados indicam que os organismos podem apresentar sensibilidade aos elementos químicos mesmo que o rejeito apresente teores de elementos no solo abaixo dos limites determinados pela resolução CONAMA (2009).

1.3. Os desafios ambientais e a participação das comunidades locais

Portanto, não há uma resposta única e conclusiva sobre o efeito do rejeito no ambiente e na saúde dos atingidos. Em consequência, não há certeza sobre a inocuidade do consumo de alimentos produzidos nos quintais da região, atingidos ou não pelo rejeito do rompimento da barragem do Fundão. As análises ambientais realizadas por pesquisadores por si só não conseguem responder à complexidade do problema nas áreas atingidas e precisam também considerar a participação das pessoas atingidas. A discussão de problemas ambientais requer também o olhar e o sentir dos sujeitos que convivem com ele.

No entanto, nos processos de reparação de danos ocasionados por desastres é recorrente a pouca participação dos/as atingidos/as na hora de avaliação dos problemas e de tomadas de decisões. Alguns autores apontam que, no caso do desastre do rio Doce, o TTAC que busca a reparação dos danos não teve a participação das populações atingidas (Medeiros, 2016). Ainda que algumas cláusulas do acordo mencionassem o envolvimento das comunidades nas discussões, não foram definidos parâmetros para esta participação (Zonta e Trocate, 2016). Da mesma forma, uma análise do envolvimento dos diferentes atores na tomada de decisão sobre as ações pós-desastre mostra que “o grupo mais impactado e influenciado pelo desastre, as comunidades locais, têm a menor influência no novo sistema de governança” (Lima *et al.*, 2020, p.719).

As comunidades locais conhecem seus ambientes e são capazes não apenas de identificar e caracterizar tais problemas (Barrera-Bassol e Zinck, 2003), mas também de apontar soluções

para eles. Os fenômenos naturais são desafios de ordem cultural, pois ao interagir com o mundo natural o ser humano o faz cultural. As respostas culturais que os camponeses dão a esses desafios não podem ser substituídas pelas respostas científicas, também culturais, mas a partir da compreensão dos cientistas (Freire, 1983).

Entretanto, apesar das comunidades atingidas pelo rejeito serem conhecedoras de seus ambientes, o rejeito é um elemento desconhecido que apresenta novos desafios. Assim, a percepção sobre o efeito deste resíduo na sua saúde e na qualidade do ambiente precisa ser aprofundada. O conhecimento local é baseado em circunstâncias particulares, e assim como o conhecimento científico, possui lacunas. As lacunas presentes em um tipo de sistema de conhecimento podem ser complementadas por outros sistemas de conhecimento (Barrios *et al.*, 2006). Assim a interação do conhecimento popular com outros sistemas de conhecimento, a exemplo do científico, pode ajudar a lidar com ambientes dinâmicos e desconhecidos. Portanto, o diálogo do conhecimento científico e a sabedoria local pode apontar as respostas aos novos desafios.

Este diálogo pode propiciar uma melhor compreensão do “novo ambiente” criado a partir do rompimento da barragem, disponibilizar instrumentos e desencadear processos para a tomada de decisões a respeito do problema. A melhor compreensão, entendimento e apropriação da problemática com a que as pessoas atingidas se deparam, pode facilitar sua participação ativa nos processos de tomada de decisões ao nível dos seus quintais, assim como ao nível da bacia hidrográfica do rio Doce e na exigência de justiça ante os órgãos públicos e entidades responsáveis pelo desastre e sua reparação.

Em comunidades rurais, o diálogo entre saberes acadêmicos e populares permitiu a identificação de etnoindicadores e a elaboração de uma chave de identificação de ambientes, úteis na tomada de decisões sobre uso e manejo do solo. O processo de diálogo permitiu que os/as agricultores/as aperfeiçoassem sua capacidade de observação, monitoramento e avaliação de seus ambientes e que restabelecessem a confiança em seus próprios conhecimentos (Calixto, 2015).

De modo semelhante, a partir do diálogo entre sistemas diferentes de conhecimento, famílias de assentamento da reforma agrária apontaram caminhos para a prevenção e mitigação de erosão e a formação de voçorocas, um problema ambiental com o qual nem todos tinham familiaridade, já que muitos eram moradores recentes da região. Um processo de pesquisa-ação permitiu que os assentados, oriundos de outras regiões, pudessem confrontar a nova realidade ambiental com àquelas de suas regiões de origem, o que contribuiu para a elaboração de um

novo conhecimento, útil no entendimento e busca de soluções para o desafio ambiental colocado (Mancio, 2013; Deliberali, 2013).

Esses estudos contribuíram para incidir sobre a transformação das paisagens locais por utilizarem os princípios da pesquisa-ação. Essa abordagem metodológica, entendida como um ciclo contínuo de ação e reflexão, reconhece o direito e a capacidade das pessoas para tomar decisões sobre questões que as afetam (Reason e Bradbury, 2008), potencializa sua capacidade habitual de aprender com a experiência (Tripp, 2005) e possibilita a superação de uma situação-problema que gera sofrimento e suas implicações (Melo *et al.*, 2016).

Entre os princípios da pesquisa-ação encontram-se: i) a construção de um conhecimento útil para as pessoas em situações de exploração, opressão e submissão; ii) o uso de técnicas que facilitam a construção coletiva do conhecimento e seu compartilhamento de forma sistemática e de fácil compreensão; iii) a articulação entre o conhecimento acadêmico e a sabedoria e experiências populares e; iv) um conhecimento ou ciência centrado nas realidades, contextos e problemas próprios da região (Borda, 2008). A pesquisa-ação é uma pesquisa contextualizada.

1.4. Pesquisa contextualizada

Essa pesquisa surgiu no contexto do impacto do rompimento da barragem de Fundão sobre os agroecossistemas de famílias agricultoras e da necessidade expressa por essas famílias de compreender a qualidade do seu ambiente impactado, a fim de tomar decisões sobre o consumo de alimentos produzidos nas áreas impactadas e de entender as repercussões sobre sua saúde.

A convergência de três iniciativas permitiu o desenvolvimento da pesquisa. Essas iniciativas se desenvolveram mais ou menos na mesma época e se entrelaçaram ao longo do tempo. A primeira iniciativa foi da Organização Cooperativa Agroecológica (OCA). Em 2019, a OCA iniciou a assessoria técnica agroecológica às famílias de cinco municípios atingidos pelos rejeitos da barragem de Fundão (Barra Longa, Mariana, Santa Cruz do Escalvado, Rio Doce e Ponte Nova).

A segunda iniciativa foi o lançamento, em 2020, do edital para quatro universidades da região de Mariana (UFMG, UFOP, UFV e IFMG) para a realização de projetos interinstitucionais de extensão em interface com a pesquisa para promoção dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) e enfrentamento à pandemia da covid-19. Os recursos foram provenientes de multa aplicada à Samarco Mineradora S.A., decorrentes do Procedimento Judicial No 004937.2019.03.000/7 do Ministério Público do Trabalho com

jurisdição na Vara da Justiça do Trabalho de Ouro Preto. Para concorrer ao edital, foi elaborado e aprovado o projeto “Osum e Nanã vilipendiadas por Ogum: monitoramento participativo de agroecossistemas na bacia do rio Doce”. O projeto foi proposto pela UFV em parceria com a Organização Cooperativa Agroecológica (OCA) e a Universidade Federal de Ouro Preto. O nome do projeto foi inspirado numa lenda Yoruba africana segundo a qual houve uma disputa entre os orixás Nanã e Ogum. Nanã, orixá da vida e da morte relaciona-se com a lama, Ogum, orixá da agricultura, relaciona-se com o minério de ferro e Osum, orixá das águas doces, relaciona-se com o rio. Ogum considerava-se indispensável para todas as coisas, mas Nanã afirmava que ela poderia prescindir dele para fazer tudo, pelo que Ogum a ameaçou. Esta disputa se assemelha à que ocorreu no território das águas de Osum, o Rio Doce.

A terceira iniciativa foi a articulação do Projeto Osum e Nanã a dois projetos de pesquisa, um de mestrado e outro de doutorado da UFV. Ambos tinham como objetivo comum identificar os etnoindicadores de monitoramento ambiental no território atingido e realizar análises químicas para avaliar a concentração de elementos potencialmente tóxicos. A pesquisa de mestrado se ocupou da avaliação de água e peixes e teve por título “Saberes do rio Gualaxo do Norte: Etnoindicadores e ecotoxicologia para monitoramento ambiental” (Diaz, 2022) e a pesquisa de doutorado se ocupou da avaliação dos solos e das plantas (Capítulos 1 e 2 desta tese).

O primeiro momento de convergência desses projetos foi um seminário interno realizado pela OCA em outubro de 2020 para avaliar sua atuação no território e planejar suas ações, de maneira mais acorde com a realidade observada em campo. Uma questão que foi salientada pelos técnicos durante o seminário foi a vontade manifestada pelas famílias atingidas de saber se podiam ou não comer os alimentos que plantavam no rejeito e os peixes do rio das áreas impactadas. Professores da UFV presentes no seminário problematizaram o questionamento afirmando que a resposta não dependia apenas dos técnicos da OCA e das pesquisas realizadas nas universidades, mas de um processo coletivo de monitoramento em conjunto com as famílias atingidas. Dessa forma foi criado o Grupo de Trabalho (GT) Nanã, como forma de se referir simbolicamente e ressignificar a “lama” do rompimento da barragem. Uma das cooperadas se disponibilizou a realizar um processo de pesquisa-ação, como parte do seu doutorado na UFV, para contribuir com a resposta ao questionamento das pessoas atingidas. A aprovação do projeto pelo Ministério Público do Trabalho facilitou a realização da proposta de pesquisa-ação.

O objetivo geral dessa pesquisa foi avaliar coletivamente o risco ambiental nos agroecossistemas atingidos pelo rejeito decorrente do rompimento da barragem de Fundão e

instrumentalizar as famílias para que elas mesmas pudessem tomar decisões sobre o consumo das plantas de seus agroecossistemas impactados. Essa pesquisa foi realizada de forma participativa e foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Viçosa (Parecer 4.943.001/2021).

1.5.Organização da tese

Além desta introdução geral e das considerações finais, a tese está estruturada em três capítulos. O capítulo um teve como objetivo identificar os etnoindicadores de mudança ambiental utilizados pelos (as) agricultores (as), com potencial de uso no monitoramento e avaliação da qualidade ambiental dos agroecossistemas atingidos pelo rejeito do rompimento de barragem de mineração. O capítulo dois objetivou avaliar o impacto de rejeitos de mineração na qualidade ambiental por meio da análise da presença de elementos potencialmente tóxicos nos solos e em raízes de mandioca. O capítulo três objetivou avaliar a contribuição dos intercâmbios agroecológicos com o processo de pesquisa-ação realizado com as famílias atingidas pelos rejeitos da barragem de Fundão.

1.6.Referências

BARRERA-BASSOLS, N., ZINCK, J.A. Ethnopedology: a worldwide view on the soil knowledge of local people. **Geoderma** 111, 171–195. 2003.

BARRIOS, E. A, DELVE, R.J., BEKUNDA M., MOWO, J., AGUNDA J., E., RAMISCH, J., TREJO, M. T., THOMAS, R.J. Indicators of soil quality: A South–South development of a methodological guide for linking local and technical knowledge. **Geoderma** 135, 248–259. 2006.

BORDA, O. F. **El socialismo raizal y la Gran Colombia bolivariana: Investigación Acción Participativa**. Fundación Editorial el perro y la rana. Caracas, 2008. 116 p.

CALIXTO, J. S. **De palmo em palmo a terra muda de jeito: diálogos sobre qualidade do solo**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos e Nutrição de Plantas. 158 f. 2015.

COELHO, D. G., MARINATO, C. S., MATOS, L. P. DE, ANDRADE, H. M. DE, SILVA, V. M. DA, NEVES, P.H. S., OLIVEIRA, J. A. DE. Evaluation of Metals in Soil and Tissues of Economic Interest Plants Grown in Sites Affected by the Fundão Dam Failure in Mariana, Brazil. **Integrated Environmental Assessment and Management**. Volume 16, Number 5, pp. 596–607, 2020. DOI 10.1002/ieam.4253

CONAMA. **Resolução no 420, de 28 de dezembro de 2009**. Publicado no DOU no 249, de 30/12/2009, pag. 81-84. 2009.

DAVILA, R.B., FONTES, M. P. F., PACHECO, A. A., FERREIRA, M. DA S. Heavy metals in iron ore tailings and floodplain soils affected by the Samarco dam collapse in Brazil. **Science of the Total Environment** 709. 2020. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.136151

DELIBERALI, D. **Percepção ambiental, uso da terra e processos erosivos em um assentamento de reforma agrária**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos e Nutrição de Plantas. 137 f. 2013.

DESCHAMPS, E., CIMINELLI, V. S. T., LANGE, F. T., MATSCHULLAT, J., RAUE, B., SCHMID, H. Soil and Sediment Geochemistry of the Iron Quadrangle, Brazil: The Case of Arsenic. **J Soils & Sediments** 2 (4) 216 – 222, 2002.

FREIRE, P. **Extensão ou Comunicação?** 8. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1983. 127 p

FERREIRA, D. A. Avaliação de metais em plantas cultivadas nos solos impactados pelo rejeito de minério de ferro da Barragem de Fundão. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Biomas Tropicais, 72 f. 2020.

GUERRA, M. B. B., TEANEY, B. T., MOUNT, B. J., ASUNSKIS, D. J., JORDAN, B. T., BARKER, R. J., SANTOS, E. E., SCHAEFER, C. E. G. R. Post-catastrophe Analysis of the Fundão Tailings Dam Failure in the Doce River System, Southeast Brazil: Potentially Toxic Elements in Affected Soils. **Water Air Soil Pollut.** 228: 252. 2017. DOI 10.1007/s11270-017-3430-5

HATJE, V., PEDREIRA, R. M. A., REZENDE, C. E., SCHETTINI, C. A. F., SOUZA, G. C., MARIN, D. C., HACKSPACHER, P. C. The environmental impacts of one of the largest tailing dam failures worldwide. **Scientific Reports**, 7: 10706, 2017. DOI 10.1038/s41598-017-11143-x

LIMA, A. T., BASTOS, F. A., TEUBNER JR., F. J., NETO, R. R., COOPER, A., BARROSO, G. F. Strengths and Weaknesses of a Hybrid Post-disaster Management Approach: the Doce River (Brazil) Mine-Tailing Dam Burst. **Environmental Management** 65:711–724, 2020. DOI 10.1007/s00267-020-01279-4

MANCIO, D. MENDONÇA, E. de Sá; CARDOSO, I. M., MUGGLER, C. C. Construção do conhecimento em solos no assentamento Olga Benário: O problema das voçorocas. **Rev. Bras. de Agroecologia**. 8(2): 121-134, 2013.

MELO, A. S. E., FILHO, O. N. M., CHAVES, H. V. Lewin e a pesquisa-ação: gênese, aplicação e finalidade. **Fractal: Revista de Psicologia**, v. 28, n. 1, p. 153-159, 2016. DOI 10.1590/1984-0292/1162

MELO, M. C, BRANDÃO, R. T., FONSECA, M., MALARD, A. A. M. **5 Anos Desastre de Fundão: Ações e desafios da recuperação**. Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Sisema). 2020. Disponível em: <http://feam.br/images/stories/2020/RECUPERA%C3%87%C3%83O_RIO_DOCE/5_Anos_Desastre_de_Fund%C3%A3o-web.pdf> Acesso em: 13 mar. 2021

MEDEIROS, É. Longe das vítimas, governo assina acordo sobre desastre de Mariana. **Agência Pública**, 03 Mar 2016. Disponível em: < <http://apublica.org/2016/03/longe-das-vitimas-go-verno-assina-acordo-sobre-desastre-de-mariana/> >. Acesso em: 19 Jul 2022.

MMSD, Mining, Minerals and Sustainable Development. **Breaking new ground: mining, minerals and sustainable development, final report—Minerals and sustainable development project**. London. 2002.

PAULA, J. B. DE S. **Biocondicionamento ex-situ do solo e rejeito do ambiente afetado pelo rompimento da barragem de Fundão**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos e Nutrição de Plantas. 100 f. 2018.

REASON, P., BRADBURY, H. Eds. **The SAGE Handbook of Action Research Participative Inquiry and Practice**. SAGE Publications. Second edition, 2008.

SILVA, D. DE C, BELLATO, C. R., NETO, J. DE O. M., FONTES, M. P. F. Trace elements in river waters and sediments before and after a mining dam breach (Bento Rodrigues, Brazil). **Quim. Nova** XY, 1–10, 2018. DOI 10.21577/0100-4042.20170252.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa, São Paulo**, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005

ZONTA, M., TROCATE, C. (Orgs.). **Antes fosse mais leve a carga: Reflexões sobre o desastre da Samarco/ Vale / BHP Billiton. A questão mineral no Brasil - Vol.2**. Marabá, PA: Editorial iGuana, 237 p. 2016.

2. CAPÍTULO 1. ETNOINDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL: A IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO LOCAL NA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DOS REJEITOS DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO (BACIA DO RIO DOCE)

Resumo: Soluções para a recuperação da bacia do rio Doce, profundamente afetado com o rompimento de barragem de rejeito da mineração, tem sido propostas por cientistas e técnicos de diversas instituições. No entanto, a compreensão e busca de soluções para problemas ambientais requerem também o olhar e conhecimento dos sujeitos que convivem com eles. O conjunto de descritores do ambiente interpretados pelas pessoas das comunidades atingidas pelo rejeito, ou etnoindicadores, quando integrados aos conhecimentos acadêmicos podem permitir avaliações mais robustas e a tomada de decisões sobre estratégias de recuperação de áreas impactadas. Este estudo objetivou identificar os etnoindicadores de monitoramento e avaliação da qualidade de ambientes atingidos pelo rejeito do rompimento de barragem de mineração. Especificamente objetivou-se: i) identificar elementos que indiquem mudanças ocorridas nos modos de vida das pessoas a partir do desastre; ii) identificar os etnoindicadores de mudança ambiental, em especial os etnopedológicos; iii) identificar a percepção das pessoas atingidas sobre as mudanças ocorridas ou passíveis de ocorrer no agroecossistema. Doze entrevistas semiestruturadas e caminhadas transversais foram realizadas em unidades produtivas de comunidades rurais de Mariana e Barra Longa, atingidas pelo rompimento da barragem da Samarco/Vale/BHP Billiton. No total, 32 etnoindicadores de mudança ambiental foram identificados. O solo apresentou o maior número de etnoindicadores associados e o etnoindicador diversidade de peixes a maior frequência. A produtividade, o desenvolvimento das plantas e a diversidade de peixes foram os indicadores mais sensíveis, pois integram outros indicadores associados ao solo e à água e estão vinculados à sobrevivência das pessoas em seus territórios. O rejeito criou rupturas no modo de vida das pessoas, mas elas continuam em seus territórios, em uma tensão entre resistência e adaptação. O conhecimento ecológico tradicional permite que as pessoas atingidas pelo rejeito identifiquem as mudanças em seu ambiente. Contudo, a perspectiva de recuperação dos agroecossistemas está relacionada ao valor simbólico que os elementos da natureza têm para as pessoas, assim como às experiências com processo de reparação em cada família. Desconsiderar o conhecimento e opinião das pessoas que convivem diariamente com o problema socioambiental pode conduzir à implementação de medidas de recuperação que além de não contribuírem podem até mesmo piorarem a qualidade do ambiente, especialmente dos solos impactados. Os etnoindicadores, elaborados a partir do

conhecimento local, são sensíveis para monitorar e avaliar as mudanças e devem ser considerados na tomada de decisão sobre o consumo de alimentos e as medidas mitigadoras do território impactado.

Palavras chave: Agroecologia. Conhecimento ecológico tradicional. Etnopedologia. Percepção ambiental. Qualidade do solo.

2.1.Introdução

O rompimento da barragem de Fundão, na bacia do rio Doce, foi considerado um dos maiores desastres ecológicos da história da humanidade, em termos de magnitude e abrangência socioambiental. O rompimento liberou ao ambiente aproximadamente 40 milhões de m³ de rejeitos que impactaram 663,2 km de curso d'água do rio Doce e importantes afluentes de sua cabeceira, atingiu 39 municípios, matou 19 pessoas e desabrigou mais de 600 pessoas (Melo *et al.*, 2020). Apesar da existência de acordos entre órgãos públicos e privados para a recuperação da bacia e após mais de oito anos do desastre, alguns atingidos/as ainda não possuem segurança sobre a produção e o consumo de alimentos cultivados em suas várzeas afetadas pelo rejeito.

Para entender os problemas advindos do desastre e propor formas de mitigá-los estudos científicos têm sido conduzidos sobre as características químicas, físicas e toxicológicas associadas ao solo impactado pelo rejeito e às plantas que nele crescem (Segura *et al.*, 2016; Schaefer, 2016; Guerra *et al.* 2017; Hatje *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2018; Ferreira, 2020; Davila *et al.*, 2020; Coelho *et al.*, 2020). No entanto, os resultados controversos ou pouco conclusivos destas pesquisas indicam a necessidade de aprimorar os estudos nessa região. Além disso, as análises ambientais realizadas apenas por pesquisadores são insuficientes para responder à complexidade dos problemas nas áreas atingidas. A compreensão e busca de soluções para problemas ambientais requerem também da percepção dos sujeitos que convivem com ele.

Alguns autores apontam que, no caso do desastre do rio Doce, o Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC), que busca a reparação dos danos, não teve a participação das populações atingidas (Medeiros, 2016; Zonta e Trocate, 2016; Lima *et al.*, 2020). Ainda que algumas cláusulas do acordo mencionassem a participação das comunidades nas questões relacionadas ao desastre, os parâmetros para esta participação não foram definidos (Zonta e Trocate, 2016) e nas tomadas de decisão sobre as ações pós-desastre “o grupo mais impactado pelo desastre, as comunidades locais, têm a menor influência no novo sistema de governança” (Lima *et al.*, 2020, p.719).

As comunidades locais conhecem seus ambientes e são capazes não apenas de identificar e caracterizar os problemas ambientais (Barrera-Bassols e Zinck, 2003), como também de apontar soluções a eles relacionadas. Os fenômenos naturais são desafios de ordem cultural, pois ao interagir com o mundo natural o ser humano o faz cultural. As respostas culturais que os camponeses dão a esses desafios não podem ser substituídas pelas respostas científicas, também culturais, mas a partir da compreensão dos cientistas (Freire, 1983).

Entretanto, o conhecimento local é baseado em circunstâncias particulares, e assim como o conhecimento científico, possui lacunas, que podem ser preenchidas quando estes

conhecimentos dialogam (Barrios et al., 2006). O diálogo entre os conhecimentos científicos e popular pode gerar uma melhor compreensão do “novo ambiente” criado a partir do rompimento da barragem, disponibilizar instrumentos e desencadear processos para a tomada de decisões a respeito do problema. Para promover esse diálogo, que é também um diálogo entre ciência, cultura e natureza, pode-se recorrer as abordagens das etnociências e da pesquisa-ação.

As etnociências estudam os conhecimentos tradicionais e sua interação com a natureza. As etnociências transcendem as fronteiras disciplinares porque as soluções aos problemas que se propõe abordar são pensadas a partir da realidade local (Duque-Brasil, 2010), que não é disciplinar. Dentre as etnociências, a etnopedologia combina as ciências do solo, a antropologia social, a geografia rural, a agronomia e a agroecologia nos estudos etnopedológicos (Barrera-Bassols, 2003). Nestes estudos, três dimensões precisam ser consideradas, a do corpus ou conhecimento sobre o solo ou a terra; a da práxis ou práticas de manejo da terra como bem natural de uso múltiplo; e a do kosmos ou conjunto de simbolismos associados à terra como objeto de significados e valores (Barrera-Bassols e Zinck 2003). Assim, o presente estudo assumiu a abordagem integrada da etnopedologia, que identifica e relaciona as informações culturais e científicas para gerir recursos naturais de acordo com os contextos locais (Barrera-Bassols e Zinck, 2003). Utilizou-se do contexto e saberes locais para responder aos questionamentos sobre o impacto do rejeito da mineração na vida das pessoas, valendo-se também dos princípios da pesquisa-ação.

A pesquisa-ação considera, como parte da pesquisa, a intervenção social e cultural e estabelece uma relação de copesquisadores entre os sujeitos envolvidos com a pesquisa. Esta abordagem reconhece o direito e a capacidade das pessoas em tomar decisões sobre questões que as afetam e sobre as formas em que é construído o conhecimento sobre suas práticas. O conhecimento assim produzido tem mais chance de gerar opções para que as pessoas possam construir e usar seus próprios conhecimentos para a resolução dos problemas que as afetam (Reason e Bradbury, 2008). Essa forma de pesquisar é realizada por meio de um processo de *reflexão – ação – reflexão*, onde a realização de uma pesquisa implica ação junto às comunidades. Na ação são construídas novas reflexões que permitem marcar uma mudança nas reflexões iniciais quando o conhecimento científico interage com o conhecimento popular (Reyes, 2018).

O conhecimento local, alcançado por meio da experiência e observação de longo prazo, fornece uma base para a adaptação e inovação. A informação adquirida pela observação de

longo prazo é interpretada e utilizada pelas comunidades tradicionais para enfrentar as mudanças ambientais, socioeconômicas e eventos climáticos inesperados (Soldati et al., 2015; Ladio, 2017), conferindo-lhes resiliência. Essa informação é adquirida do entorno natural, especialmente de plantas e animais, pois sua dinâmica está interligada a eles, tanto no tempo quanto no espaço (Castillo et al. 2020). O comportamento e atributos das espécies vegetais e animais oferecem informações que são percebidas e interpretadas pelas comunidades tradicionais (Castillo e Ladio, 2017). Estas informações, particularmente sensíveis e valiosas para a vida das pessoas, são consideradas como etnoindicadores. Os etnoindicadores permitem monitorar e avaliar o entorno natural, tomar decisões importantes e desenvolver estratégias para o manejo da produção e da paisagem. Por exemplo, estratégias adaptativas como a redução do rebanho, por abate ou por venda, podem ser implementadas pela interpretação do etnoindicador “abundância de gramíneas”, encontrado em estudo realizado com comunidades tradicionais pecuaristas na Patagonia (Castillo et al. 2020). Nesta pesquisa, o termo etnoindicadores será utilizado para se referir ao conjunto de descritores do ambiente empregados pelas pessoas das comunidades atingidas pelo rejeito, com especial atenção aos indicadores etnopedológicos, os quais descrevem o solo.

Utilizando as abordagens integradas da pesquisa-ação e da etnopedologia, este estudo objetivou identificar os etnoindicadores de monitoramento e avaliação da qualidade de ambientes atingidos pelo rejeito do rompimento de barragem de mineração. Especificamente objetivou-se: i) identificar elementos que indicam mudanças ocorridas nos modos de vida das pessoas em decorrência do desastre; ii) identificar os etnoindicadores de mudança ambiental, em especial os etnopedológicos; iii) identificar a percepção das pessoas atingidas sobre as mudanças ocorridas ou passíveis de ocorrer nos agroecossistemas.

2.2. Material e Método

2.2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado nas comunidades de Campinas, Paracatu de Cima e Guerra, pertencentes ao município de Mariana; e de Barreto, Gesteira e Corvinas pertencentes ao município de Barra Longa, localizadas no sudeste de Minas Gerais (Brasil). Todas as comunidades estão localizadas às margens do rio Gualaxo do Norte, onde o rejeito extrapolou a calha do rio e invadiu quintais, canaviais, casas, roças e capineiras. Embora pertençam a municípios diferentes, as comunidades são adjacentes e estão localizadas a 35 km em linha reta a partir do local de rompimento da barragem, considerados o epicentro do desastre.

Agricultores, faiscadores e pescadores fazem parte da população atingida. Atividades como a criação de porcos e galinhas, produção de hortaliças e frutas nos quintais e, o acesso ao rio para pesca, garimpo artesanal e extração de areia e cascalho garantiam certa autonomia para as famílias antes do rompimento da barragem (Carvalho, 2019).

Registros históricos mostram que a produção agrícola nestas comunidades pode ter aproximadamente 300 anos, como evidenciado no testamento de Francisco Barreto Bicudo, bandeirante paulista que se estabeleceu às margens do Gualaxo do Norte e que começou a cultivar sua fazenda em 1712: “Declaro que a (...) fazenda que possuo ao presente no Gualacho do Norte, a descobri e principiei a cultivar no ano de mil setecentos e doze (Selingardi, 2007, p.67)”. Segundo Trindade (1943), a descrição refere-se à Fazenda Barreto, de aproximadamente 960 hectares, localizada em Barra Longa, cuja localidade é abordada nesse estudo. De acordo com o autor, a agricultura era praticada usando mão de obra escravizada.

A falta de alimento na região das minas auríferas e o reconhecimento da propriedade da terra por meio de sesmarias, concedidas aos portugueses, incentivaram os primeiros assentamentos para plantação de lavouras na região. O gado começou a chegar da Bahía para a região das minas, onde era comprado a preço de ouro (De Seabra, 2004). Desta forma, a colonização da região ocorreu a partir da mineração, mas em articulação com a agricultura e a pecuária.

2.2.2. Coleta de dados

Doze famílias agricultoras foram visitadas entre setembro e novembro de 2021. Os critérios para selecioná-las foram: i. famílias com área agrícola produtiva atingida pelo rejeito; ii) interesse e disponibilidade da família para participar da pesquisa, iii) pertencer à agricultura familiar e; iv) famílias assessoradas pela Organização Cooperativa de Agroecologia (OCA). A OCA presta assistência técnica e extensão rural (ATER) agroecológica às comunidades Mariana e Barra Longa que participam do projeto *ATER Sustentabilidade – Retomada das Atividades Agropecuárias*, que objetiva contribuir para a promoção do desenvolvimento rural sustentável das propriedades rurais atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão. Assim, o contato prévio, facilitou a interlocução e o desenvolvimento desse estudo.

As primeiras reflexões que levaram à elaboração do projeto de pesquisa ocorreram em eventos promovidos pela OCA, onde as questões de pesquisa começaram a ser elaboradas. A parceria com a OCA foi importante também para a seleção e contato com as famílias. Diante dos problemas enfrentados, para acessar às famílias foi importante contar com pessoas (os/as

técnicos/as da OCA) que já haviam estabelecido relações de confiança com elas. As famílias foram convidadas a participar da pesquisa e aceitaram de forma livre.

As informações foram obtidas em diálogos com as famílias por meio de entrevistas semiestruturadas realizadas durante as visitas. Essas entrevistas tiveram como base um roteiro com sete eixos temáticos: a trajetória de vida, a chegada da lama, a qualidade do solo e do ambiente, a qualidade da água para consumo, o significado do rio, o significado do quintal e do solo e a perspectiva de futuro. O roteiro proposto inicialmente sofreu algumas alterações no decorrer do trabalho, em resposta às reações das pessoas entrevistadas. Perguntas muito específicas sobre o momento da chegada do rejeito foram eliminadas após perceber o constrangimento causado nos informantes.

As entrevistas foram previamente agendadas pelos (as) técnicos (as) da OCA. Participaram das entrevistas, em sua maior parte, os pais e as mães, raramente os jovens. Sempre que possível, os (as) técnicos (as) da OCA acompanharam as entrevistas no início e no final das mesmas. Para a realização desses diálogos, formou-se um trio, composto pela doutoranda, uma estudante de mestrado em Agroecologia e uma estudante de graduação do curso de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa. Os diálogos foram registrados em cadernos de campo. Enquanto um membro da equipe de pesquisa orientava as perguntas, as outras transcreviam as informações fornecidas pelas famílias, intercalando essas funções segundo o rumo da conversação. Os diálogos não foram gravados, pois as famílias se mostraram receosas em gerar provas suscetíveis de processos legais, dada a situação conflitiva gerada pelo processo de indenização dos atingidos. No entanto, especial cuidado foi tomado para registrar frases da forma exata em que foram expressas pela pessoa, diferenciando-as de trechos de síntese, por meio de aspas. Para evitar dúvidas, quando necessário, algumas informações foram adicionadas pelos autores entre colchetes.

Durante a visita, foram realizadas caminhadas pela área junto com pessoas da família. Na caminhada, as famílias foram incentivadas a complementar as informações fornecidas na entrevista semiestruturada. Especial atenção foi dada às informações relacionadas aos indicadores utilizados por eles para monitorar e avaliar o ambiente, a partir da narrativa dos mesmos. As visitas tiveram entre duas e três horas, incluindo a caminhada. A cada seis entrevistas, a equipe digitalizou as informações de campo e se reuniu para criar consensos sobre as informações obtidas de cada item do roteiro (Deliberali, 2013).

Durante as caminhadas foram visitados os ambientes, incluindo aqueles impactados pelo rejeito. Nesta pesquisa, utilizou-se o termo solo-rejeito para se referir às áreas que foram cobertas pelo rejeito misturado com solo de outras áreas não afetadas. Como forma de mitigar o

problema, a Fundação Renova retirou parte do rejeito de algumas áreas e levou solo de outras áreas para misturar ao rejeito restante. Nestas áreas, atualmente é difícil identificar o que é o solo original, o que é o rejeito e o que é a mistura do solo autóctone com o rejeito. Por isto, utilizou-se o termo solo-rejeito. Preferiu-se também o termo rejeito ao lama, muito utilizada pelos atingidos. Isto porque lama existe naturalmente, o que não é o caso do material que foi despejado no rio com o rompimento da barragem.

Esta pesquisa faz parte do projeto *Osum e Nanã vilipendiadas por Ogum: monitoramento participativo de agroecossistemas na bacia do rio Doce*, com recursos provenientes de multa aplicada pelo Ministério Público do Trabalho à Samarco Mineradora S.A., a qual foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Viçosa (Parecer 4.943.001/2021).

Os nomes das pessoas entrevistadas foram substituídos pelas iniciais do nome, seguidas da idade da pessoa e da letra H ou M, segundo a identificação se homem ou mulher.

2.2.3. Análises de dados

A análise das entrevistas foi orientada pelo método de análise de conteúdo (Bardin, 2011) e organizada em três etapas. Em cada etapa procurou-se identificar os indicadores das mudanças no ambiente e na vida das pessoas. Na primeira etapa, a pré-análise, foram lidas as entrevistas em sua totalidade. Na segunda etapa, as entrevistas foram relidas e três categorias, ou temas principais de análises foram identificadas, sendo elas trajetória de vida, etnoindicadores ambientais e perspectiva de mudança. Para exemplificar cada indicador, uma ou várias falas transcritas foram selecionadas e apresentadas. A frequência com que as famílias mencionaram cada indicador foi calculada. No terceiro passo, os indicadores foram colocados em diálogo com a literatura, tendo como base o livro “A memória biocultural” (Toledo e Barrera-Bassols, 2010).

2.3. Resultados e Discussão

2.3.1. Modos de vida, rupturas e continuidades

O modo de produção das famílias das comunidades rurais de Mariana e Barra longa tem características da agricultura familiar camponesa. O agricultor familiar camponês, ainda que consiga se integrar ao mercado, prioriza a produção de alimentos com qualidade para a família, possui uma relação afetiva com a terra e mais próxima com o consumidor. O/a camponês/a conhece de modo especial e detalhado a terra, as plantas e os animais e por isto respeita e cuida da terra. A qualidade de sua produção é consequência da sua grande capacidade profissional,

resultado do saber aprendido da atividade agrícola herdada e da experiência cotidiana (Wanderley, 2003), mas especialmente do entendimento da importância da alimentação para a saúde da família. A produção em pequenas áreas, o tipo de energia usada (força muscular humana ou animal), o uso reduzido de insumos externos, a diversidade de culturas, a mão de obra familiar ou da comunidade rural, as terras e meios de produção pertencendo à família, os circuitos curtos de produção e venda, são critérios importantes para caracterizar a produção agrícola tradicional e camponesa (Pretty, 1995; Ploeg, 2008; Toledo e Barrera Bassols, 2010; Toledo, 2010). Essas características observadas em maior ou menor grau nos sistemas produtivos conferem o caráter camponês aos/as agricultores/as familiares das comunidades estudadas.

Essas famílias se dedicam à produção agropecuária e produzem uma grande diversidade de alimentos produzidos pelas pessoas em seus agroecossistemas. O milho, feijão, hortaliças, frutíferas, cana-de-açúcar (para rapadura, açúcar, cachaça, etc.), arroz e café ainda são cultivados nas comunidades, porém em menor escala do que pelas gerações anteriores. Atualmente as famílias se dedicam principalmente à produção de leite. No passado também havia produção de carvão. Um dos entrevistados afirmou que seu pai “mexia com roça” e que “antes não mexia com gado” (GADC, 65 anos, H). Outro entrevistado, de 80 anos, disse: “meu pai mexia com roça, com carvão” (AP, 80 anos, H).

Os saberes envolvidos no manejo dos agroecossistemas foram aprendidos com os pais, conforme relatado por algumas famílias: “Cresci plantando feijão, milho, horta (...)” (C., 60 anos, M); “(...) o pai tinha sete burros, fazia carroto nos balaios. E eu desde sete anos já na garupa do cavalo” (JBDO, 65 anos, H); “Esse lado aqui as mulheres mexem com tudo: fazer cerca, mexer com criação. Tudo isso aprendi com meu pai” (CDC, 60 anos, M); “O gosto de mexer com as vacas vem desde menino. Eu levantava as 3 horas da manhã com meu pai na lida com o leite” (AJC, 65 anos, H).

Outro entrevistado afirmou “Fui nascido e criado aqui. E tô aqui até hoje” (AP, 80 anos, H) e acrescentou que seus pais também moraram nesse lugar. Ou seja, essas famílias têm pelo menos 150 anos de produção agrícola na região, de convivência com o ambiente e de manejo do agroecossistema. Esses conhecimentos possibilitaram, historicamente, a sobrevivência dos grupos humanos. Os saberes destes/as agricultores/as são, portanto, resultado das observações realizadas sobre o lugar onde vivem, guardadas e transmitidas oralmente de geração para geração e aperfeiçoadas ao longo do tempo (Toledo e Barrera-Bassols, 2010), o que é comum nas comunidades camponesas. Dessa forma, a apropriação da natureza nessas comunidades ocorreu de um modo mais tradicional ou camponês do que agroindustrial.

Entretanto, atualmente no modo de produção das famílias há uma mistura entre técnicas ancestrais camponesas e as “modernas”. O uso das técnicas modernas foi ampliado com a chegada do rejeito nas várzeas. Algumas famílias relataram que tem sido necessário o uso de insumos externos (fertilizantes industriais) e de tratores para manter a produção sobre a mistura de solo e rejeito. Porém, a “modernização agrícola” não modificou por completo aspectos culturais, produtivos e sociais camponeses na comunidade. A capacidade de resistir e se adaptar aos contínuos desafios da sociedade na qual está inserido faz do agricultor familiar camponês um ator social que constrói sua própria história, recorrendo a sua própria experiência. A experiência é camponesa na medida em que a família continua sendo quem define as estratégias de reprodução e a instância imediata de decisão (Wanderley, 2003).

Os saberes ancestrais associados à agricultura familiar camponesa existentes na comunidade são importantes na superação do desafio ambiental que foi imposto às famílias. Tais saberes, presentes nas memórias, individuais e coletivas, ajudam a compreender o presente e fornecem elementos para o planejamento futuro, na medida em que ajudam a reconstituir eventos inesperados ao associá-los a eventos similares ocorridos no passado (Toledo e Barrera-Bassols, 2010).

O rompimento da barragem de Fundão não é o primeiro problema provocado pelas mineradoras e enfrentado pelas comunidades. Algumas famílias conservam lembranças sobre a construção do primeiro mineroduto, que passa por algumas propriedades da comunidade. Três das famílias entrevistadas associaram a turbidez da água do rio ocasionada pela implementação, há três ou quatro décadas, do primeiro mineroduto com a turbidez ocasionada pela avalanche de rejeitos, em 2015. Segundo uma das mulheres atingidas, dois outros minerodutos foram construídos, mas não causaram turbidez na água. Tais relatos indicam que estas comunidades estão sendo constantemente atingidas pela mineração.

Entretanto, o rejeito alterou de forma mais drástica a trajetória de vida das pessoas ao mudar as práticas, os hábitos alimentares, o lazer, a tranquilidade, mas principalmente ao modificar a saúde, física ou psíquica. A saúde mental foi expressa com frequência através do medo e da ansiedade, seja pelas preocupações em consumir alimentos em contato com o rejeito, em inalar a poeira do rejeito ou na possibilidade da ruptura de uma nova barragem. Onze das doze famílias fizeram referência à relação entre a lama e a saúde embora isto não tenha sido perguntado nas entrevistas. Homens e mulheres mencionaram o tema da saúde, mas as mulheres foram mais explícitas e descritivas com o assunto:

A gente gostaria de entender melhor o que é que tem [a lama] para a gente se cuidar melhor. Não tenho um papel explicando o que a lama faz para a gente.

Não tem nenhum relatório que chegue para a gente. Ficamos com medo de comer o peixe. Gostávamos demais. Não explicam porque a poeira é tóxica. Porque a água do rio faz mal. Porque os peixes fazem mal. Quando a lama passou levou tudo do quintal da minha vó. Minha tia e minha vó eram as farmacêuticas da família, era só chegar e falar o que estava sentindo que ela fazia um chá (...). Pegávamos lambari. Depois da lama eu já comi, mas com receio. Já tive problema de pele, de unha (DDC, 34 anos, M).

Eu já tenho três anos que tomo remédio, pressão subiu, ansiedade que a gente sente. Depois dessa lama acabou, a gente não tem mais saúde. Antes a gente era feliz. Antes a gente tinha saúde completa. Mexia com as plantações, hoje fica aí tomando remédio. Mas não é bom ficar tomando esses remédios não. Morar aqui é muito ruim, é uma toca. Eles reformaram aqui mas não é a mesma coisa. Eu não gosto de nada não, de ir em festa. Eu gosto de tratar as pessoas com amor. Eu sou uma pessoa triste, eu fico só em casa (G, 65 anos, M).

O psicológico da gente até hoje não tá normal não, é terrorismo. Disseram que a [barragem] Germano estourou, o povo ficou louco. Dia de chuva a gente fica preocupado (RRL, 37 anos, M).

As famílias também relataram a perda da tranquilidade por conta das múltiplas visitas que passaram a receber após o rompimento da barragem e por conta do desgaste nas negociações para reparação dos danos. Funcionários da Renova, dos órgãos do governo, das empreiteiras, além de pesquisadores, assessores técnicos, entre outros, constituem um grande volume de pessoas frequentando as comunidades. Não só as visitas, mas também o medo de não saber quem são as pessoas que estão na comunidade faz parte da intranquilidade dos atingidos, que assim o manifestam:

O que eu queria era ter sossego e a poeira acabar (...) Tem muita gente trabalhando aqui, o medo prevalece na gente, não conhecemos quem vem. Perdemos o sossego. As cercas que fazem não prestam, prometem muito e nunca cumprem (...). Acabou meu sossego, o tempo ficou mais corrido, a gente tinha outras prioridades. Não tínhamos esse aborrecimento no coração (DDC, 34 anos, M).

A gente não tem mais a vida que tinha. Vou pra casa da minha mãe sempre com medo. As coisas da gente não têm valor. Tudo dá trabalho (MP, 45 anos, M).

O cuidado com a saúde da família tem sido assumido em nossa sociedade pelas mulheres. O rejeito desequilibra esse papel de várias formas: destrói os quintais com as plantas medicinais tradicionalmente usadas para o cuidado da saúde; impede o uso do conhecimento herdado, pois as mulheres desconhecem o que é o rejeito e o porquê dele fazer mal e; porque adoce às próprias mulheres, que ficaram dependentes de medicamentos. Para Oliveira et al. (2021) as mulheres sofrem as maiores consequências com o rompimento da barragem, pois há interações entre os vários problemas advindo diretamente do rompimento com as várias opressões sofridas por elas, por exemplo, o racismo (mulher negra) e a lógica minerária colonial.

Os hábitos alimentares também foram modificados. Não só porque foi solicitado às famílias não comer os peixes do rio, mas também porque houve uma mudança na capacidade do solo em produzir alimentos nas áreas invadidas pelo rejeito. Isto causa insegurança e falta de soberania alimentar, portanto perda de autonomia, e perda de renda já que os alimentos antes produzidos nas áreas afetadas e que serviam para autoconsumo das famílias devem ser adquiridos no mercado. Ainda, como consequência do desastre, ocorre a perda de práticas e conhecimentos herdados, pois a incapacidade do solo para produzir interrompe as práticas de plantar, realizar a colheita e preparar os alimentos, como o faziam os pais. Isto fica evidente no relato de um dos atingidos:

(...) Essa enchente [invasão do rejeito] acabou com tudo, minhas plantas, acabou com tudo. Hoje pra eu comer tem que ir pra venda, não tem lugar de plantar (...) Pai, mãe, no meu tempo, tudo que plantava dava tudo. Antes da enchente dava tudo. Eu não comprava quase nada na venda”. “[eu plantava] Milho, feijão, inhame, mandioca, banana, tudo. Depois da enchente ainda tentei plantar mais dois anos (...). Tirou tudo as terra boa e bateu pasto pra boi. Nois num é boi, vai pra venda (...). Já gostei muito de peixe e hoje não como mais não, nem do poço. O tempo que a gente vivia antes da enchente não volta mais não. A enchente veio para acabar com tudo, veio aqui dentro do terreiro. Eu plantava e colhia demais, vinha até gente de Mariana buscar. A enchente acabou com tudo (AMDC, 80 anos, H).

Suspender a pesca no rio não afetou só os hábitos alimentares, mas também o lazer. Uma das mulheres entrevistadas disse que ainda que comesse pouco peixe, pescava todos os dias: “Pescava muito, desanimei agora. Não tinha um dia que não pegava peixe. Hoje eu desanimei. Não é a mesma coisa. A água era clarinha. Tinha muito peixe mesmo” (CDC, 60 anos, M). O rio é uma importante fonte de lazer para as comunidades ribeirinhas. A pesca e o banho de rio fazem parte das principais práticas de lazer alteradas no cotidiano das famílias atingidas.

O modo de vida das pessoas das comunidades rurais de Campinas e Barretos mudou de forma abrupta após o rompimento da barragem de Fundão. Desde os registros de agricultura nas primeiras sesmarias da região até a agricultura dos atuais moradores se passaram 300 anos de transformação da paisagem de forma contínua, mas lenta. As práticas agropecuárias, herdadas através das gerações, criaram um modo de produção mais camponês do que industrial. Esse modo de produção e o estilo de vida associado a ele já tinha sido desafiado por obras para a mineração como a instalação dos minerodutos. No entanto, o atual desafio da chegada da lama interrompeu de forma violenta o modo de vida das pessoas. As práticas relacionadas com a produção, a alimentação, a saúde e o lazer foram ameaçados. Não obstante as famílias continuam no território construindo sua própria história, em uma tensa relação entre

transformação-adaptação e resistência-conservação, que dá a estas famílias o caráter de atores sociais (Wanderley, 2003).

2.3.2. Indicadores de mudança ambiental

Seis subtemas dentro do tema indicadores de mudança ambiental e 32 etnoindicadores associados a eles foram identificados (Tabela 1). Na Tabela 1 encontra-se também a frequência com que as famílias mencionaram esses indicadores.

Tabela 1. Subtemas relacionados aos etnoindicadores ambientais e à frequência com que foram citados pelas famílias das comunidades rurais de Mariana e Barra Longa, atingidas pelo rompimento da barragem do Fundão (bacia do rio Doce).

Subtemas	Etnoindicadores	Frequência
Solo-Rejeito¹	Cor	5
	Temperatura	5
	Capacidade de retenção de água	4
	Consistência quando seco (dureza)	4
	Consistência quando úmido	3
	Textura	3
	Qualidade das várzeas	3
	Demanda de manejo	3
	Aspecto oleoso	3
	Erosão eólica (poeira)	2
	Fauna edáfica	2
	Grau de cobertura	1
Plantas e culturas	Adaptação ao rejeito	10
	Produtividade	5
	Qualidade das mudas	4
	Cor	4
	Plantas espontâneas	3
	Simbolismos	3
	Aparência	2
	Taxa de crescimento	1
Peixes	Diversidade	11
	Sensibilidade ao rejeito	3
Animais	Retorno	6
	População	5
	Mudança de hábitos alimentares	1
Rio	Cor e turbidez da água	8
	Morfologia do rio	3
	Profundidade	3
	Pedras	2
Água	Proteção das nascentes	3
	Escolha de utilização da água	3
	Abundância da água	3

¹Nem sempre foi possível identificar se solo ou rejeito, por isto a preferência por usar solo-rejeito.

2.3.2.1. Etnoindicadores relacionados aos atributos do solo-rejeito

O maior número de indicadores, riqueza de comentários e descrições foram associados ao solo-rejeito, embora com baixa frequência de associações (Tabela 1). Isto pode significar

maior diversidade na percepção das pessoas sobre o solo-rejeito ou características heterogêneas deste material. Os diferentes materiais contidos na barragem foram misturados e depositados em diferentes proporções, deixando um material heterogêneo ao longo da bacia (Guerra et al. 2017), o que pode promover a diversidade de percepções.

Os solos, chamados de terra, são muito importantes para a agricultura familiar camponesa, não só porque é o lugar da produção, mas também porque existem outros significados e simbolismos associados à terra. Isto conduz a uma relação de cuidado especial, inclusive de tratar os solos como a um membro querido da família (Cardoso et al. 2018).

Para o/a agricultor/a familiar camponês/a o conhecimento dos solos está sempre em conexão com outros componentes da paisagem, como relevo, vegetação e água. O conhecimento sobre o solo e os usos a ele associados serve como critério essencial para a tomada de decisões sobre as formas de manejar as paisagens como um todo (Toledo e Barrera-Bassols, 2010). Portanto, o conhecimento das pessoas das comunidades rurais de Mariana e Barra Longa sobre o solo, pode ser útil na tomada de decisões sobre as formas de manejar a nova paisagem criada pela chegada do rejeito.

Esse conhecimento se evidencia na interpretação que as pessoas fazem dos elementos da natureza com que convivem, e da qual fazem parte. Esta interpretação pode ser traduzida na forma de indicadores. Nesta pesquisa, doze etnoindicadores de mudanças relacionados às propriedades dos solos foram identificados.

A cor e a temperatura foram as propriedades mais frequentemente mencionadas (Tabela 1) como indicadoras. Tanto a cor quanto a temperatura estão relacionadas, dentre outras, à composição mineralógica do rejeito. A cor é uma das características do solo mais fácil de visualizar. A partir dela pode-se inferir sobre o conteúdo de matéria orgânica e de óxidos de ferro (hematita ou goethita), principais agentes pigmentantes do solo (Resende et al., 2014, Santos et al. 2005). A cor escura está associada, em geral, ao conteúdo de matéria orgânica; a cor vermelha e sua intensidade ao conteúdo de hematita e; a cor amarela ao conteúdo de goethita. A hematita é um pigmento muito ativo, de forma que 1 a 2 % de hematita finamente pulverizada consegue dar tonalidade avermelhada ao solo (Resende et al., 2014).

No rejeito predominam os óxidos de Fe, principalmente a goethita na fração argila e hematita na fração silte (Dávila, 2018). Caulinita e gibbsita também estão presentes nestas frações, mas em menores quantidades. A proporção de areia fina e silte representa quase 90% da terra fina (fração menor a 2 mm, EMBRAPA, 2015) e segundo alguns autores a fração silte varia entre 32 a 57% (Shaeffer et al. 2016; Almeida et al. 2018; Dávila, 2018). Portanto, a textura do rejeito pode ser definida como franco-arenosas a siltosa. A fração areia é composta

principalmente por quartzo, seguido de fragmentos de concreções ferruginosas (hematita, magnetita, ilmenita) e pouca ocorrência de fragmentos de rochas xistosas (EMBRAPA, 2015).

A cor vermelha da hematita secundária ou a cor cinza associada a hematita primária sobressaem no rejeito, como indicado pelas famílias, ao se referirem às cores vermelho, roxo, cinza arroxeado, preto e amarronzada.

- “Vai andando até a igreja e chega com o pé todo vermelho” (DDC, 34 anos, M).
- “A terra ficou preta, o produto químico era demais. Ela ficou preta, o óleo juntou na terra” (WP, 54 anos, F3).
- “Aqui não misturou terra com a lama, na frente [da casa] você pode cavucar um tanto que tudo é rejeito ainda, terra avermeiada” (AMDC, 80 anos, H).
- “O rejeito é roxo” disse ele. “É cinza arroxeado” disse ela “O rejeito mais ruim é cinza arroxeado” (JBDO, 65 anos, H e C., 60 anos, M).
- “A terra mudou muito. Não é igual a terra preta [matéria orgânica] que nós tinha” (L.C.G., 65 anos, H).

Algumas das famílias associaram as características esquentar, ressecar, quente e calor ao rejeito, em contraposição às características manter a água e a umidade. De fato, doses crescentes de rejeito propiciam diminuição na capacidade de retenção de água do solo. Este fato é justificado pela estrutura do solo-rejeito, onde o arranjo das partículas impede a formação de microporos, o que dificulta a retenção da umidade (Paula 2018). Além disso, o rejeito possui conteúdo muito baixo de matéria orgânica (EMBRAPA, 2015; Schaeffer et al. 2016; Figueiredo, et al., 2018; Almeida, et al., 2018; Dávila, 2018), o que reduz ainda mais a retenção de água: “Era uma terra mais produtiva, mantinha a água. Agora seca muito” (AJC, 60 anos, H). As maiores quantidades de areia grossa em alguns locais e até mesmo o empacotamento das partículas podem aumentar os macroporos e com isto aumentar a condutividade hidráulica e, portanto, a drenagem da água (Silva et al., 2006), como expresso por algumas famílias: “A água vai embora mais rápido onde tem lama” (GADC, 65 anos, H).

A temperatura é um dos critérios menos utilizados como indicadora de qualidade do solo. Em um estudo envolvendo 62 grupos étnicos de diferentes lugares do mundo, apenas 2% a utilizaram para descrever os solos (Barrera-Bassols e Zinck, 2003). No entanto, a temperatura foi importante para indicar as peculiaridades do solo alterado pelo impacto do resíduo do minério:

- “Era uma terra mais produtiva [antes do rejeito], mantinha a água. Agora seca muito. Acho que esquenta mais” (AJC, 60 anos, H). “O rejeito é ferro, esquenta muito. Tem que tirar o rejeito, tirou muito superficial. A terra fica mais quente” (AG, 40 anos, H).

A temperatura do solo influencia todos os processos biológicos do solo, dentre eles, a germinação de sementes, o funcionamento das raízes e a respiração e o crescimento das plantas e dos organismos edáficos. Além disto, a temperatura influencia indiretamente a disponibilidade de água, que por sua vez influencia a disponibilidade de nutrientes. A faixa de temperatura do solo ideal para o crescimento das plantas varia entre 20 °C e 30°C. Acima de 35 °C a taxa de crescimento das plantas diminui drasticamente (Lal e Shukla, 2004). Solos de pastagens invadidas pelo rejeito de Fundão podem alcançar temperaturas medias de 27°C e máximas de 31,3°C (Palma, 2020). Segundo as famílias:

- “(...) a terra esquenta, rejeito esquenta e as plantas morrem tudo” (AMDC, 80 anos, H).
- “(...) Na chuva ficam bonitas [as plantas], na seca esquenta muito (...) O rejeito continua igual pra pior (...) Ele esquenta, resseca, terra dura. (...) Diz que aquele negócio esquenta muito e que com o passar do rejeito morreram as laranjas” (PMD, 65 anos, H).
- “Na área atingida o interessante seria a Renova colocar terra nova pra plantar horta, o próprio capim braquiária, porque quando chega no rejeito o próprio calor dele, as plantas não dão não. Não tem umidade para rebrotar” (J EGL, 65 anos, H).

A densidade e a umidade estão entre as características que governam o regime de temperatura do solo (Lal e Shukla, 2004). A maior densidade, associada à mineralogia do rejeito, e a menor capacidade de reter a umidade, relacionada à textura e falta de estrutura do solo-rejeito, podem elevar a temperatura em relação aos solos da região. Solos de áreas invadidas pelo rejeito de Fundão sob diferentes processos de recuperação (pastagem com braquiária, plantio de mudas nativas e semeadura de mix de sementes) apresentaram, em média, 0,33 m³ m⁻³ de umidade, 1,47 g cm⁻³ de densidade e 27,2 °C de temperatura, enquanto solo de área de pastagem sem rejeito apresentou 0,36 m³ m⁻³ de umidade, 1,19 g cm⁻³ de densidade e 26,2 °C de temperatura (Palma, 2022).

A consistência do solo-rejeito também foi mencionada pelas famílias. Segundo elas, quando seco, o rejeito fica muito duro, o que dificulta a emergência das plantas. Em estudo piloto comparativo entre duas áreas com rejeito e sem rejeito (uma delas na comunidade de Barreto), foi identificado que a resistência à penetração nas várzeas afetadas foi cinco vezes superior à das pastagens adjacentes sem rejeito, chegando a valores médios 35 MPa aos 15 cm de profundidade (Casas et al., 2023). O valor máximo de resistência à penetração não deve ser superior a 2 MPa para não causar impedimentos ao crescimento das raízes das plantas (Arshad et al. 1996).

A compactação do rejeito ocorre devido à falta de estrutura e ao arranjo das partículas após secagem. A composição granulométrica, com altos teores de silte e areia fina e baixos

teores de argila, se empacotam e endurece o solo, tornando-o similar a uma área cimentada, o que dificulta o crescimento das raízes (Silva et al., 2006, Resende et al., 2014, EMBRAPA 2015, Schaefer et al., 2016, Dávila 2018). O rejeito seco tem dureza similar ao cimento (Segura et al., 2016), como relatado pelas famílias:

- “O solo ficou mais duro onde tem lama. No rejeito é mais duro e sem chover não dá para plantar pois a terra não cede” (GADC, 65 anos, H).
- “É o rejeito na terra que não deixa as plantas saírem. A terra virou cimento, nossa terra era muito boa, essa terra que eles estão jogando é fraca. Terra piçarra” (AJC, 65 anos, H).

As pessoas também perceberam mudanças drásticas na consistência úmida do rejeito. Com água o rejeito parece ficar viscoso, ao contrário de quando seco, que é muito duro, como observado pelos atingidos/as:

- “Terra dura [o solo - rejeito], quando chove vira uma meleca” (JGC, 60 anos, H).
- “Quando chove fica úmido, fica bem. Sem chuva, resseca, fica firme” (AJC, 60 anos, H).
- “A lama quando seca, seca mesmo. Mas joga uma aguinha pra [você] ver” (JBDO, 60 anos, H).

O comportamento duro enquanto seco e extremamente macio (“meleca”) enquanto úmido, relacionados à consistência, depende das forças de atração das partículas do solo entre si, coesão, ou por outro corpo, adesão. Altos teores de óxidos de Fe não permitem um arranjo organizado das partículas do solo e diminuem as forças de adesão e coesão, o que diminui a dureza (Resende *et al.*, 2014) e torna os solos extremamente macios, quando úmidos. No entanto, o empacotamento das partículas leva ao endurecimento do rejeito quando seco, como mencionado pelas famílias.

Algumas pessoas observaram características do rejeito relacionadas diretamente à textura:

- “(...) e ela [o rejeito ou a lama] fica seca por cima, se você abre, fica tipo polvilho” (RRL, 37 anos, M)
- “(...) A terra ficou tipo uma areia (...)” (WP, 54 anos, H)
- “(...) Na seca esquenta muito, a terra vai dando aquelas camadinhas” (PMD, 65 anos, H).

Solos ricos em silte tendem a modificar sua estrutura após ciclos de umedecimento e secagem, pois as partículas são rearranjadas e favorecem o aparecimento de uma camada

superficial que se dispõe em forma de lâminas (Resende et al. 2014). A aparência das “camadinhas” mencionadas pelas famílias provavelmente está relacionada a esse fenômeno. Além disto, o desprendimento, transporte e acumulação de partículas finas do solo por ação da água ocasiona entupimento de poros, formando crostas. Isto é mais comum em solos com baixo grau de estruturação (Jaramillo, 2014), como é o solo-rejeito, o que também pode contribuir para a formação dessas “camadinhas”.

A umidade está também relacionada à alteração da dinâmica de sedimentos nas várzeas e esta foi alterada, como observado: “tem lugar que dava poço, antes da lama se [a água] ficava retida 8 dias, hoje fica 2” (GADC, 65 anos, H). Esta observação se refere aos “brejos”, localizados nas várzeas úmidas (leito maior) dos rios. No leito maior a deposição de sedimentos ocorre naturalmente sempre que há enchentes. Por isso, não ocorre a formação de estrutura e a dinâmica da água no solo é, então, função do tamanho de partículas que se separam devido ao transbordamento das águas (enchentes) do leito menor do rio. As partículas de maior tamanho se depositam às margens próximas ao leito dos rios e córregos, onde formam os Neossolos Flúvicos, com boa capacidade de drenagem. Os materiais de menor tamanho, mais argilosos, depositam-se mais distantes do leito dos rios e córregos, onde formam-se os Gleissolos, em condição de hidromorfismo, que ocorre em função da maior microporosidade destes solos. Nestes, a drenagem é menor, a água empoça e fica retida por mais tempo.

Observou-se também uma mudança na percepção da qualidade do solo em relação à morfologia da paisagem. As várzeas passaram a ser lugares de baixa qualidade em comparação com as encostas. As famílias associam as baixadas como lugares de alta produção por serem “frias” e “úmidas”, mas, com a chegada do rejeito as baixadas passaram a ser menos produtivas. Segundo as pessoas:

(...) As baixadas que eram as partes boas ficaram ruins. Antes a baixa brotava [as plantas nasciam mais] e o morro na seca era pior. Agora é o contrário. O morro brota e a baixa brota menos. As beiradas ajudavam a gente e perdemos elas a troco de nada (...) As baixadas são os melhores lugares por ser mais frio, agora a baixada está muito seca (GADC, 65 anos, H).

No entanto, houve um agricultor para quem a chegada do rejeito à várzea favoreceu a produção, pois antes essa área era ocupada por uma larga faixa de mata ciliar e havia depressões e o relevo era irregular, o que impossibilitavam o pastoreio. Com a deposição do rejeito a mata ciliar foi devastada, as depressões foram preenchidas e o solo foi adubado, como medida de reparação. Isto possibilitou a produção de capim braquiária em rendimentos maiores que na área de encosta, mesmo quando a pastagem foi adubada. Segundo este agricultor, a pastagem

da várzea, mesmo atingida pelo rejeito, produz mais do que a encosta porque a baixada é mais úmida: “Morro é seco, aqui [na várzea] fica mais água” (JBDO, 65 anos, H).

Entretanto, mesmo associando o rejeito a uma boa produção de capim, o agricultor esclarece que: “A lama boa né pra todo mundo não, pra algumas plantas não”. Ainda, a “melhoria” observada por este agricultor, se deu em função da alteração da paisagem e da degradação ambiental, com a retirada da mata ciliar.

A observação desse agricultor indica que há percepções diferentes entre as pessoas e a importância da promoção do diálogo entre eles e com os cientistas, para que as várias percepções sejam incorporadas nos processos decisórios.

Embora pareça contraditório, este mesmo agricultor mostrou um enorme conhecimento e cuidado pelas mudas das árvores nativas que ele mesmo planta em sua área de preservação permanente (APP). Ele retira mudas na mata ciliar remanescente leva para seu viveiro de mudas e cuida até ter idade para levar para a APP. Neste mesmo viveiro ele faz mudas com sementes coletadas em áreas adjacentes. Essas mudas são vendidas para a Renova para o processo de restauração ambiental da bacia. Na caminhada transversal ele fez questão de apresentar várias mudas feitas e plantadas por ele.

As pessoas referiram-se principalmente às minhocas e aos cupins como etnoindicadores relacionados à fauna edáfica. As minhocas são mais afetadas pelo rejeito do que os cupins, pois estes são mais resistentes e sobrevivem melhor em qualquer condição. Em monólitos de solos coletados em duas várzeas da região atingida não foram observadas minhocas, porém foram encontrados cupins, indicando que eles conseguiram se desenvolver tanto no solo com rejeito como no solo sem rejeito (Casas et al. 2023). As famílias relataram:

- “Tinha muita minhoca, agora está mais difícil de achar. Minhoca é bom” (AJC, 65 anos, H).
- “Nos lugares mais estercoado que já depositou terra, que desceu lá de cima [lugar sem rejeito], você acha minhoca. Cupim tem muito, acaba com a planta. Os dois se bate.” (PMD, 65 anos, H)

Comportamentos de estresse como enovelamento e mucosidade em excesso foram detectados em minhocas (*Oligochaetas*) crescendo em substrato com 75% e 100% de rejeito oriundo da barragem de Fundão (Paula, 2018). A presença desses animais está correlacionada a conteúdos de N, Ca, Mg, P, K, matéria orgânica e biomassa microbiana do solo (Pimentel et al., 2006 Suárez et al., 2019). No rejeito, tais atributos estão ausentes ou ocorrem em baixos teores. Os anelídeos fornecem informação sobre vários processos do solo (Bünemann et al.

2018) e são facilmente visíveis, tornando-os muito úteis em processos de avaliação da qualidade do solo com agricultores (Casalinho e Lima, 2018).

Várias famílias fizeram referência ao aspecto oleoso da lama, como exemplificado a seguir:

- “Deve ter algum óleo, alguma coisa. A terra mudou muito. As plantas morreram tudo” (LCG, 65 anos, H)”.
- “(...) essa lama parece que tem um óleo nela né, uma gordura, onde ela cai ela mancha, não sai não” (RRL, 37 anos, M).

Não foi possível relacionar esta oleosidade com nenhuma característica (atributo) do solo. Talvez tenha alguma relação com os compostos utilizados no beneficiamento do minério. Nesta indústria, a separação por flotação utiliza compostos de amina para ser adsorvida pelo quartzo e de amido para ser adsorvido pela hematita, criando hidrofobicidade no quartzo e deixando a hematita hidrofílica, o que possibilita a separação desses minerais. Também é usado hidróxido de sódio para gelatinizar o amido e elevar o pH, ao ponto em que exista a maior diferença de cargas superficiais entre hematita e quartzo, auxiliando o processo de flotação. As aminas são compostos alifáticos derivados de amônia, cujas matérias primas principais são óleos ou gorduras, saturadas ou não (Cavallieri, 2011). Nas barragens, as aminas são decompostas num período aproximado de 28 dias, por processos químicos ou biológicos, pois elas são fonte de nitrogênio e carbono. Segundo Araújo et al. (2010), os produtos gerados pela decomposição desses compostos nas barragens são desconhecidos, mas sabe-se que após 10 dias mais de 75% das aminas têm sido consumidas, na presença de microrganismos.

Com exceção da temperatura, devido as características do rejeito, há semelhança entre a frequência em que os atributos do solo foram mencionados (Tabela 1) e outras pesquisas em etnopedologia. Em uma delas, os critérios utilizados por 62 grupos étnicos dos continentes africano, americano e asiático foram comparados. Entre os 15 critérios mais frequentemente utilizados estão a cor (100 %), a textura (98%), a consistência (56%) e a umidade (55%) (Toledo e Barrera-Bassols, 2010), como também observado no presente estudo (Tabela 1).

O manejo do solo-rejeito teve que ser intensificado para conseguir produzir sob as novas condições ambientais. Uma das famílias observou que antes não precisavam de adubo para produzir, mas que agora precisam colocar muito esterco. Outra afirma que “no rejeito nasce, mas tem que cuidar mais. Não tinha que irrigar, esterocar tanto” (AJC, 60 anos, H). A introdução de práticas como a utilização de fertilizantes industrializados pode levar a perda de autonomia devido à dependência de insumo externo para produzir. Além disso, o uso destes fertilizantes

pode levar a redução da adubação orgânica, uma prática tradicional responsável por muitos processos ecológicos no solo.

Várias famílias relataram aumento de poeira (associada à textura) após o desastre. A poeira é produzida em parte pelo aumento de tráfego nas estradas das comunidades (pela circulação de carros das empreiteiras e das entidades responsáveis pela reparação da bacia) e em parte porque o rejeito não tem estrutura, as partículas ficam soltas e então ocorre erosão eólica. O tamanho dessas partículas facilita a inalação e conseqüentemente a toxicidade potencial residual. Fotomicrografias mostram que as partículas da poeira do rejeito possuem entre 1 a 200 μm , mas com predomínio de partículas entre 100 μm e 15 μm (Segura et al. 2016, Almeida et al. 2018, Figueiredo et al. 2019), o que corresponde principalmente as frações de argila, silte e areia fina. Partículas menores que 25 μm podem atingir a laringe e menores que 10 μm podem atingir os alvéolos (Nios H, 1992 citado em SEGURA et al. 2016). As partículas de poeira poderiam ter sido a fonte de contaminação por arsênio do sangue de pessoas de Mariana, avaliadas em 2002 (Deschamps et al. 2002). As mulheres foram as que mais mencionaram o problema da poeira:

- “Lógico que aqui sempre existiu poeira, mas não era tanta assim. Tem muita poeira no ar” (DDC, 34 anos, M).
- “A poeira aumentou porque aumentou o movimento”. (CDC, 60 anos, M)
- “Na época seca, sobe a poeira vermelha. Chega até aqui, os móveis ficam... [empoeirados]” (RRL, 37 anos, M)

A poeira aumenta devido à falta de cobertura vegetal do solo, menor na área atingida pelo rejeito: “na pastagem [onde não tem rejeito] você não vê o solo, na lama você fica vendo, fica mais pelado, mais difícil” (GADC, 65 anos, H).

2.3.2.1. Plantas e culturas

“Plantas e culturas” foi o segundo subtema com mais indicadores associados e com maior frequência de citações para descrever as alterações nos agroecossistemas (Tabela 1). As alterações sofridas pelas plantas foram descritas com riqueza de informações. Sete indicadores foram mencionados para descrever tais alterações. A adaptação das plantas ao rejeito foi o indicador mais frequentemente mencionado pelas famílias (Tabela 1). No entanto, há algumas discrepâncias nas informações sobre a adaptação das espécies ao solo-rejeito (Tabela 2). Esta discrepância pode ser devida à heterogeneidade dos agroecossistemas, à heterogeneidade do rejeito e do impacto do mesmo sobre as diferentes áreas e também à percepção das famílias sobre as plantas. A adaptação das plantas do quintal ao rejeito foi observada pelas famílias:

- “Tinha um quintal atrás da casa com laranja, limão, goiaba, jambo. O rejeito acabou com o quintal e o que não foi arrancado, secou e morreu (...) A raiz não aguenta isso tudo não (...). Plantaram no mesmo lugar do quintal antigo, mas não está saindo não” (GADC, 65 anos, H).
- “A horta não vingava mais onde era. Nascia, pegava e o tempo quente como está agora a horta não aguentava” (AG, 40 anos, H).

Tabela 2. Sensibilidade das plantas ao rejeito oriundo da barragem de Fundão segundo 12 famílias (F) de comunidades rurais de Barra Longa e Mariana, bacia do rio Doce.

Resistiu ao rejeito ou conseguiu rebrotar após serem atingidas	Família	Não resistiu ao rejeito ou tem problemas para brotar e crescer	Família
Alecrim	F3	Angico	F3
Angico	F1	Aroeira	F9
Assa peixe	F2, F3, F12	Bananeira	F11, F12
Bananeira	F5, F8	Braquiária	F1, F11
Braquiária	F9	Cana	F3
Cana	F5	Capim	F6
Canela	F8	Gameleira (de mais de 100 anos)	F9
Capim	F5	Goiaba	F1
Capim Jaraguá	F3	Ingá	F5
Carqueja	F9	Jambo	F1, F5
Coqueiros	F9	Jambinho	F9
Gameleiras	F3, F8, F9	Laranja	F1
Garapa	F1	Limão	F1
Jacarandá	F3	Mandioca	F11
Goiaba	F5	Manga	F12
Goiaba branca	F8	Mexerica	F10
Laranja	F11	Pêssego	F11
Limão	F1	Plantas da horta	F7
Maminha de porca	F3		
Mexerica	F11		
Manga	F11		
Pau de espinho	F8		
Pau de leite	F1		
Uva	F11		

Das 12 famílias entrevistadas, cinco tiveram seus quintais (área entorno à residência com plantas comestíveis e medicinais) invadidos pelo rejeito, seis famílias tiveram as áreas utilizadas para culturas de milho, cana e braquiária invadidas e uma família teve a mata ciliar invadida. Em geral, os quintais com hortas e pomares não estão produzindo bem após o rejeito e aparentam ter sido mais afetados do que as capineiras. Novas hortas em áreas não atingidas pelo rejeito têm sido construídas em algumas das unidades familiares, como parte da reparação de danos. No entanto, algumas famílias não ficaram satisfeitas com o deslocamento das hortas e insistem em plantar nas antigas áreas, agora invadidas pelo rejeito.

Os quintais são lugares de especial importância na agricultura familiar camponesa. A decisão de onde implantar os quintais e fazer as hortas obedece a múltiplos critérios. Os quintais em geral são formados próximos às casas, em locais não sujeitos a inundações, mas próximos a água e às estradas, como nos terraços ou sopé da encosta (Monteiro, 2018). A proximidade da casa é um dos critérios importantes para as mulheres, pois ali produzem os alimentos, as plantas medicinais e os temperos de uso cotidiano no lar. A proximidade ao curral é outro critério usado, pois facilita a adubação da horta com esterco. Esses podem ser alguns dos motivos pelos quais mudar o quintal ou a horta de lugar não repara o dano associado à perda destas hortas.

Além da perda material do quintal existem perdas simbólicas. A perda de plantas com significado cultural, muitas vezes cultivadas em longa data, plantadas por um ente querido ou herdadas dos quintais dos pais, não tem como ser reparada integralmente. Mesmo que se consiga a mesma espécie o valor sentimental não se recupera. Uma horta improdutiva sobre o rejeito é causa de profunda tristeza para um atingido por dois motivos. Primeiro porque ele perdeu sua esposa há um ano e meio e era ela quem cuidava e gostava da horta, segundo porque a horta não produz bem. A horta improdutiva é uma desonra à memória da esposa, portanto, uma perda dupla, da esposa e da horta. Tristeza é também o sentimento para uma neta cuja avó faleceu e sua horta foi devastada pelo rejeito. Na horta herdada da avó havia plantas medicinais que serviam de cura para toda a família. Além das questões sentimentais, a horta possui outros valores simbólicos, como o da boniteza e do colorido do prato, que também se associa ao valor nutricional da alimentação: “A horta no lugar do rejeito colheu duas vezes e depois não deu mais. O melhor que tem é ter uma horta bonita (...) Verdura é tudo. Pode por arroz com feijão no prato e cadê a cor? (...) A horta é uma casa para a gente (...) Nós perdemos até a esperança de plantar” (FGG, 82 anos, M).

Além das plantas dos quintais, a sensibilidade das espécies de Poaceae ao rejeito também foi mencionada. A maior parte dos entrevistados relataram dificuldade no desenvolvimento e produção da cana de açúcar, do milho e da braquiária, culturas importantes para a criação animal, uma das principais fontes de renda destas famílias. Há informação também de perda de qualidade das plantas:

Plantou cana de novo. A plantação não é igual agora. A plantação não está saindo. A terra não é como antes, uns produtos químicos que passou [do rejeito] e a plantação não sai mais. Eles vieram, jogaram terra e nessa primeira plantação nasceu. Depois a terra juntou com o rejeito e a plantação não vingou. Uma cana seca, fina. A primeira vez a plantação deu, mas a segunda vez ficou ruim. A segunda plantação ficou pior porque pegou o produto químico e por

isso não saiu. A cana era muito melhor, dava até pra rapadura (WP, 54 anos, H).

- “Antes da lama tinha trato de sobra [para os animais], cortava [capim] três, quatro vezes no ano. Tentei plantar, não nasceu. Perdi toda produção de cana e capim” (AJC, 60 anos, H)
- “Sempre foi pasto onde o rejeito passou, o pasto dava bem. Agora o gado começa a pastar, rapidinho acaba (JEGL, 65 anos, H).

No entanto, duas famílias mencionaram bom desenvolvimento e produção destas plantas nas várzeas afetadas:

- “Cana e o capim que a gente plantou na mistura [solo-rejeito] ficou bom. A cana está crescendo bem na mistura. Até que no lugar do rejeito não ficou ruim não. Não sei se porque [o filho] colocou esterco ou se o rejeito tem alguma coisa que ajuda” (CDC, 60 anos, M).
- “Agora já reformou o pasto e nasce bem, não ficou ruim não (...) Na vargem é só lama e a braquiária gostou demais” (JBDO, 65 anos, H)

Este último depoimento, de satisfação com o rejeito, é do agricultor em cuja propriedade a invasão do rejeito lhe propiciou condições para a produção de pastagem na várzea que antes era ocupada com mata ciliar, como descrito anteriormente. Inclusive, ele reconhece lugares na várzea onde as plantas estão se desenvolvendo melhor: “Esse aí é o melhor rejeito que tem”, diz ele quando cava o rejeito na área de APP, em um lugar coberto por uma planta de hábito rasteiro, que ele denominou de “corda de viola”. Este depoimento confirma a heterogeneidade do rejeito depositado nas várzeas.

2.3.2.2. Peixes e animais

O subtema peixes obteve a maior frequência de citações pelas famílias com dois etnoindicadores associados: diversidade e sensibilidade. Onze tipos de peixes foram mencionados como parte da ictiofauna antes do rompimento da barragem, dos quais apenas três foram citados nas entrevistas como presentes nas águas do rio após o rompimento. A sensibilidade dos peixes foi o único etnoindicador que chegou a ser explicitamente relacionado com toxicidade do rejeito: “peixe é uma coisa muito sensível. Então, acho que se não fosse tóxico [o rejeito] não ia ter diminuído tanto” (DDC, 34 anos, M). O fato do etnoindicador “peixes” ser considerado sensível às mudanças no ambiente e de ter sido mencionado por quase todas as famílias, a exceção de uma, faz dele um bom indicador para o monitoramento ambiental, como já indicado por Benjamin et al. (2019), inclusive de forma coletiva. Estudo sobre a criação de lambaris (*Astyanax altiparane*) em aquários com água do rio Gualaxo do

Norte sugere a ocorrência de alterações morfológicas encontradas nas brânquias destes peixes provavelmente relacionadas à presença de metais pesados na água (Dias, 2022).

Outros animais foram também mencionados como indicadores de mudança ambiental, a exemplo da capivara. Segundo as famílias, a população de capivaras diminuiu muito na época do rompimento, mas agora são mais abundantes do que antes. O aumento da população de macacos também foi mencionado por uma família como uma problemática, pois estão invadindo os quintais, coisa que não acontecia antes. Outra família relata o aumento da população de cobras. Sapos e grilos foram mencionados como tendo desaparecido com o rompimento, mas que já retornaram. A ausência da vocalização destes animais após a invasão do rejeito foi o indicador da perda deles. Em geral, as pessoas associaram as mudanças nas populações de animais silvestres à perda de alimento e habitat naturais decorrentes do rompimento da barragem. Por exemplo, a invasão de macacos foi associada à perda de frutos, como os jambos, que compunham a mata ciliar antes do rompimento da barragem.

2.3.2.3. Rio e água

A cor e a turbidez da água do rio foi o terceiro etnoindicador com maior número de citações pelas famílias. As pessoas descrevem que no começo a água ficou muito suja, mas agora está mais limpa. Um dos entrevistados esclarece: “A cor da água é diferente, suja, mas demora muito pra limpar” (AP, 80 anos, H). Isto pode ser explicado pela diferença no tamanho das partículas e da constituição mineralógica dos sedimentos antes e depois do rompimento. As partículas de silte, que compõe grande parte do rejeito demoram mais para sedimentar, ao contrário das partículas de areia, em menor quantidade no rejeito. Além disso, o volume de rejeito superou em muito o volume de sedimentos usualmente carregados pelo rio. As famílias descrevem que a água ficou vermelha, o que pode ser explicado pelo conteúdo de hematita presente no rejeito. A turbidez da água é um dos indicadores importantes para analisar a poluição das águas, tanto pelos estudos acadêmicos como pelas pessoas das comunidades locais (Pires, 2020).

A morfologia e a profundidade do rio também mudaram após a avalanche de rejeitos. As famílias descrevem que algumas rochas e curvas do rio trocaram de lugar, que algumas praias e poços desapareceram e que a profundidade alterou. Em alguns lugares o rio ficou mais profundo e em outros mais raso: “tem partes do rio que não tem nem fundura, no máximo 70cm” (JGC, 60 anos, H)”.

Duas das famílias da comunidade de Campinas mencionaram a mudança nas rochas. Algumas rochas foram arrastradas pela avalanche de rejeitos e outras, de maior tamanho, viraram e trocaram de lugar. Com isto, reclamam que se perdeu a beleza do rio e que não é mais

possível usar as rochas como tradicionalmente era feito, por exemplo, como lazer e local para pesca. Piabas de grande tamanho foram associadas à posição original que tinha uma grande rocha e que a avalanche de rejeitos virou. Uma das famílias descreve essa mudança do rio da seguinte forma:

O rio era cheio de pedras furadinhas, lindas (...). Tinha uma pedra no meio do rio, a gente ficava, tomava sol, banho. Agora não tem mais (...) a lama levou as pedras (...). O rio dava para ver as pedras, agora não dá mais. O maior peixe era a piaba, peguei detrás da pedra, era linda. A pedra virou, a lama virou ela (WP, 54 anos, H).

A água para o consumo, foi avaliada pelas famílias de acordo com sua origem; se de poço ou da nascente; com parâmetros visuais (se suja ou limpa) e; com a abundância (se pouca ou muita). Em geral, diferente da água do rio, as famílias não mostraram preocupação com a qualidade da água para o consumo em decorrência do rompimento da barragem, pois esta provém de poço ou nascente.

2.3.3. Perspectiva de mudança do agroecossistema

Ao serem perguntadas se percebiam alguma mudança no solo-rejeito ou se acreditavam que mudaria, sete das famílias responderam que o rejeito não tem mudado e algumas acrescentaram que não vai mudar se os órgãos responsáveis não o tirarem das várzeas afetadas:

- “Eles nunca tiraram [o rejeito], misturaram a terra. Acredito que nunca vai acabar”. (DDC, 34 anos, M)
- “Plantaram *xiquexique* [*Crotalaria* sp.] para melhorar o solo, em lugar devia plantar coisa boa, capim e cana. Falaram que era pra melhorar o solo, mas até agora não mudou, demora muito (...) nunca vai ficar igual. Não vai ser igual antes” (AJC, 60 anos, H).
- “Eu não vou cortar aquele capim, que a gente planta e não dá nada. A terra não melhora não, vai ficar igual tá aí. Eles não fizeram nada, não trocaram a terra, não melhora não (...) eu não vou fazer nada não, eles não fizeram nada, eu não vou fazer nada” (AMDC, 80 anos, H).
- “Se a firma quiser muda né. Mas eles não tiraram a lama, não fizeram nada. Aí não muda não”(LCG, 65 anos, H).

Para algumas famílias as alterações no solo-rejeito se relacionam com o fato de voltar ao estado original. Esse processo é associado a “tirar o rejeito” e não com recuperar a funcionalidade do solo, como é entendido na recuperação de áreas degradadas.

Entretanto, outras famílias acreditam que o ambiente vai melhorar, a partir da ação da própria natureza e do manejo, mesmo que não volte a ser igual como era antes da chegada do rejeito. O desenvolvimento das plantas é seu principal indicador desta mudança. Ao serem questionados se haveria recuperação e como eles acompanhariam as mudanças, alguns responderam:

- “As plantas já recuperaram demais. A natureza de Deus é uma coisa incrível, ninguém tira ela. As folhas das árvores, esterco, vai mudar o rejeito. Não vai ser igual o que era” (WP, 54 anos, H).
- “Não tá mais aquela lama, a natureza voltou. O invisível que é o que não consegue ver, não volta ao normal, como era antes. Para mudar tem que tirar todo esse rejeito”. (AG, 40 anos, H).
- “Já mudou alguma coisa porque a firma veio, gradeou aquilo tudo, jogou calcário e a própria rebrota daquilo tudo vai virando húmus” (J EGL, 65 anos, H).

“A natureza é perfeita. Aqui mudou muito, tá tudo verdinho, a própria natureza né, vai mudando. O próprio pasto, ele acusa né. Porque por exemplo, ele [o pasto] loteava 30 animais, veio o rejeito, 10 animais acaba com ele. Hoje tem uns 15, então foi melhorando. O próprio cocô das vacas (...). O próprio rejeito já mudou, ele já é argiloso, não é mais poroso [poento]” (RRL, 37 anos, M).

Quando perguntado se o sistema agroflorestral implementado na baixada melhoraria o solo, um agricultor responde: “Tudo é manuseio, manutenção, então eu acho que sim” (J EGL, 65 anos, H).

Entretanto, deve-se ter cuidado com o tipo de “manuseio” ou manejo para a recuperação das áreas impactadas. Cientistas de solo sugeriram o recobrimento do rejeito com uma camada de solo fértil originária do entorno, após gradagem do resíduo de minério: “(...) foi adicionado cerca de 50 cm de solo fértil devidamente sistematizado e nivelado, permitindo recompor o terraço original. Os resultados finais parecem muito promissores (...)” (Schaefer et al., 2016, p.21).

Essa transposição de solo realizada em algumas das unidades familiares visitadas não foi bem avaliado pelos agricultores/as. As famílias também disseram não saber a origem do solo do entorno levado para suas áreas. Isto mostra que essas ações de recuperação dos solos foram realizadas sem a participação das pessoas atingidas.

Um dos agricultores atingidos disse que tinham levado uma “terra piçarra”. Outro agricultor relatou que levaram terra com muitas pedras (cascalho), o que foi comprovado na dificuldade para extrair uma amostra de solo com o trado holandês. Outra agricultora observou

que onde solo do entorno havia sido transposto havia uma alta densidade de tiririca (*Cyperus sp*). Esta ciperácea, muito adaptada ao pleno sol, possui caráter invasor e é de difícil manejo e normalmente não é bem-vinda nas áreas de horta. Segundo a agricultora, não havia tiririca em sua horta antes da chegada do rejeito e ela afirmou que esse solo, levado pelos órgãos envolvidos com a reparação de danos, levou junto a tiririca.

Em geral, foi observada muita heterogeneidade do solo-rejeito nos lugares onde houve adição de solo retirado do entorno. Amostras simples de rejeito vermelho-escuro podiam ser extraídas ao lado de amostras simples de solo amarelo. As plantas, como cana-de-açúcar, milho e mandioca, também mostraram grande variabilidade em poucos metros, crescendo uma planta vigorosa próxima de uma planta pouco desenvolvida, ainda que plantadas sob as mesmas condições.

Áreas invadidas pelo rejeito, onde não foi adicionado solo do entorno, receberam outras medidas como a sobreposição de uma manta plástica não biodegradável. Essa manta foi utilizada para a fixação de sementes de plantas usadas na recuperação de áreas degradadas. Porém, os restos de plástico desta manta persistem sob uma camada de 10 cm de rejeito enquanto que, segundo alguns (mas) agricultores (as), a maioria das sementes não germinaram. Desta forma, essa medida de recuperação degradou, com a adição de plástico, ainda mais a qualidade do solo já impactado.

Nas tentativas de recuperação dos ambientes impactados as entidades e atores, inclusive cientistas, encarregados da recuperação ambiental da bacia não consideraram a opinião e conhecimentos das pessoas atingidas. O Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC), que busca a reparação dos danos, não teve a participação das populações atingidas (Medeiros, 2016; Zonta e Trocate, 2016; Lima et al., 2020). A tomada de decisão sobre as ações pós-desastre mostra que “o grupo mais impactado pelo desastre, as comunidades locais, têm a menor influência no novo sistema de governança” (Lima et al., 2020, p.719).

Por isso a identificação dos etnoindicadores é importante para que as pessoas atingidas se conscientizem da importância de seus conhecimentos e saberes sobre o território e para considerar seus conhecimentos e sabedoria nos processos de tomada de decisão. O conhecimento local é valioso, pois advém do convívio com o território há muitas gerações (Toledo e Barrera-Bassols, 2010; Castillo et al. 2020) e, em muitos casos, é diferente daqueles conhecimentos que os técnicos e cientistas possuem.

Respostas a desafios ambientais de grande magnitude, como o gerado pelo desastre do rio Doce serão incompletas usando unicamente o sistema de conhecimentos acadêmicos. Por exemplo, sistemas de conhecimentos científicos articulados aos sistemas de conhecimentos

locais foram necessários para alcançar as respostas ao desafio ambiental da erosão no Himalaia. Nesse exemplo, enquanto a ciência considerou os efeitos *ex-situ* da perda de solo, em períodos longos, as pessoas que conviviam diariamente com o problema da erosão consideraram os efeitos *in-situ* de curto prazo (Toledo e Barrera-Bassols, 2010).

Além destes conhecimentos, é necessário a adoção de manejos que acelerem os processos naturais de recuperação do ambiente. Certamente o solo-rejeito tem mudado e continuará a mudar com o tempo, mas as mudanças serão mais rápidas se acompanhadas de manejo adequado. No entanto, o ambiente não volta ao estado original, tanto no sentido material como no imaterial. No sentido material, os fatores de formação do solo, clima, relevo, organismos, material de origem e tempo serão diferentes dos que originaram os solos flúvicos, Cambissolos e Gleissolos que foram soterrados pelo rejeito.

No sentido imaterial, o solo-rejeito não volta a ser o que era antes porque houve uma ruptura nas práticas, no modo de vida e na relação com familiares que morreram, relação esta mediada pela terra produtiva que tinham antes e pelo simbolismo que a terra representa, como expressado por uma das mulheres atingidas: “A horta é uma casa para a gente” (FGG, 82 anos, M). Muitas comunidades locais de outros lugares do mundo entendem a terra como mãe (Cardoso et al. 2018; Toledo e Barrera-Bassols 2010), o que encerra um profundo simbolismo.

Em um dos Intercâmbios Agroecológicos promovidos para a socialização dos resultados de pesquisa (Capítulo 3), um agricultor usou a cerca como objeto de representação do pensamento dele. Ele disse que a cerca é muito útil, por exemplo, para fazer o galinheiro e cercar o gado, mas que também temos cercas em nossos corações e que precisamos aprender que cada cerca tem uma porteira ou uma saída. O rejeito, com certeza, é uma cerca e a saída para esta cerca, pelo que indicado na fala dos agricultores/as, é a própria natureza.

2.4. Conclusões

O rompimento da barragem de rejeito da Samarco/ Vale / BHP Billiton interrompeu de forma abrupta e violenta o modo de vida das pessoas. As práticas das famílias atingidas relacionadas com a produção, a alimentação, a saúde e o lazer foram alteradas. Com isto, o valor simbólico relacionado a estas práticas foi negativamente afetado. Não obstante, as famílias continuam no território construindo sua própria história, em uma tensa relação entre adaptação e resistência, que lhes confere o caráter de atores sociais.

O conhecimento dos agroecossistemas, aprimorado com o tempo, permite que as famílias dessas comunidades identifiquem com precisão as mudanças ambientais ocorridas após a chegada do rejeito. Trinta e dois etnoindicadores associados aos elementos da natureza água,

solo, plantas e animais foram identificados em entrevistas com as famílias. O solo, ou terra, teve a maior quantidade de etnoindicadores associados, evidenciando uma forte relação das pessoas com a terra.

A produtividade, o desenvolvimento das plantas e a diversidade de peixes foram os indicadores mais sensíveis para descrever e explicar mudanças ambientais. Isto porque estes indicadores integram outros indicadores associados ao solo e à água e juntos conectam-se diretamente à sobrevivência das pessoas em seus territórios. Os principais indicadores identificados para monitorar e avaliar as mudanças ao longo do tempo são a sobrevivência e desenvolvimento das plantas e a presença e abundância de peixes.

A perspectiva sobre a recuperação da qualidade dos agroecossistemas diferiu entre as famílias. As diferenças estão associadas aos valores simbólicos associados à natureza e às experiências com o processo de reparação de cada família. Desconsiderar o conhecimento e opinião das pessoas que convivem diariamente com o problema socioambiental leva a medidas de recuperação que podem até mesmo piorar a qualidade dos solos impactados.

Os etnoindicadores, elaborados a partir do conhecimento local, são sensíveis para monitorar e avaliar as mudanças e devem ser considerados na tomada de decisão sobre o consumo de alimentos e as medidas mitigadoras do território atingido pelo rejeito de barragens ou outros desastres ambientais.

2.5.Referências

- ALMEIDA, C. A. et al. Characterization and evaluation of sorption potential of the iron mine waste after Samarco dam disaster in Doce River basin – Brazil. **Chemosphere**, v. 209, p. 411–420, out. 2018.
- ARAUJO, D. M. et al. Biodegradation studies on fatty amines used for reverse flotation of iron ore. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 64, n. 2, p. 151–155, mar. 2010.
- ARSHAD, M. A.; LOWEY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. **Soil Science Society of America**, v. 49, p. 123–141, 1996.
- BARDIN, L., 1977. **Análise de conteúdo**. Persona. 288p.
- BARRERA-BASSOLS, N., ZINCK, J.A. Ethnopedology: a worldwide view on the soil knowledge of local people. **Geoderma** 111, 171–195. 2003.
- BARRIOS, E. A, DELVE, R.J., BEKUNDA M., MOWO, J., AGUNDA J., E., RAMISCH, J., TREJO, M. T., THOMAS, R.J. Indicators of soil quality: A South–South development of a methodological guide for linking local and technical knowledge. **Geoderma** 135, 248–259. 2006.
- BENJAMIN, L. D. A; SOUZA, J. D. S; ALMEIDA, F. B.; PIRES, L. G.; GOULART, A. M. A.; LIMA, G. V. P. Peixes como bioindicadores de contaminação aquática. In: Davi Lopes do Carmo, Djalma Silva Pereira, Elizangela da Silva Miguel, Sílvia Oliveira Lopes, Sílvia Eloiza Priore. (Org.). Pesquisa em Agroecologia: conquistas e desafios. 1ed.Viçosa: Funarbe, 2019, v. 1, p. 378-397.
- BORDA, F. Investigating reality in order to transform it: the colombian experience. **Dialectical Anthropology** 4, 33-55, 1979.
- BÜNEMANN, E. K. et al. Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 120, p. 105–125, maio 2018.
- CAVALLIERI, H. C. F. **Estudo da biodegradação de éter-aminas utilizadas na flotação do minério de ferro**. 2011. 201 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.
- CASALINHO, H. D.; DE LIMA, A. C. R. Integração de conhecimentos na construção de uma metodologia para avaliação da qualidade do solo. In: CARDOSO, I. M., CLAUDENIR, F. (ed.). **Solos e Agroecologia**. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.
- CALIXTO, J. S. **De palmo em palmo a terra muda de jeito: diálogos sobre qualidade do solo**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos e Nutrição de Plantas. 158 f. 2015.
- CARDOSO, I. M.; MUGGLER, C. C.; CLAUDENIR, F.; MENDOÇA, E. de S.; OLIVEIRA, T. S.; LIMA, A. C. R.; CASALINHO, H. D.; FERNANDES, R. B. A. Resignificar nossas percepções sobre o solo: atitude essencial para manejar agroecossistemas sustentáveis. In:

CARDOSO, I. M.; CLAUDENIR, F.(ed.). **Solos e Agroecologia**. – Brasília, DF : Embrapa, 2018

CASAS, N. A. C.; DE CASTRO, M. F.; CARDOSO, I. M. Macrofauna edáfica em pastagens afetadas pelo rejeito da barragem de Fundão. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 7, 2023, Universidade Federal de Viçosa (Viçosa). **Anais do VII Simpósio Mineiro de Ciência do Solo, 18 a 22 de abril de 2023**. Viçosa, MG: editor Daniel Nunes da Silva Junior, 2023. p 51. Disponível em: <https://smcs.ufv.br/anais-palestras/> Acesso em: 13 jun. 2024.

CARVALHO, N. F. **A mediação na reparação de danos provocados pelo rompimento da barragem de Fundão aos fiscoadores e Pescadores artesanais da região de Rio Doce/MG**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural. 2019.

CASTILLO, L.; LADIO, A. Traditional veterinary solutions for herders living in limited and changing conditions: A case study of “crianceros” of Central Northern Patagonia, Argentina. **Journal of Arid Environments**, v. 145, p. 90–101, out. 2017.

CASTILLO, L.; ROSTAGNO, C. M.; LADIO, A. Ethnoindicators of Environmental Change: Local Knowledge used for Rangeland Management Among Smallholders of Patagonia. **Rangeland Ecology & Management**, v. 73, n. 5, p. 594–606, set. 2020.

COELHO, D. G., MARINATO, C. S., MATOS, L. P. DE, ANDRADE, H. M. DE, SILVA, V. M. DA, NEVES, P.H. S., OLIVEIRA, J. A. DE. Evaluation of Metals in Soil and Tissues of Economic Interest Plants Grown in Sites Affected by the Fundão Dam Failure in Mariana, Brazil. **Integrated Environmental Assessment and Management**. Volume 16, Number 5, pp. 596–607, 2020. DOI 10.1002/ieam.4253

DAVILA, R. B. **Metais pesados no rejeito e em solos de planícies aluviais afetadas pelo rompimento da barragem de fundão, mariana (MG)**. Dissertação. Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, UFV, 2018

DAVILA, R.B., FONTES, M. P. F., PACHECO, A. A., FERREIRA, M. DA S. Heavy metals in iron ore tailings and floodplain soils affected by the Samarco dam collapse in Brazil. **Science of the Total Environment** 709. 2020. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.136151

DELIBERALI, D. **Percepção ambiental, uso da terra e processos erosivos em um assentamento de reforma agrária**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos e Nutrição de Plantas. 137 f. 2013.

DESCHAMPS, E., CIMINELLI, V. S. T., LANGE, F. T., MATSCHULLAT, J., RAUE, B., SCHMID, H. Soil and Sediment Geochemistry of the Iron Quadrangle, Brazil: The Case of Arsenic. **J Soils & Sediments** 2 (4) 216 – 222, 2002.

DIAS, P. P. **Saberes do rio Gualaxo do Norte: etnoindicadores e ecotoxicologia para monitoramento ambiental**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia. 96 f. 2022.

DUQUE-BRASIL, R. **Etnobotânica: Reflexões sobre conceitos e métodos de pesquisa.** ETNOIKOS – Grupo de Estudos Transdisciplinares em Etnoecologia Universidade Federal de Viçosa. 2010. Texto não publicado.

EMBRAPA. **Avaliação dos Impactos Causados ao Solo pelo Rompimento de Barragem de Rejeito de Mineração em Mariana**, MG: Apoio ao Plano de Recuperação Agropecuária. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2015.

FIGUEIREDO, M. D. et al. Tailings from Fundão Tragedy: Physical–Chemical Properties of the Material That Remains by Candonga Dam. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 16, n. 5, p. 636–642, set. 2020.

FREIRE, P. **Extensão ou Comunicação?** 8. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1983. 127 p

FERREIRA, D. A. **Avaliação de metais em plantas cultivadas nos solos impactados pelo rejeito de minério de ferro da Barragem de Fundão.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Biomas Tropicais, 72 f. 2020.

GUERRA, M. B. B., TEANEY, B. T., MOUNT, B. J., ASUNSKIS, D. J., JORDAN, B. T., BARKER, R. J., SANTOS, E. E., SCHAEFER, C. E. G. R. Post-catastrophe Analysis of the Fundão Tailings Dam Failure in the Doce River System, Southeast Brazil: Potentially Toxic Elements in Affected Soils. **Water Air Soil Pollut.** 228: 252. 2017. DOI 10.1007/s11270-017-3430-5

HATJE, V., PEDREIRA, R. M. A., REZENDE, C. E., SCHETTINI, C. A. F., SOUZA, G. C., MARIN, D. C., HACKSPACHER, P. C. The environmental impacts of one of the largest tailing dam failures worldwide. **Scientific Reports**, 7: 10706, 2017. DOI 10.1038/s41598-017-11143-x

JARAMILLO, Daniel Francisco Jaramillo. **El suelo: origen, propiedades, espacialidad.** Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2014.

LADIO, A. H. Ethnobiology and research on Global Environmental Change: what distinctive contribution can we make? *Ethnobiology and Conservation*, p. 1–8, 14 jul. 2017.

LAL, R.; SHUKLA, M. K. **Principles of Soil Physics.** 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2004.

LIMA, A. T., BASTOS, F. A., TEUBNER JR., F. J., NETO, R. R., COOPER, A., BARROSO, G. F. Strengths and Weaknesses of a Hybrid Post-disaster Management Approach: the Doce River (Brazil) Mine-Tailing Dam Burst. **Environmental Management** 65:711–724, 2020. DOI 10.1007/s00267-020-01279-4

MELO, A. S. E., FILHO, O. N. M., CHAVES, H. V. Lewin e a pesquisa-ação: gênese, aplicação e finalidade. **Fractal: Revista de Psicologia**, v. 28, n. 1, p. 153-159, 2016. DOI 10.1590/1984-0292/1162

MEDEIROS, É. Longe das vítimas, governo assina acordo sobre desastre de Mariana. **Agência Pública**, 03 Mar 2016. Disponível em: < <http://apublica.org/2016/03/longe-das-vitimas-go-verno-assina-acordo-sobre-desastre-de-mariana/> >. Acesso em: 19 Jul 2022.

OLIVEIRA, Rafael Monteiro de. **Quintais e uso do solo em propriedades familiares**. 2015. 102f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2015.

OLIVEIRA, S. S.; PORTELLA, S.; KATONA, L. L. Interseccionalidade e rupturas dos modos de vida pelos rompimentos de barragem: reflexões a partir de uma mídia em aderência. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde**, v. 15, n. 2, 30 jun. 2021.

PALMA, H. P. **Recuperação variável dos tecnossolos do rejeito da barragem de Fundão sob diferentes coberturas vegetais**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa.

PAULA, J. B. DE S. **Biocondicionamento ex-situ do solo e rejeito do ambiente afetado pelo rompimento da barragem de Fundão**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos e Nutrição de Plantas. 100 f. 2018.

PIMENTEL, M. S.; AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F.; COSTA, J. R.; RICCI, M. S.; DE-POLLI, H. Atributos biológicos do solo sob manejo orgânico de cafeeiro, pastagem e floresta em região do médio paraíba fluminense, RJ. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 85-93, jul./dez. 2006.

PIRES, L.G., 2020. **A água não está para peixe: etnohidrologia e os indicadores de qualidade da água**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia. Universidade Federal de Viçosa. 78p.

PLOEG, J. D. D. 2008. Camponeses e Impérios Alimentares: lutas por autonomia e sustentabilidade na era da globalização. Rio Grande do Sul: UFRGS.

REASON, P., BRADBURY, H. Eds. **The SAGE Handbook of Action Research Participative Inquiry and Practice**. SAGE Publications. Second edition, 2008.

RESENDE, Mauro, CURI, Nilton, REZENDE, Sérvulo Batista de, CORRÊA, Gilberto Fernandes, KER, João Carlos. zL. 6º Ed. Editora UFLA, Lavras, MG, p. 378, 2014.

REYES B., J. A. Como conocer la realidad para transformarla por la praxis: una aproximación a la construcción del conocimiento popular. **TraHs** Números especiales N°3, 86-99 p, 2018

SANTOS, R.D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5a. Edição. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2005.

SCHAEFER, C. E. G. R., DOS SANTOS, E. E., FILHO, E. I. F., DE ASSIS, I. R. Paisagens de lama: os tecnossolos para recuperação ambiental de áreas afetadas pelo desastre da barragem do Fundão, em Mariana. **Boletim informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo** / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Volume 42. Número 1 Janeiro/Abril de 2016.

SEABRA, M. C. T. C. de. **A formação e a fixação da língua portuguesa em Minas**

Gerais: a toponímia da Região do Carmo, 2004, 368 f. Tese (Doutorado em Linguística), Programa de Pós-Graduação em Estudos Linguísticos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SEGURA, F. R., Nunes, E. A., Paniz, F. P., Paulelli, A. C. C., Rodrigues, G. B., BRAGA, G. U. L., FILHO, W. R. P. BARBOSA JR., F., CERCHIARO, G. SILVA, F. F., BATISTA, B. L. Potential risks of the residue from Samarco's mine dam burst (Bento Rodrigues, Brazil). **Environmental Pollution** 218, 813-825, 2016. DOI 10.1016/j.envpol.2016.08.005

SELINGARDI, Sérgio Cristóvão. **Educação religiosa, disciplina e poder na terra do ouro: a história do Seminário de Mariana, entre 1750 e 1850**. 2007. 222 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

SILVA, D. DE C, BELLATO, C. R., NETO, J. DE O. M., FONTES, M. P. F. Trace elements in river waters and sediments before and after a mining dam breach (Bento Rodrigues, Brazil). **Quim. Nova** XY, 1–10, 2018. DOI 10.21577/0100-4042.20170252.

SILVA, G. P.; FONTES, M. P. F.; COSTA, L. M. da; BARROS, N. F. de. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA E MINERALÓGICA DE ESTÉREIS E REJEITO DA MINERAÇÃO DE FERRO DA MINA DE ALEGRIA, MARIANA-MG. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 45–52, 2007. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/2171>. Acesso em: 6 jul. 2022.

SOLDATI, G. T.; HANAZAKI, N.; CRIVOS, M; ALBUQUERQUE, U. P. Does Environmental Instability Favor the Production and Horizontal Transmission of Knowledge regarding Medicinal Plants? A Study in Southeast Brazil. **PLoS ONE**. May 20, 2015. DOI:10.1371/journal.pone.0126389

SUÁREZ, L. R.; CUARÁN, S. P.; SALAZAR, J. C. S. Soil Macrofauna and Edaphic Properties in Coffee Production Systems in Southern Colombia. **Floresta e Ambiente**, v.26, n.3, 2019.

TOLEDO, V.M., BARRERA-BASSOLS, N., 2010. **La Memoria Biocultural**. Cuadernos de Biodiversidad. Barcelona.

WANDERLEY, M. DE N. B. Agricultura familiar e Campesinato : rupturas e continuidade. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, 21, Outubro, 2003: 42-6.

ZONTA, M., TROCATE, C. (Orgs.). **Antes fosse mais leve a carga: Reflexões sobre o desastre da Samarco/ Vale / BHP Billiton**. A questão mineral no Brasil - Vol.2. Marabá, PA: Editorial iGuana, 237 p. 2016.

3. CAPÍTULO 2. ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS EM SOLO E PLANTA AFETADOS PELO REJEITO APÓS O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO FUNDÃO (BACIA DO RIO DOCE)

Resumo: A presença de elementos potencialmente tóxicos no rejeito liberado pelo rompimento da barragem de Fundão (bacia do rio Doce) e a inocuidade dos alimentos produzidos nos solos impactados continuam sendo uma preocupação das famílias atingidas. Resultados divergentes tem sido encontrados enquanto à presença desses elementos nos solos impactados e poucas avaliações foram feitas nos alimentos neles cultivados, em especial daqueles que fazem parte da dieta das famílias. Objetivou-se avaliar a concentração de elementos potencialmente tóxicos em amostras de solos impactados e não impactados pelo rejeito e em raízes de mandioca neles cultivadas. Para tanto, 18 amostras de solo impactado e 18 de solo não impactado pelo rejeito e 16 amostras de raízes de mandioca foram coletadas em seis unidades familiares de comunidades rurais de Mariana e Barra Longa, Minas Gerais. Os resultados evidenciaram a presença de elementos potencialmente tóxicos (As, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn), tanto nos solos impactados quanto nos solos não impactadas pelo rejeito, porém os teores encontrados não superam o valor limite a partir do qual existe risco à saúde humana segundo a legislação Brasileira. Os teores de Cr e Ni, provavelmente relacionados com o material de origem, nas áreas não impactadas superaram o valor acima do qual, teoricamente, são comprometidas as funções do solo. Entretanto, não se observou a campo e não foi relatado pelas pessoas atingidas nenhum problema com os solos ou plantas neles cultivadas. Os solos não impactados tiveram maiores valores de matéria orgânica do que os solos impactados e os solos impactados tiveram maior o pH, teores de Ca e de saturação por bases. A proporção de silte foi maior também no solo impactado. Nas raízes de mandioca não foi detectado As, Cd, Cr e Pb e os teores encontrados de Ba, Cu, Ni e Zn estão abaixo dos limites considerados tóxicos. As análises químicas e os valores de referência de qualidade da legislação brasileira sobre áreas contaminadas se mostram limitadas para avaliar a qualidade dos solos impactados pelo rejeito. A matéria orgânica e a granulometria do solo que, no caso em estudo, foram afetados pelo rejeito não são considerados pela legislação. Isto impede que a qualidade integral do solo seja realmente avaliada e que sejam empreendidas as ações de controle necessárias para devolver a qualidade ao solo. Isto significa que no solo com rejeito menos (teores de elementos) pode ser mais (tóxico) e no solo não impactado mais (teores de elementos) pode ser menos (tóxico), devido a melhor qualidade integral do solo. Adicionalmente, a adoção exclusiva da avaliação técnica para qualificar o ambiente coloca as pessoas atingidas em vulnerabilidade. É

importante analisar o solo e o ambiente considerando também a própria avaliação das pessoas atingidas, a partir de seu conhecimento, percepção e critérios de avaliação sobre as mudanças do ambiente onde vivem (etnoindicadores). Houve perda de qualidade dos solos impactados e que esta perda não é considerada no estabelecimento dos limites para avaliação dos riscos por elementos potencialmente tóxicos. Com isto, mesmo que segundo os parâmetros da legislação brasileira os teores de elementos potencialmente tóxicos encontrados nos solos impactados estejam abaixo dos limites, não se pode afirmar que eles não apresentam risco à saúde. Os solos impactados devem continuar sendo monitorados, levando em consideração não apenas indicadores químicos, mas também físicos, biológicos e etnoindicadores.

Palavras-chave: Qualidade do solo. Risco ambiental. Bioacumulação. Mandioca. Metais pesados.

3.1.Introdução

A exploração minerária modifica profundamente os ecossistemas (Portella, 2015) e, em geral, provoca severos danos ambientais e sociais, tais como a desestruturação, a contaminação do solo com metais, a remoção geral de vegetação e do solo arável (Colombini et al., 2022); a diminuição da infiltração d'água e; a retirada da camada rica em matéria orgânica, essencial para a vida no solo (Freitas et al., 2016).

Um dos maiores desastres ecológicos na história da humanidade foi ocasionado pelo rompimento da barragem de rejeito minerário, localizada em Mariana, na bacia do rio Doce. O rompimento da barragem denominada Fundão liberou aproximadamente 40 milhões de metros cúbicos de rejeitos, afetou 663,2 km do curso do rio Doce e seus afluentes, atingiu 39 municípios (Ibama, 2015) e provocou impactos socioambientais negativos de alta e abrangente magnitude. Apesar dos acordos estabelecidos entre entidades públicas e privadas para a recuperação da bacia, após oito anos, alguns atingidos ainda enfrentam incertezas quanto à segurança da produção e do consumo de alimentos cultivados nas várzeas impactadas pelos rejeitos e que podem estar contaminadas com metais pesados.

Enriquecimento notável de As e Mn em solos das planícies de inundação afetadas pelo rejeito foram identificados pouco tempo após o rompimento da barragem (Guerra et al., 2017). No entanto, os teores da fração móvel de As não superaram a “regra das 100 vezes” na qual um resíduo pode ser considerado perigoso se a fração móvel dos elementos for superior a 100 vezes os valores das diretrizes para água potável (US-EPA, 1994). Os teores de Mn ficaram abaixo de teores encontrados em amostra de solo não afetada pelo rejeito e não excederam o limite preconizado pela “regra das 100 vezes” (Guerra et al. 2017). Em outro estudo (Dávila et al., 2020), os teores de As, Ba, Co e Ni apenas no solo não afetado pelo rejeito excederam os valores de referência de qualidade do solo (VRQ). Ainda segundo Dávila et al. (2017), a maioria dos elementos foi extraída predominantemente na fração residual e, por isto, apresentaram baixo risco de mobilidade para o ambiente.

Alguns autores consideram que o rejeito depositado às margens do rio é heterogêneo e pode apresentar valores anômalos de alguns elementos (Segura et al., 2016, Dávila et al., 2020). Esta heterogeneidade foi atribuída à mistura do rejeito com o sedimento que já estava no fundo do rio e que continha grandes quantidades de elementos traço. Resultados como estes, levam alguns autores a afirmarem que a presença de metais pesados no solo da região e nos sedimentos dos rios é consequência da natureza litológica e ou do histórico de mineração da região (Deschamps et al., 2002, Hatje et al., 2017) e que o rejeito depositado pelo rompimento da

barragem não se comporta como uma bomba relógio, ou seja, não disponibilizará com o tempo metais pesados para o ambiente (Dávila et al., 2020).

Entretanto, outras pesquisas mostraram resultados contrários. Estudo foi realizado com amostras coletadas às margens do rio Carmo sete meses antes e seis meses após o desastre para analisar elementos traço inicialmente nos sedimentos aluviais e posteriormente nos mesmos sedimentos misturados ao rejeito. Os autores concluíram que as concentrações de As (20%), Cd (13%), Co (5%), Cr (9%), Cu (11%), Ni (4%), Pb (7 %) e Zn (19%) nas frações consideradas disponíveis aumentaram nos sedimentos aluviais afetados pelo rejeito, o que é indicativo de alto risco ecotoxicológico e potenciais danos à saúde da população local (Silva et al., 2018).

A inconsistência dos resultados sobre o impacto do rejeito nos solos e sedimentos sugere a necessidade de novas pesquisas. Além disto, conhecer o conteúdo dos metais no solo e as frações nas quais os metais se encontram, embora importante, não é suficiente. Esses dados por si só não fornecem informações sobre o possível significado biológico das acumulações de metais nos solos (Long e Chapman, 1985). Assim faz-se importante saber se as plantas conseguem absorver esses elementos, em estudos sobre bioacumulação e translocação dos elementos nas plantas. Folhas, caules e raízes de *Brachiaria decumbens*, *Stylosanthes guianensis* e *Saccharum officinarum* apresentaram maiores teores de Fe, Mn, Cu e Cr em áreas afetadas pelo rejeito do que em áreas não afetadas (Coelho et al., 2020). Adicionalmente, amostras de *B. decumbens* coletadas em áreas impactadas próximas à barragem apresentaram maiores concentrações de Al, Ba, Cd, Fe, Mn e Pb, porém com valores abaixo do limite seguro para alimentação de bovinos (Ferreira, 2020).

A análise de elementos potencialmente tóxicos em plantas forrageiras é importante devido à grande extensão em pastagens da região impactada pelo desastre. Entretanto, além das forrageiras, a avaliação de plantas alimentícias cultivadas no rejeito é imprescindível, pois elas são componentes da segurança alimentar de muitas famílias e, portanto, consumidas de maneira direta e permanente pela população atingida.

As concentrações de Fe em mamão, manga, banana, goiaba, milho e cana plantados no solo impactado pelo rejeito não diferiram das concentrações de Fe desses vegetais plantados em áreas adjacentes não impactadas (Ferreira, 2020). Destas plantas, as partes aéreas são consumidas. Entretanto, plantas importantes para a segurança e soberania alimentar das famílias cujas partes comestíveis são subterrâneas, a exemplo da mandioca, ainda não foram analisadas, até onde se tem conhecimento e as pessoas atingidas continuam a questionar se podem ou não se alimentar de plantas cultivadas em solos invadidos pelo rejeito.

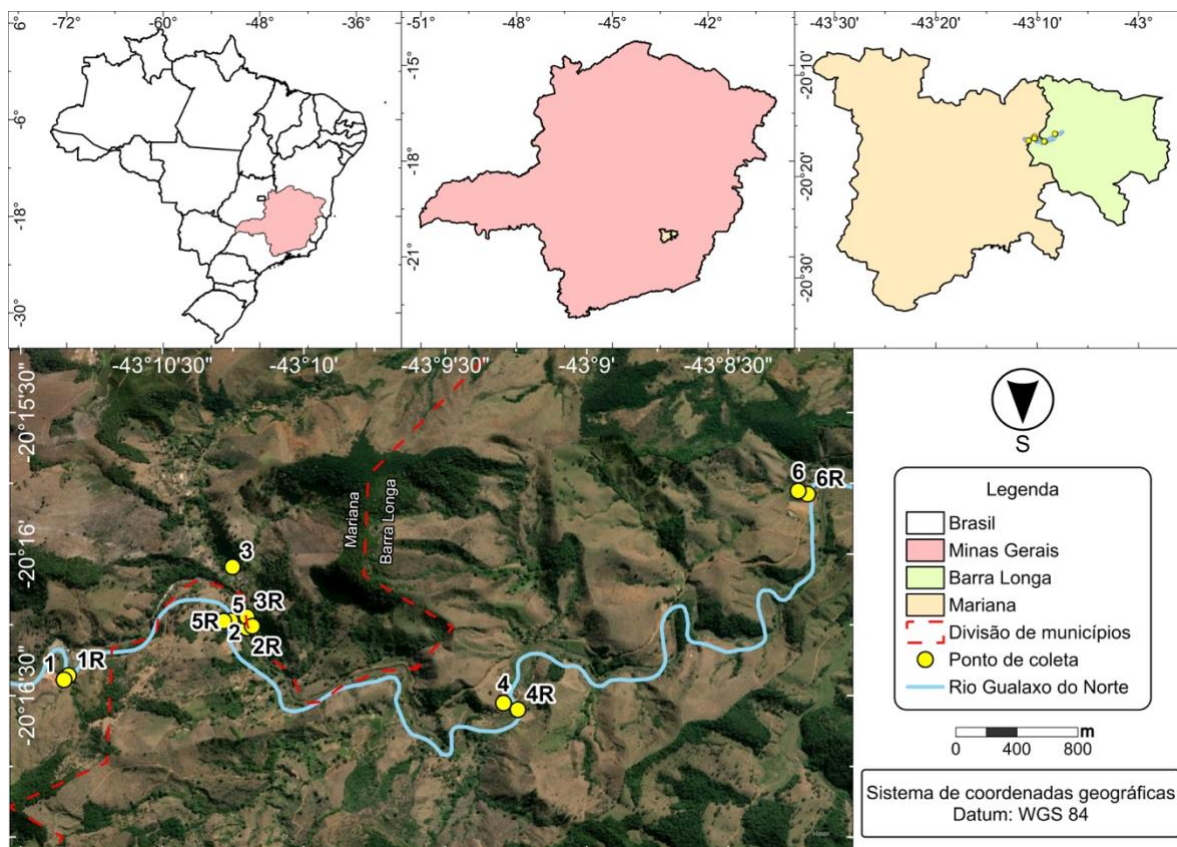
Objetivou-se avaliar o impacto de rejeitos de mineração na qualidade ambiental. Especificamente analisou a presença de elementos potencialmente tóxicos em amostras de solos e em raízes de mandioca de áreas afetadas e não afetadas por rejeito de mineração.

3.2. Material e Método

3.2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado em seis unidades produtivas de agricultura familiar localizadas em comunidades rurais dos municípios de Mariana e Barra Longa. As unidades familiares do município de Mariana localizam-se nas comunidades rurais de Campinas e Guerra e as unidades familiares de Barra Longa localizam-se nas comunidades rurais de Barreto e Gesteira. Essas comunidades rurais estão localizadas às margens do rio Gualaxo do Norte (bacia do rio Doce), aproximadamente a 35 km em linha reta a partir do local da barragem, no epicentro do desastre, onde o rejeito extrapolou a calha do rio e invadiu suas margens. Nestas margens encontram-se casas, quintais (com hortas, pomares e jardins), pastagens e outras áreas de cultivo. A área de amostragem (Figura 1) encontra-se no médio curso do rio Gualaxo do Norte, que é formado pelas sub-bacias Maravilha, Bruto, Águas Claras, Gesteira e Engenho (Costa 2001).

Figura 1. Área de estudo e pontos de amostragem às margens do rio Gualaxo do Norte (bacia do rio Doce), na divisa entre os municípios de Mariana (à esquerda) e Barra Longa (à direita), Minas Gerais. Pontos amarelos com letra R representam as áreas afetadas pelo rejeito e pontos sem letra representam as áreas não afetadas.



Fonte: elaboração própria

O rio Gualaxo do Norte nasce e percorre a região denominada Quadrilátero Ferrífero, em sua porção leste. O Quadrilátero Ferrífero corresponde a um bloco de estruturas geológicas do Pré-Cambriano, elevadas em seus quatro lados por erosão diferencial (Ruchkys, 2007). Ao leste do Quadrilátero, quartzitos e itabiritos formam cristas que dão origem ao conjunto formado pela Serra do Caraça e a ponta sul da Serra do Espinhaço (Ruchkys et al., 2012), lugar onde nasce o rio Gualaxo do Norte. Cristas, encostas dissecadas e vales encaixados formam o geoambiente de transição entre as escarpas e serranias da borda leste do Quadrilátero Ferrífero e os Mares de Morros, por onde percorre o rio Gualaxo do Norte. Nos Mares de Morros o rio percorre por declividades menores, onde se desenvolvem planícies mais amplas e terraços que abrigaram boa parte dos rejeitos (Schaefer et al., 2015). No curso médio do rio Gualaxo do Norte, afloram litotipos do Supergrupo Rio das Velhas e do Complexo Mantiqueira. Os principais tipos de rochas identificadas são milonitos, esteatitos, gnaisses e anfibolitos (Costa, 2001).

As áreas de estudo foram selecionadas obedecendo aos seguintes critérios: i. unidades produtivas com área agrícola atingida pelo rejeito (horta, pomar ou capineira); ii. unidades produtivas pertencentes à agricultura familiar; iii. interesse e disponibilidade da família da unidade produtiva para participar da pesquisa, iv. unidades produtivas participantes da

assessoria técnica agroecológica oferecida pela Organização Cooperativa de Agroecologia (OCA), parceira da pesquisa.

Nas áreas de estudo, logo após o rompimento da barragem, áreas afetadas receberam adição de camadas de solo exógeno, oriundo da região do entorno. Esse procedimento foi adotado em uma tentativa de recuperação do ambiente, sugerida por equipe técnica da UFV. De acordo com os relatórios dessa equipe, experimentos realizados nas áreas atingidas demonstraram resultados promissores, recomendando a prática para as demais áreas afetadas (Schaefer *et al.*, 2016).

O estudo foi conduzido em uma várzea de 11 ha da região, onde inicialmente uma gradagem da camada de 10 cm de rejeitos foi realizada para romper o selamento do material resistente à penetração. A seguir, cerca de 50 cm de solo fértil nivelado foram adicionados sobre o rejeito para recompor o terraço original (Schaefer *et al.*, 2016). Adicionalmente, as áreas de recuperação receberam fertilizante, calcário e adubo orgânico (RENOVA, 2021). No entanto, algumas famílias atingidas relataram que esses procedimentos não recuperaram, ao contrário, pioraram o solo de suas várzeas impactadas pelo rejeito (Capítulo 1). Isto ocorreu, segundo essas famílias, porque o solo utilizado para recobrir os rejeitos foi de má qualidade. Uma família relatou que o solo adicionado possuía grande proporção de brita, outra família descreveu que o solo adicionado era “terra fraca”, “terra piçarra” e outra família observou que a invasão por tiririca (*Cyperus rotundus*) aumentou muito nos locais atingidos que receberam a adição de solo. Além do mais, as famílias reclamaram que não foram informadas da origem e composição do material que estava sendo adicionado em suas áreas.

3.2.2. Amostragem do solo

Amostras de solo (denominado solo sem rejeito) e de solo misturado com rejeito (denominado solo com rejeito) foram coletadas em seis unidades familiares em março de 2022 (Tabela 1). Em cada unidade familiar, para cada condição do solo, três amostras compostas foram coletadas a uma distância de três a cinco metros, a depender do tamanho da unidade familiar. As amostras compostas foram constituídas pela coleta de cinco amostras simples (0 a 20 cm de profundidade), sendo uma coletada no centro e as outras nos 4 pontos cardeais, a um metro de distância entre cada amostra simples e entre três a cinco metros entre amostras compostas. Procurou-se amostrar o solo sem e com rejeito em uma mesma posição ou em posição próxima da paisagem, a depender das condições de campo.

Tabela 1. Pontos de amostragem de solo em seis unidades produtivas impactadas pelos rejeitos de minério oriundos do rompimento da barragem do Fundão, localizadas nas comunidades de Barreto (Barra Longa) e Campinas (Mariana), bacia do rio Doce, Minas Gerais.

Ponto de coleta	Altitude (m)	Posição da paisagem	Uso	Coordenadas UTM	
				Longitude	Latitude
Áreas com rejeito					
1 _{Gu}	456	Terraço fluvial	Horta e mandioca	-43.18052	-20.27382
2 _C	436	Leito maior	Pomar e mandioca	-43.17002	-20.27102
3 _C	430	Terraço fluvial	Capineira (cana)	-43.17001	-20.27035
4 _B	439	Leito maior	Capineira e mandioca	-43.15406	-20.27583
5 _B	428	Leito maior	Horta e mandioca	-43.17096	-20.27060
6 _{Ge}	407	Leito maior	Horta	-43.13699	-20.26314
Áreas sem rejeito					
1 _{Gu}	471	Transição terraço encosta	Pomar (goiaba)	-43.18079	-20.27407
2 _C	450	Transição terraço encosta	Pomar	-43.16969	-20.27091
3 _C	407	Terraço fluvial	Pomar e mandioca	-43.17086	-20.26742
4 _B	454	Transição terraço encosta	Capineira (milho)	-43.15491	-20.27544
5 _B	460	Transição terraço encosta	Pastagem com árvores	-43.17138	-20.27061
6 _{Ge}	423	Terraço fluvial	Capineira e mandioca	-43.13755	-20.26295

Comunidades onde os solos foram amostrados: Gu = Guerra; C = Campinas; B = Barretos; Ge = Gesteira.

Na unidade familiar 1, o solo sem rejeito foi amostrado em um pomar de goiaba com capim braquiara nas entrelinhas, atrás da casa. O solo impactado pelo rejeito foi amostrado na horta e no pomar, em frente à casa. No momento da coleta de solos, na horta havia mandioca, milho, quiabo, fava e algumas plantas espontâneas, dentre elas erva baleeira, cosmos, cravinha e sojinha perene. No pomar havia citrus, manga, banana, figo, roseira, abacaxi e algumas plantas indicadoras da qualidade do solo, dentre elas vassourinha, macaé, capoeira branca, falso jaborandi ou pimenta de macaco e mentrasto. Segundo o proprietário, em sua área não houve nenhuma tentativa de recuperação do solo como retirada do rejeito, gradagem, adubação ou adição de solo exógeno e gradagem.

Na unidade familiar 2, o solo não impactado foi amostrado em um pomar, cultivado com acerola, jabuticaba e citrus, localizado detrás da casa. O solo impactado pelo rejeito foi amostrado em um pomar, em frente da casa, cultivado com citrus, cana, abacaxi, banana, graviola, alfazema de caboclo, mandioca roxa e quiabo. Segundo os proprietários, o rejeito da estrada em frente à casa foi retirado, mas nenhuma ação foi realizada no pomar impactado.

Na unidade familiar 3, o solo não impactado foi amostrado no pomar, cultivado com citrus, mandioca, abacaxi, saião, banana, gengibre, dama da noite, manga, capim-elefante e maracujá, localizado detrás da casa. O solo impactado pelo rejeito foi amostrado em área cultivada com capim e cana, distante 500 m da casa, próxima à margem do rio. Segundo os proprietários, solo exógeno foi colocado na área impactada e a produção do primeiro cultivo de cana-de-açúcar foi boa, mas a segunda não.

Na unidade familiar 4, o solo não impactado foi amostrado em uma área gradeada e esterçada pelo proprietário e cultivada com milho, que estava com um mês de plantio. O solo impactado foi amostrado em uma várzea (leito maior) cultivada historicamente com capineira de capim-elefante, cana e mandioca. No momento da coleta havia no local capineira, mandioca e algumas plantas espontâneas, como vassourinha, trapoeiraba, assa peixe, erva apaga fogo, sojinha perene, fumo bravo e população abundante de tiririca. Ambas as áreas se encontravam distantes da casa onde mora a família. Segundo os proprietários, nestas áreas atividades de reparação foram realizadas, com gradagem e adição de solo exógeno. Segundo eles, não se verificou reparação com tais práticas, pois para continuar produzindo precisaram colocar muito esterco e adubo industrial, onde nunca havia sido necessário fertilizar.

Na unidade familiar 5, o solo não impactado foi amostrado em uma pastagem com árvores como angico, cedro, pitanga, entre outras espécies, localizada detrás da casa. O solo impactado foi amostrado na horta e no pomar do quintal (localizado em frente à casa), cultivados com quiabo, abóbora, saião, capim limão, manjeriço, tansagem, erva gervão, mentrasto, jaboticaba, goiaba, manga, abóbora, banana. Segundo os proprietários, as atividades de reparação consistiram em adicionar solo exógeno sobre o rejeito.

Na unidade familiar 6, o solo não impactado foi amostrado realizada em área cultivada com cana-de-açúcar e mandioca e na horta nova cultivada com quiabo, localizados atrás da casa. O solo impactado foi amostrado na horta antiga onde havia plantas de quiabo e um coco anão, mas ambos com dificuldades de sobrevivência. Nesta área cresciam algumas plantas espontâneas como picão, sojinha-perene, mentrasto e tiririca. Segundo os proprietários, as atividades de reparação consistiram em adicionar solo exógeno sobre o rejeito que invadiu a antiga horta. Quando voltaram a plantar após essa adição do solo, conseguiram colher apenas duas vezes pois o solo adicionado tinha muita brita.

3.2.3. Amostragem de raízes de mandioca

Onze meses após a amostragem de solos, raízes de mandioca foram amostradas nas mesmas áreas. Entretanto, a amostragem não foi possível em todas as áreas, pois nem todas elas eram cultivadas com a cultura. Nove amostras de raízes de mandioca foram colhidas no solo não afetado pelo rejeito das unidades familiares 1, 2, 3 e 6 e sete amostras foram realizadas no solo afetado pelo rejeito nas unidades familiares 1, 2 e 4. Apenas nas unidades familiares 1 e 2 as raízes de mandioca foram coletadas em solos impactados e não impactados pelo rejeito (Figura 2).

Figura 2. Mandioca produzida no rejeito derivado do rompimento da barragem de Fundão (A) e mandioca produzida fora do rejeito (B) na unidade familiar 2, comunidade de Campinas (Mariana), bacia do rio Doce.



Fonte: elaboração própria

3.2.4. Métodos analíticos

3.2.4.1. Caracterização química e granulométrica dos solos

As amostras compostas de solo de cada propriedade foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de 2 mm de abertura para obter a terra fina seca ao ar (TFSA). Para determinação da concentração dos elementos P, K, Fe, Zn e Mn foi utilizado o extrator Mehlich-1. A acidez potencial (H+Al) foi obtida com extrator acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ em pH 7. A determinação dos teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e Al^{+3} foi obtida com extrator KCl 1 mol L^{-1} . A matéria orgânica foi calculada utilizando o teor de carbono orgânico (método de Walkey Black) pelo fator 1.724 e o N total por digestão sulfúrica e destilação Kjeldhal (Bremner & Mulvaney, 1982). O fósforo remanescente (Prem) foi determinado conforme Álvarez et al. (2000).

A granulometria dos solos foi determinada por dispersão da TFSA com NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ por 16 h a 50 rpm em agitador mecânico, com separação por peneiramento e sedimentação (EMBRAPA, 2017).

3.2.4.2. Teores semitotais de elementos potencialmente tóxicos no solo

As amostras de solo foram submetidas a digestão ácida para avaliar a concentração semitotal de As, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V e Zn segundo o método 3051A da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA, 2007). As amostras foram destorroadas,

homogeneizadas, secas ao ar e passadas por peneira de 2 mm de abertura para obter a terra fina seca ao ar (TFSA). De cada amostra, 15 g foram peneiradas (200 mesh) após trituração em almofariz de ágata. De cada amostra de 15 g, três sub amostras de 0,500 g foram pesadas em balança com aproximação de 0,001 g. Em três recipientes, contendo cada um uma das três subamostras, 9 mL de ácido nítrico concentrado e 3 mL de ácido clorídrico concentrado foram adicionados. Após o fechamento dos recipientes, as amostras foram submetidas a irradiação por micro-ondas. Após filtragem, as soluções foram transferidas para um balão volumétrico e seu volume completado com água ultrapura até 50 mL. Nos filtrados, os teores de As, Ba, Co, Cu, Cr, Ni, Pb, V, Zn foram determinados por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). A curva de calibração do método foi preparada na mesma matriz utilizada na digestão das amostras.

Para o controle de qualidade das análises, utilizou-se a amostra certificada San Joaquin Soil (Standard Reference Material 2709a) do NIST (SRM, 2009).

A menor concentração dos elementos que permitiu sua identificação ou limite de detecção (LD) foi calculada pela equação:

$$LD = 3 * (S/\sqrt{n}) \quad \text{Equação 1}$$

onde, S é o desvio padrão do elemento entre as leituras dos brancos e n é o número de brancos. A menor concentração dos elementos que pode ser quantificada com elevado nível de confiança ou limite de quantificação (LQ) foi calculada por:

$$LQ = 10 * (S/\sqrt{n}) \quad \text{Equação 2}$$

3.2.4.3. Teores totais de elementos potencialmente tóxicos em mandioca

As raízes de mandioca foram descascadas e lavadas com água corrente para a avaliação da concentração dos elementos As, Ba, Cd, Co, Cu, Cr Ni, Pb e Zn (Da Silva, 2009) utilizando digestão nitro perclórica. Cilindros de 0,5 cm de espessura foram tirados da porção mediana e das extremidades de cada raiz de mandioca. Em seguida, estes cilindros foram lavados com água destilada e colocados em papel toalha para retirar o excesso de umidade e levados para secar em estufa a 60 °C até atingir peso constante. Posteriormente, o material foi triturado. A digestão foi realizada utilizando 0,5 g da massa seca do material triturado, em solução nitro-perclórica na relação 4:1, em bloco digestor. O extrato foi utilizado para a determinação de elementos por Espectroscopia de Emissão Atômica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES). Para a determinação do As, o gerador de hidretos não foi utilizado, pois há boa taxa de

recuperação de As utilizando-se o bloco digestor, segundo experimentos prévios realizados no Laboratório de Rotina do Departamento de Solos-UFV.

Para o controle de qualidade das análises utilizou-se a amostra certificada Apple Leaves (SRM 1515) do NIST (SRM, 2022).

3.2.4.4. Fator de bioconcentração

Para as raízes de mandioca, a contaminação foi avaliada pelo fator de bioconcentração (FBC). O FBC avalia a eficiência de uma espécie de planta em acumular elementos do ambiente circundante em seus tecidos, de modo que um FBC maior que 1 permite identificar plantas acumuladoras (Ali et al., 2013). Neste estudo, o FBC para mandioca foi calculado pela razão da concentração do elemento potencialmente tóxico na raiz pela concentração do mesmo elemento no solo.

3.2.5. Análises estatísticas

Os dados foram analisados considerando-se dois modelos estatísticos correspondentes a duas abordagens. Uma abordagem avaliou o impacto do rejeito nos solos. Para esta abordagem cada uma das seis unidades de produção (Tabela 1) foi considerada como um bloco independente. Nesta abordagem usou-se a transformação rank que consiste na substituição dos valores originais pela posição ocupada por cada valor em relação ao conjunto de dados. Essa transformação é ideal para amostras pequenas e assimétricas, com $n < 15$ (Dancey et al., 2017), como é o caso desse estudo.

Outra abordagem avaliou o impacto em cada unidade de produção (modelo Nested). Nesta abordagem, os dados foram submetidos aos testes de Cochran e Jarque-Bera para avaliação das condições de homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos. Dados não normais foram submetidos às transformações box cox e raiz quadrada. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias testadas pelo teste de Holm a 5% de probabilidade em contrastes planejados. As análises foram realizadas no programa Speed Stat 2.9 (Carvalho et al., 2020).

Os valores de concentração dos elementos presentes nas raízes da mandioca foram analisados com estatística descritiva, onde mínimo, máximo, média, desvio padrão e coeficiente de variação foram calculados.

3.3. Resultados

3.3.1. Caracterização química e granulometria dos solos

As propriedades químicas e granulométricas dos solos impactados e não impactados pelo rejeito encontram-se na Tabela 2. As propriedades químicas para cada unidade de produção encontram-se nos Apêndices 1 e 2.

Tabela 2. Propriedades químicas (n = 6) e granulométricas dos solos com e sem rejeito proveniente da barragem de Fundão, Barra Longa e Mariana, bacia do rio Doce, Minas Gerais.

	Unidade	Sem rejeito	C.V. %	Com rejeito	C.V. %	Teste F
pH H₂O		5.16	10	6.32	5	**
P	mg dm ⁻³	2.94	84	23.64	119	N.s.
K	mg dm ⁻³	68.17	50	120.11	97	N.s.
Ca	cmol _c dm ⁻³	1.51	91	2.42	45	*
Mg	cmol _c dm ⁻³	0.87	75	1.00	73	N.s.
Al	cmol _c dm ⁻³	0.52	92	0.01	245	*
H+Al	cmol _c dm ⁻³	4.49	33	1.78	26	**
SB	cmol _c dm ⁻³	2.55	78	3.73	56	N.s.
t	cmol _c dm ⁻³	3.07	51	3.74	55	N.s.
T	cmol _c dm ⁻³	7.04	23	5.51	38	N.s.
V	%	33.64	68	65.93	14	**
m	%	28.88	113	0.75	245	*
MO	dag kg ⁻¹	2.20	33	1.28	42	*
P-Rem	mg L ⁻¹	27.27	33	31.91	10	N.s.
Areia G.	kg kg ⁻¹	0.23	36	0.22	20	N.s.
Areia F.	kg kg ⁻¹	0.21	15	0.25	27	N.s.
Silte	kg kg ⁻¹	0.11	22	0.22	26	**
Argila	kg kg ⁻¹	0.45	27	0.32	25	N.s.

** médias que diferem entre si (p < 0,01), * (p < 0,05) N.s.: sem diferença estatística. pH em água. P e K - Extrator Mehlich-1. Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ - Extrator: KCl 1 mol/L. H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L a pH 7,0. SB – Soma de bases trocáveis. t – Capacidade de troca de catiônica efetiva. T - Capacidade de troca de catiônica a pH 7,0. V – Índice de saturação por bases. m – Índice de saturação por alumínio. P-rem – Fósforo remanescente.

O pH (6,32), o teor de Ca (2,42 cmol_c dm⁻³) e a saturação por bases (65,93 %) foram maiores (p < 0,05) no solo impactado pelo rejeito (Tabela 2). Os valores de m (índice de saturação de alumínio, 28,88%) e os teores de matéria orgânica (2,2 dag kg⁻¹) foram maiores (p < 0,05) no solo não impactado pelo rejeito. A matéria orgânica foi classificada como média (> 2 e < 4,01 dag kg⁻¹) no solo não impactado e baixo (< 2,01 dag kg⁻¹) no solo impactado pelo rejeito. A saturação por Al foi classificada como baixa (> 15 e < 30,01 %) para os solos não impactados e muito baixa (< que 15 %) para os solos impactados (Álvarez et al., 1999). As demais propriedades químicas e físicas foram similares (p < 0,05) em ambos os solos.

A classificação agronômica para as propriedades químicas do solo impactado encontra-se, em sua maioria, nas categorias “bom” e “muito bom” e nos solos não impactados na categoria “médio” (Álvarez et al., 1999). Apesar do P não ter apresentado diferença estatística entre os solos afetados e não afetados pelo rejeito (valores de CV muito altos), o teor de P pode ser considerado muito baixo ($< 4 \text{ mg dm}^{-3}$) nos solos sem rejeitos e bom ($> 15 \text{ ppm}$) nos solos com rejeito, segundo o conteúdo de argila de cada um (Álvarez et al., 1999).

As características químicas variaram entre as unidades de produção (Apêndice 2). As unidades 5 e 6 provavelmente receberam solo exógeno mais rico, resultando nos teores mais altos de alguns nutrientes como P, K e MO. Alterações na granulometria dos solos foram verificadas apenas para a fração silte, que foi maior ($p < 0,05$) nos solos com rejeito.

3.3.2. Elementos potencialmente tóxicos no solo

3.3.2.1. Taxa de recuperação da amostra certificada de solo

Os teores dos elementos As, Co, Ni, Pb e Zn nos solos analisados foram considerados satisfatórios, com taxas de recuperação entre 80 e 120% (Tabela 3).

Tabela 3. Taxa de recuperação em relação à amostra certificada San Joaquin Soil (SRM 2709a) do NIST.

Elemento	Teor NIST ^{1/}	Teor obtido	Taxa de recuperação
	————— mg kg ⁻¹ —————		%
As	7.8	8.36	107
Ba	380	237.04	62
Co	10	9.54	95
Cr	53	67.33	127
Cu	27	40.79	151
Ni	66	60.94	92
Pb	9.2	9.39	102
V	48	60.02	125
Zn	79	74.53	94

1/ Mediana dos valores certificados ou de referência

A taxa de recuperação do Ba obtida neste estudo é baixa (62%), no entanto, a taxa de recuperação deste elemento no processo de certificação do material de referência da NIST, na extração sem ácido fluorídrico, é ainda mais baixa (39%, apêndice 1, Certificate of Analysis NIST SRM 2709a San Joaquin Soil). O Ba apresenta uma forte ligação à estrutura cristalina dos minerais silicatados e a extração realizada, sem uso de ácido fluorídrico, não consegue liberá-lo (Dávila 2018). Em consequência, possivelmente o teor de Ba foi subestimado. Ao

contrário, as taxas de recuperação do Cr, Cu e V foram altas e |possivelmente os teores desses elementos foram superestimados.

3.3.2.2. Teores semitotais de elementos potencialmente tóxicos no solo

A média dos teores semitotais de As, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V e Zn dos solos impactados e não impactados pelo rejeito encontram-se na Tabela 4.

De acordo com a deliberação normativa COPAM 166 (2011) e com a resolução CONAMA 420 (2009), apenas Co, Cr e o Ni foram maiores que VRQ (valor que define qualidade natural do solo) na área não impactada pelo rejeito e o valor de Cr, também na área não impactada pelo rejeito, foi maior que VP (valor de prevenção) e nenhum elemento foi maior que VI (riscos potenciais a saúde humana, Tabela 4).

Tabela 4. Teores (n = 6) semitotais de elementos potencialmente tóxicos encontrados nos solos com e sem rejeitos provenientes do rompimento da barragem do Fundão (bacia do rio Doce) e valores orientadores de qualidade do solo (VRQ, VP e VI), Barra Longa e Mariana, Minas Gerais.

Elemento	Com rejeito	Sem rejeito	Teste F	C.V.	Valores orientadores		
					VRQ	VP	VI
mg kg ⁻¹				%	mg kg ⁻¹		
As	3,32	4,09	N.S.	29,73	8	15	35
Ba	39,82	51,34	N.S.	26,65	93	150	300
Co	4,77	8,16	N.S.	36,19	6	25	35
Cr	59,13	104,89	**	23,5	75	75	150
Cu	10,66	18,54	**	20,25	49	60	200
Ni	16,56	28,73	N.S.	33,47	21,5	30	70
Pb	13,61	17,66	N.S.	45,64	19,5	72	180
V	42,40	68,76	**	19,46	129	-	-
Zn	15,37	22,28	N.S.	33,71	46,5	300	450

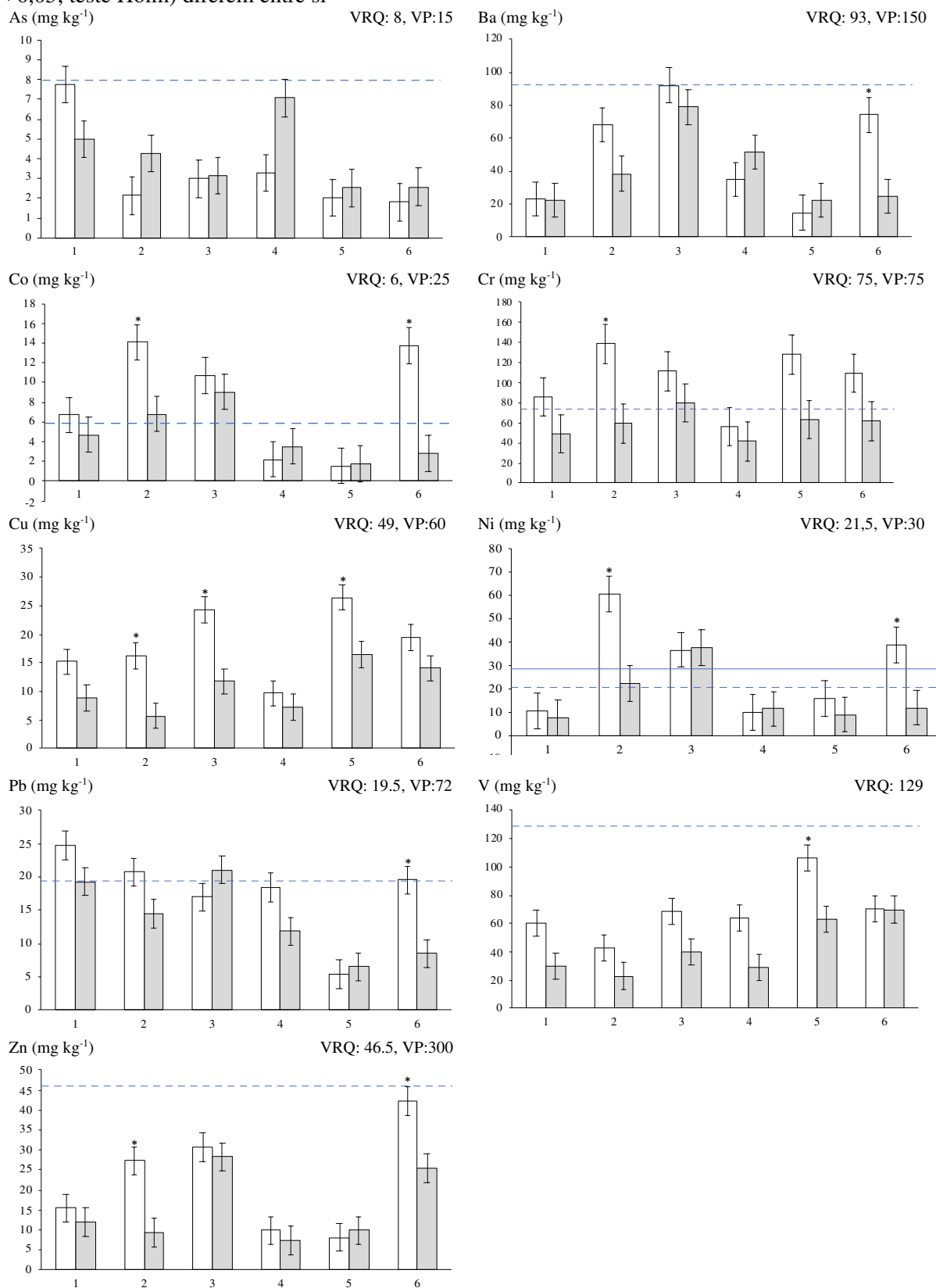
N.S: médias que não diferem entre si e ** médias que diferem entre si ($p < 0,01$). VRQ = valor de referência de qualidade (COPAM, 2011); VP = valor de prevenção (VP); VI = valor de investigação para área agrícola (CONAMA, 2009).

Os teores de Cr, Cu e V nos solos sem rejeito foram maiores ($p < 0,01$) do que os teores nos solos com rejeito. Os teores dos demais elementos foram similares ($p > 0,01$) nos solos com e sem rejeito. Portanto, não há evidência de que o rejeito tenha aumentado os teores dos elementos analisados nas áreas estudadas.

A Figura 3 mostra os teores médios de As, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V e Zn nos solos com e sem rejeito de cada unidade produtiva familiar.

Figura 3. Teores (n = 12) semitotais de elementos potencialmente tóxicos em solos de seis unidades produtivas familiares impactadas pelo rejeito proveniente do rompimento da barragem do Fundão (bacia do rio Doce), Barra Longa e Mariana, Minas Gerais. Barras claras = solo sem rejeito; barras escuras = solo com rejeito; linhas tracejadas = VRQ (valor de referência de qualidade); linhas cheias = VP (valor

de prevenção). * Médias entre solos com e sem rejeito na mesma unidade produtiva diferem entre si ($p < 0,05$; teste Holm) diferem entre si



Os teores de todos os elementos analisados não ultrapassaram o VI do cenário agrícola. Em nenhuma unidade familiar os teores de As, Ba, Cu, V e Zn superaram o VRQ e o VP. Os

teores de Cr nos solos sem rejeito, em quase todas as unidades produtivas (exceto a 4), superaram o VRQ e o VP. Os teores de Co nos solos sem rejeito, nas unidades produtivas 1, 2, 3 e 6, superaram o VRQ. Os teores de Pb nos solos sem rejeito, nas unidades produtivas 1, 2 e 6 superaram o VRQ. Os teores de Ni nos solos sem rejeito, nas unidades produtivas 2, 3 e 6, superaram o VRQ e o VP (Figura 3).

Em geral, os teores dos elementos dos solos com rejeito foram similares ($p > 0,05$) aos solos sem rejeito. Alguns elementos, em algumas unidades produtivas foram maiores nos solos que não receberam rejeito (Figura 3). Portanto, não há evidência de que o rejeito aumentou os teores dos elementos potencialmente tóxicos analisados nas unidades familiares.

3.3.3. Elementos potencialmente tóxicos em mandioca

3.3.3.1. Taxa de recuperação

Os teores dos elementos potencialmente tóxicos observados em amostras certificadas (NIST SRM1515) demonstram que a taxa de recuperação (entre 80 e 120%) dos elementos Cr, Cu e Zn foi considerada satisfatória (Tabela 5). Como o As não faz parte dos elementos do padrão selecionado, a taxa de recuperação desse elemento não pode ser verificada.

Tabela 5. Taxa de recuperação da amostra certificada Apple Leaves (SRM1515) do NIST.

Elemento	Teor NIST	Teor obtido	Taxa de recuperação
	mg kg ⁻¹		%
Ba	48,8 ± 2,3	33.66	68.98
Co	0,09	<L.D.	0
Cd	0,0132 ± 0,0015	<L.D.	0
Cr	0,3	0.33	111.52
Cu	5,69 ± 0,13	4.73	83.10
Ni	0,936 ± 0,094	0.67	71.15
Pb	0,470 ± 0,024	0.33	70.75
Zn	12,45 ± 0,43	10.58	85.01

<L.D.: Abaixo do limite de detecção. Cr e Co não são certificados, mas estão constam no certificado de análise do SRM 1515 como “de interesse para usuários do padrão de referência”

3.3.3.2. Teores totais

Os teores de As, Ba, Cd, Co, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn encontrados em raízes de mandioca cultivadas em solos com e sem rejeito encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6. Teores de elementos potencialmente tóxicos em raízes de mandioca cultivadas em solos com e sem rejeitos oriundos da barragem do Fundão (bacia do rio Doce), Mariana e Barra Longa, Minas Gerais.

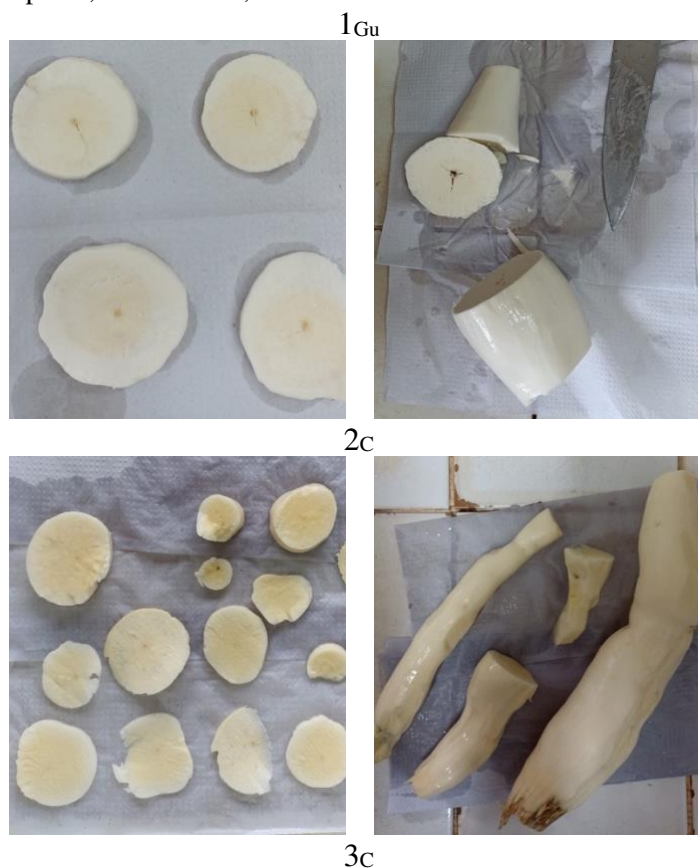
Solo	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
mg kg ⁻¹									

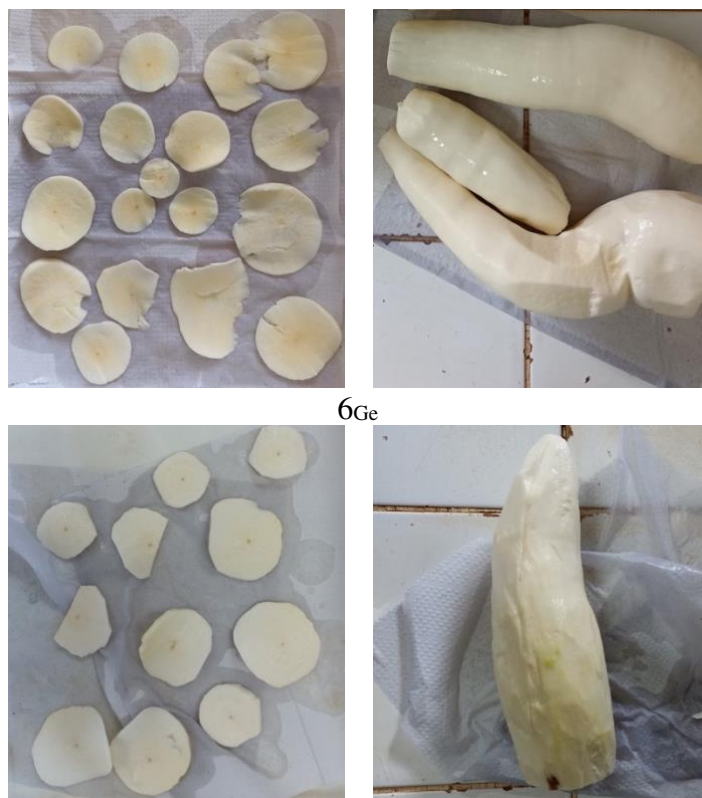
sem rejeito	n.d.	8,22	n.d.	n.d.	n.d.	1,57	1,11	n.d.	7,48
C.V. %	-	71,19	-	-	-	28,34	34,20	-	26,26
com rejeito	n.d.	14,29	n.d.	n.d.	n.d.	1,54	1,10	n.d.	9,85
C.V.%	-	74,24	-	-	-	17,16	19,71	-	33,11
Média	-	11,26	-	-	-	1,55	1,10	-	8,66

Não foi detectado As, Cd, Co, Cr e Pb nas raízes de mandioca. Os teores dos micronutrientes considerados essenciais para as plantas Ni, Cu e Zn, presentes nas raízes da mandioca cultivadas em solos com e sem rejeito, foram similares. O Ba foi o elemento com maiores teores encontrados na mandioca, em especial nos solos impactados pelo rejeito. O teor de Ba foi 70% maior nas raízes de mandioca cultivadas em solos com rejeito. Os teores de Ba variaram de 1,86 mg kg⁻¹ a 35,75 mg kg⁻¹, portanto, com alto coeficiente de variação, alterando a detecção de diferenças significativas pelos testes estatísticos ao comparar os teores médios obtidos entre mandioca cultivada em solo impactado ou não pelo rejeito (Tabela 6).

A aparência das raízes de mandioca plantadas em áreas não impactadas pelo rejeito foi semelhante entre os diferentes pontos de coleta. Nenhuma apresentou anormalidades aparentes (Figura 4).

Figura 4. Aparência de raízes de mandiocas cultivadas em unidades familiares de comunidades de Barra Longa e Mariana em áreas sem impacto do rejeito, proveniente do rompimento da barragem do Fundão (bacia do rio Doce). Corte transversal de raízes de mandioca (esquerda) e mandioca sem casca (direita). Gu = Guerra; C = Campinas; B = Barreto; Ge = Gesteira





Fonte: Elaboração própria

A aparência das raízes de mandioca cultivadas em áreas impactadas pelo rejeito foi heterogênea. Algumas plantas cultivadas no rejeito não apresentaram raízes tuberosas, enquanto outras, da mesma idade, cultivadas a um metro de distância apresentaram raízes tuberosas. Quando cortadas transversalmente, algumas raízes tuberosas de mandiocas cultivadas no rejeito estavam com coloração escura, amarronzada e a maioria apresentaram a parte central escurecida (Figura 5). Na unidade produtiva 2, que tem o plantio mais próximo do rio, o rejeito dificultou a infiltração da água e as raízes de mandioca apresentaram sintomas de podridão.

Figura 5. Aparência de raízes de mandiocas cultivadas em unidades familiares de comunidades de Barra Longa e Mariana em áreas impactadas pelo rejeito, proveniente do rompimento da barragem do Fundão (bacia do rio Doce). Corte transversal de mandioca (esquerda) e mandioca sem casca (direita). Re = Rejeito; Gu = Guerra; C = Campinas; B = Barreto; Ge = Gesteira.





Fonte: Elaboração própria

3.3.3.3. Fator de bioconcentração

A acumulação de Ba, Ni, Cu e Zn nas raízes de mandioca foi baixa, tanto nas áreas impactadas quanto não impactadas pelo rejeito, com valores em geral inferiores a 1 (Tabela 7). Na unidade familiar 4, o fator de bioacumulação do Zn na raiz da mandioca foi maior que 1. Na unidade familiar 5, não havia cultivo de mandioca por época de amostragem e por isto não foi apresentado o fator de bioacumulação (Tabela 7).

Tabela 7. Fator de bioconcentração de raízes de mandioca plantadas em solos de cinco unidades de produção familiar com ou sem rejeitos oriundos do rompimento da barragem de Fundão, Barra Longa e Mariana, Minas Gerais.

Propriedade	Ba		Cu		Ni		Zn	
	com	sem	com	sem	com	sem	com	sem
1	0.36	0.13	0.15	0.08	0.16	nd	0.64	0.46
2	0.32	0.19	0.33	0.15	nd	nd	0.70	0.45
3	-	0.06	-	0.08	-	0.02	-	0.25
4	0.41	-	0.23	-	0.09	-	1.80	-
6	-	0.19	-	0.07	-	0.04	-	0.15

Na unidade familiar 5, não havia cultivo de mandioca por época de amostragem.

3.4. Discussão

3.4.1. Caracterização química e granulometria dos solos

Os solos não impactados apresentaram características químicas dentro do esperado para os solos da região. Na bacia do rio Doce, solos em unidades da paisagem com uso similar e mesma classe, apresentaram valores semelhantes aos deste estudo para a maior parte dos atributos químicos (Schaefer et al., 2016; Dávila 2018).

Os solos impactados pelo rejeito apresentaram melhores características químicas do que os solos não impactados (Tabela 2). Os teores de P, K, Ca e Mg foram maiores nos solos impactados em relação aos solos não impactados e até mesmo maiores em relação a outros solos impactados. (Schaefer et al., 2016; Dávila 2018) provavelmente, graças à aplicação de fertilizantes industriais e orgânicos no solo exógeno adicionado na área impactada pelo rejeito.

Como em outros estudos, o teor de matéria orgânica foi menor (EMBRAPA, 2015; Schaefer et al., 2016; Dávila, 2018; Figueiredo et al., 2019) e a proporção de silte maior nos solos impactados pelo rejeito (EMBRAPA, 2015; Schaefer et al., 2016; Dávila 2018; Tabela 2). A presença de matéria orgânica no solo desempenha um papel importante na preservação da qualidade dos solos e é usada como indicador em 90% dos estudos sobre qualidade do solo (Bunemann et al., 2018), enquanto sua ausência pode ser identificada como uma das principais causas da degradação da qualidade dos solos impactados pelo rejeito.

A matéria orgânica não apenas contribui para a melhoria da estrutura, mas também desempenha funções essenciais na ciclagem de nutrientes e serve como fonte de energia para os organismos do solo (Cortufo et al., 2015). A relação entre a matéria orgânica e os organismos do solo é interdependente. A matéria orgânica influencia a população e a composição dos organismos do solo (Crotty et al., 2012) e os organismos do solo influenciam a formação da matéria orgânica (Soong e Nielsen, 2016). Cianobactérias, algas, fungos, bactérias, micro, meso e macrofauna fazem parte da rede trófica do solo que depende e interage com a matéria orgânica. Os menores teores de matéria orgânica nos solos impactados podem comprometer as interações dessa rede trófica, o que prejudica a qualidade biológica do solo.

A matéria orgânica apresenta ainda um complexo de cargas negativas capaz de se ligar a íons metálicos (Alloway, 2013) onde os grupos funcionais carboxílicos desempenham papel importante na estabilização de íons metálicos, reduzindo potenciais problemas de toxidez (Mcknight et al., 2001).

Os maiores teores de silte e areia fina dos solos impactados levam ao empacotamento das partículas de solo, em especial quando este não tem estrutura desenvolvida como no solo com

rejeito. Isto leva ao endurecimento do solo e dificulta o crescimento das raízes (Silva et al., 2006; Resende et al., 2014; EMBRAPA, 2015; Schaefer et al., 2016; Dávila, 2018). O endurecimento do solo com rejeito, considerado um etnoindicador (conjunto de descritores do ambiente empregados pelas pessoas das comunidades locais), foi observado e informado pelos agricultores (Capítulo 1).

Adicionalmente, as partículas de silte apresentam uma maior susceptibilidade à erosão eólica e hídrica do que as partículas de areia e de argila, ainda mais com os baixos teores de matéria orgânica e a falta de estrutura do rejeito. A erosão eólica é responsável pela poeira tão frequentemente relatada pelas famílias residentes nas áreas afetadas pelo rejeito. Essa poeira, provavelmente constituída de partículas de silte, pode influenciar a inalação e consequentemente a toxicidade potencial residual dos solos com rejeito (Segura et al., 2016).

Mesmo que os solos impactados apresentaram atributos químicos indicadores de fertilidade superiores aos não impactados, os (as) agricultores (as) atingidos informaram não conseguir produzir em algumas dessas áreas e alegaram que o solo exógeno adicionado não era de boa qualidade. Dentre as restrições foram mencionadas a presença de frações grosseiras (referidas como pedras e areia) e a invasão por espécies exóticas, como a tiririca. Perante uma situação de impacto socioambiental tão violenta, com a invasão das áreas pelo rejeito, antes da adição de qualquer material, se feita, as famílias deveriam ser consultadas e informadas sobre as ações de manejo, origem e características do solo transposto e participarem de um monitoramento cuidadoso do comportamento do material. Segundo informação dos atingidos, eles não foram informados das características dos materiais e o monitoramento não foi realizado. Na avaliação da qualidade do solo é preciso a participação dos atores envolvidos no manejo e uso do solo (Bunemann et al., 2018).

Apesar da superioridade de alguns dos seus atributos químicos, os solos impactados pelo rejeito não apresentam boa qualidade. Houve perda de qualidade física pela mudança na proporção de suas frações texturais (Tabela 2) e perda de matéria orgânica que, em conjunto, ocasionam perda da qualidade biológica do solo. De esta forma, as funções destes solos ficaram comprometidas, como foi demonstrado pelos etnoindicadores (Capítulo 1) e observações de campo.

3.4.2. Elementos potencialmente tóxicos no solo

Embora os teores de elementos potencialmente tóxicos (As, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn) não tenham superados os valores limite a partir do qual existe risco à saúde humana (VI), eles foram encontrados nos solos das unidades familiares, tanto nas áreas afetadas como nas

áreas não afetadas pelo rejeito. A ausência de evidência de que o rejeito aumentou os teores desses elementos ao invadir os espaços produtivos das unidades familiares, está em acordo com outros estudos (CPRM 2015; Segura et al., 2016; Coelho et al., 2020; Dávila et al., 2020; Ferreira 2020).

Entretanto, as alterações das condições biológicas (indicadas pela matéria orgânica) e físicas (Tabela 2) demonstram a alteração da qualidade dos solos. Com a qualidade do solo alterada, a disponibilidade dos elementos potencialmente tóxicos pode mudar. Os elementos potencialmente tóxicos nos solos tendem a se acumular nas substâncias orgânicas (Kabata-Pendias, 2011). O amplo número de grupos funcionais da MO (CO_2 , OH, C= C, COOH, SH, CO_2H) possui uma grande afinidade por interagir com íons metálicos e de formar complexos. Muitos elementos potencialmente tóxicos como Hg, Fe, Cu, Cr, e Pb formam complexos estáveis com substâncias orgânicas de baixo grau de polimerização. A forte ligação do elemento a uma substância orgânica de baixo peso molecular aumentará sensivelmente a sua mobilidade no solo (Kabata-Pendias, 2011) e impede que fique disponível para os organismos vivos. Os baixos teores de MO nos solos impactados pelo rejeito podem deixar estes solos mais suscetíveis à atividade dos elementos potencialmente tóxicos, ainda que eles estejam em concentrações baixas.

O teor reduzido de MO dos solos impactados também afeta a vida do solo. Há menor diversidade microbiológica nos solos invadidos pelo rejeito do que nos solos originais da região (Segura et al., 2016). Os microrganismos são mais sensíveis do que outros organismos terrestres ao aumento dos níveis de metais. Os metais traço são conhecidos pela sua toxicidade para a microbiota e ocasionam redução do crescimento microbiano, da atividade enzimática e dependendo da concentração, podem inibir a respiração do solo, a mineralização do N e a nitrificação (Kabata-Pendias, 2011).

Os teores de Cr e Ni acima do VRQ e ou VP (Tabela 4) encontrados em solos sem rejeito, podem estar associados às rochas (Costa, 2001) que deram origem aos solos da região. Milonitos, esteatitos, gnaisses e anfibolitos fazem parte da litologia dessa região. Como exemplo, teores bastante elevados de Cr (2990 mg kg^{-1}) e Ni (1747 mg kg^{-1}) foram encontrados em esteatitos das unidades basais do médio curso do rio Gualaxo do Norte (Roeser, 1977 apud Costa, 2001).

Apesar dos teores de Cr nos solos não afetados terem sido superiores ao VQR e o VP (Tabela 4), as plantas que crescem nestes solos não parecem indicar perda de qualidade. Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2009), concentrações de elementos que superem esse limite podem comprometer a capacidade do solo de sustentar suas

principais funções, tais como manter o ciclo da água e dos nutrientes, produzir alimentos, servir como meio de sustento e de hábitat para pessoas, animais, plantas e outros organismos vivos e etc. A toxicidade causada pelo Cr manifesta-se nas plantas como murchamento das pontas, lesões nas raízes, clorose em folhas jovens, faixas cloróticas e folhas vermelho acastanhadas (Kabata-Pendias 2011). Essas características não têm sido observadas pelas famílias que utilizam esses solos para agricultura (Capítulo 3), nem pela equipe de pesquisa nas diversas visitas realizadas às unidades familiares.

A aparente ausência de fitotoxicidade por Cr nos solos não afetados pode estar relacionada a formas não disponíveis deste elemento para as plantas. Por um lado, a sorção de Cr no solo está associada principalmente ao teor de argila e mais do 80% do conteúdo total do Cr encontra-se na fração residual imóvel (Kabata-Pendias, 2011; Dávila et al., 2020). Por outro lado, o Cr tem uma grande capacidade de formar complexos orgânicos, o que pode levar a sua precipitação e imobilização (Zhu et al., 2023). A matéria orgânica, adicionalmente, pode imobilizar o Cr pela redução de Cr^{6+} , forma instável e tóxica para flora e fauna, para Cr^{3+} que é a forma estável e fortemente adsorvida pelos minerais do solo (Costa, 2001; Gu e Chen 2003; Kabata-Pendias 2011). No entanto, quantidades traço de Cr^{3+} são benéficas para animais e humanos (Ma e Hooda, 2010). A matéria orgânica e a proporção de argila, maiores nos solos não impactados (Tabela 2) são dois fatores importantes para impedir as ações tóxicas do Cr. Portanto, o solo não impactado pelo rejeito possui características funcionais inexistentes no solo atingido pelo rejeito. Isto significa que a avaliação dos teores dos elementos tóxicos de forma isolada, sem o contexto, não colabora para o entendimento real do problema. Assim, solos impactados com maior conteúdo de silte do que de argila e menores teores de matéria orgânica podem comprometer as funções do solo, mesmo com teores inferiores de Cr.

Outras condições também podem interferir na imobilização do Cr. Por exemplo, a rápida conversão do estado de oxidação do Cr está intimamente associada aos processos de oxidação-redução do Fe e Mn (Kabata-Pendias, 2011) de grande importância quando os solos com rejeitos são avaliados, dado a presença destes dois elementos em grande quantidade no rejeito (Guerra et al., 2017; Hatje et al., 2017; Dávila et al., 2020). Além disto, o pH entre 5,5 e 8, como nos solos impactados pelo rejeito (Tabela 2), provavelmente mantêm o Cr precipitado e imóvel. Valores de pH diferentes dessa faixa poderiam levar a uma alta mobilidade do Cr^{6+} , tóxico para os seres vivos (Kabata-Pendias, 2011).

Diferente do Cr, o Ni é um elemento essencial para as plantas. O Ni exerce um papel importante no metabolismo do N já que faz parte da metaloenzima urease a qual participa da decomposição da ureia para amônio e CO_2 (Dechen e Nachtigall, 2007). O teor de Ni nos solos

é altamente dependente do seu conteúdo no material de origem e maior acúmulo é observado em Cambissolos. Após o intemperismo, a maior parte do Ni é coprecipitada com os óxidos de Fe e Mn e é incluída na goethita, limonita, serpentinita, bem como em outros minerais de ferro. A matéria orgânica exibe uma forte capacidade de absorver Ni (Kabata-Pendias, 2011) e esta pode ser a causa pela qual o Ni, mesmo apresentando valores acima de VRQ e VP nos solos sem rejeito, não esteja causando sintomas de fitotoxidez.

O Co, que também apresentou valores superiores ao VRQ nos solos não afetados (Tabela 4), é essencial para microrganismos fixadores de N₂, cianobacterias e para animais ruminantes (Dechen e Nachtigall, 2007; Hooda, 2010; Kabata-Pendias, 2011). A essencialidade do Co nas plantas ainda não foi comprovada, mas os sintomas de toxidez por Co se caracterizam por clorose internerval e nas margens das folhas (Dechen e Nachtigall, 2007; Kabata-Pendias, 2011). Tais sintomas não foram observados nas plantas cultivadas ou na vegetação natural nos solos sem rejeito. Os teores tóxicos variam amplamente entre 6 e 143 mg kg⁻¹ dependendo da espécie (Dechen e Nachtigall, 2007; Kabata-Pendias, 2011).

O Co possui grande afinidade e é absorvido pelos óxidos de Fe e Mn na maioria das classes de solos e isto se reflete na distribuição de Co no perfil, mostrando uma semelhança entre os níveis de Fe e Co nos horizontes do solo (Kabata-Pendias, 2011). Os solos sem rejeito, mas especialmente os solos com rejeitos, possuem altos teores de Fe e Mn (Dávila, 2018) e podem estar diminuindo a disponibilidade do Co para as plantas.

As altas concentrações de Cr, Ni e Co nos solos não afetados não parecem ter um efeito nocivo sobre as funções dos solos estudados apesar de eles superarem os valores orientadores (VP para Cr e VQR para Ni e Co), certamente devido a outras condições, como matéria orgânica e teor de argila, que mantém a funcionalidade do solo, diferentemente do solo com rejeito, que teve sua funcionalidade comprometida.

Análise de extração sequencial de elementos potencialmente tóxicos nos sedimentos do rio Carmo mostra que a deposição da camada de rejeitos provocou uma alteração na disponibilidade de elementos traço, tornando-os mais disponíveis (Silva et al., 2018). Por tanto, mesmo com baixos teores de elementos potencialmente tóxicos, essa maior disponibilidade pode ser problemática nos solos afetados pelo rejeito devido ao baixo teor de matéria orgânica, à maior proporção de silte, à falta de estrutura e organismos do solo. Isto significa que no solo com rejeito menos (teores de elementos) pode ser mais (tóxico) e no solo não impactado mais (teores de elementos) pode ser menos (tóxico).

Independente do teor no solo, nos solos impactados a formação de poeira é mais comum, visto que o rejeito não tem estrutura e é mais suscetível à erosão eólica do que os solos não

impactados. A poeira inalada mesmo com algum elemento inativo no solo é um fator de risco para os seres que a inalam, como afirmado pelas mulheres (capítulo 1).

3.4.3. Elementos potencialmente tóxicos nos solos das unidades familiares

Avaliar as concentrações dos elementos em cada unidade produtiva é importante dado que o material depositado sobre as várzeas é heterogêneo e a saúde de alguma das famílias poderia estar comprometida. De modo geral, a avaliação dos solos das unidades familiares mostrou heterogeneidade do solo impactado pelo rejeito, como já indicado por outros autores (Segura et al., 2016; Silva et al., 2018; Dávila et al., 2020), mas também mostra heterogeneidade no conteúdo de elementos potencialmente tóxicos do solo não impactado.

Além dos teores de Cr, Ni e Co superarem o VRQ, a análise em cada unidade familiar indicou que também o Pb supera o VRQ nas unidades familiares 1, 2, e 6 na área sem rejeito e na unidade familiar 3 na área com rejeito. A forma primária do Pb no estado natural é galena (PbS) presente em algumas rochas do Quadrilátero Ferrífero como mineral secundário, o que poderia explicar sua presença nos solos sem rejeito destas unidades familiares. O Pb está associado principalmente a minerais argilosos, óxidos de Mn, hidróxidos de Fe e Al e MOS (Kabata-Pendias, 2011). Os maiores conteúdos de MOS e a maior proporção de argila dos solos não impactados pode ser responsável pela estabilização dos altos teores de Pb encontrados.

O Pb é um metal perigoso para o ser humano e os animais que podem adquiri-lo por meio da cadeia alimentar e pela inalação de poeira do solo (Kabata-Pendias, 2011). No caso da unidade familiar 3, onde os teores de Pb estão acima de VRQ na área com rejeito, a elevada área superficial das partículas do rejeito (variando de 1 a 200 μm), pode aumentar a biodisponibilidade de elementos potencialmente tóxicos para a cadeia alimentar (Segura et al., 2016; Guerra et al., 2017).

Além disso, o Pb afeta a atividade biológica dos solos, que no caso dos solos impactados já é reduzida. Níveis altos de Pb no solo podem limitar a atividade enzimática da microbiota e diminuir sua capacidade de decompor a matéria orgânica (Kabata-Pendias, 2011) e portanto, restringir a ciclagem de nutrientes. Este prejuízo à atividade enzimática pode dificultar ainda mais o processo de recuperação dos solos impactados. No entanto, o Pb é fortemente adsorvido aos componentes com tamanho equivalente à argila: matéria orgânica, argilominerais, óxidos amorfos e hidróxidos (Sipos et al., 2005), o que pode evitar sua disponibilização ao ambiente e facilitar sua estabilização. A matéria orgânica tem um papel fundamental na estabilização do Pb, pois parte significativa deste metal presente naturalmente no solo é complexado pela

matéria orgânica e, portanto, a matéria orgânica mitigaria o potencial de toxicidade pelo chumbo (Sipos et al., 2005). Assim sendo, as ações de reparação da área impactada da unidade familiar 3 deveriam ter especial cuidado com a adição, o manejo e o monitoramento da matéria orgânica.

A heterogeneidade indica que estudos em escala espacial ao nível de propriedades são importantes. Nestes estudos, a observação cotidiana e as informações sobre as condições do solo dada pelas famílias são importantes. No entanto, nem sempre esse fator é considerado pelos pesquisadores e pelas empresas que causam danos sócio ambientais. No capítulo 1, os (as) agricultores (as) atingidos (as) informaram com detalhe as mudanças percebidas nos seus solos e plantas após a avalanche de rejeitos. Em cada lugar uma situação ambiental, um histórico de uso e uma relação cultural com o solo diferentes fazem com que as generalizações realizadas sobre a qualidade dos solos impactados e as ações de reparação uniformes não coadunem com a realidade das unidades familiares impactadas.

3.4.4. Elementos potencialmente tóxicos nas raízes de mandioca

Apesar de ter encontrado concentrações de Ni nos solos não afetados acima do VRQ, a análise das raízes de mandioca cultivadas nos solos sem rejeito mostra que não há bioconcentração de Ni (valores de bioconcentração inferiores a 1) e que os valores médios estão dentro do esperado em plantas (1,1 mg kg⁻¹ em média, tabela 6). Teores de Ni próximos a 1.5 mg kg⁻¹ são considerados adequados para o crescimento das plantas (Dechen e Nachtifall, 2007). No entanto, é importante ressaltar que a taxa de recuperação do Ni neste estudo foi baixa (71 %) o que poderia estar subestimando a concentração deste elemento nas raízes coletadas nos solos afetados e não afetados.

Os teores médios de Zn (próximos a 8,7 mg kg⁻¹) encontram-se nos limites de 3 e 150 mg kg⁻¹, valores normalmente encontrados nas plantas (Dechen e Nachtifall, 2007). Raízes de cenoura e beterraba apresentam concentrações entre 21 e 46 mg kg⁻¹ (Kabata-Pendias, 2011). Teores menores do que 25 mg kg⁻¹ podem caracterizar deficiência do elemento em algumas plantas (Dechen e Nachtifall, 2007). O fator de bioconcentração de Zn maior do que 1 para a unidade produtiva 4 (tabela 7) é resultado do baixo teor desse nutriente no solo (7.31 mg kg⁻¹, tabela 4), o menor de toda a amostragem e do valor de Zn na planta de 13.17 mg kg⁻¹ (dado não apresentado), o maior de toda a amostragem. Plantas que crescem em solos deficientes em micronutrientes essenciais, como o Zn, podem ser muito eficientes no sequestro dos micronutrientes e, portanto, apresentam fator de bioconcentração muito elevado, mas baixas concentrações absolutas desses elementos nos tecidos (Ali et al., 2013).

O Cu, cujos teores médios foram de $1,55 \text{ mg kg}^{-1}$, encontra-se abaixo dos níveis de 5 a 20 mg kg^{-1} considerados adequados para as plantas (Dechen e Nachtifall, 2007). Novamente, sintomas de deficiência de cobre não foram observados nas plantas de mandioca em campo.

Teores de Ba entre 2 a 13 mg kg^{-1} são normalmente encontrados na natureza, com exceção de algumas plantas como a castanha do Pará, para a qual são reportados valores entre 3000 e 4000 mg kg^{-1} (Kabata-Pendias, 2011). O bário não é considerado um elemento essencial, mas as plantas podem absorvê-lo facilmente em solos ácidos. Porém, existem poucos estudos sobre as concentrações tóxicas deste elemento em plantas. Um destes estudos apontou que o crescimento da cevada e do feijão foram inibidos em solo contendo 2.000 mg kg^{-1} de Ba (Kabata-Pendias, 2011).

Embora não tenha encontrado evidências de toxicidade dos elementos analisados nas raízes de mandioca, as taxas de recuperação do material de referência foram em geral baixas (Tabela 5), o que pode sugerir que os valores encontrados nas análises químicas realizadas estão subestimados. Até o momento, não se encontraram pesquisas de elementos potencialmente tóxicos em mandioca na região atingida. Estudo recente realizado pela companhia de serviços ambientais AECOM indicou contaminação de tubérculos produzidos na bacia do rio Doce, mas a amostragem destes tubérculos não foi realizada nos municípios de Mariana e Barra Longa (Belo Horizonte, 2020). Entretanto, mesmo que se confirmem baixos teores de elementos tóxicos na mandioca isto não evidencia a boa qualidade desses tubérculos em solos com rejeito, pois em vários lugares as plantas de mandioca não estavam saudáveis, conforme observado em campo e Figura 5.

3.5. Conclusões

Elementos potencialmente tóxicos (As, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn) foram detectados nos solos das unidades familiares em comunidades rurais de Barra Longa e Mariana, tanto nas áreas impactadas como nas áreas não impactadas pelo rejeito. No entanto, os teores encontrados não superaram o Valor de Investigação, o que, segundo a legislação brasileira, sugere não haver risco à saúde humana.

Concentrações elevadas de Cr, Ni e Co nos solos não impactados não parecem ter efeitos nocivos sobre as funções dos solos estudados apesar de eles superarem os valores orientadores (VP para Cr e VQR para Ni e Co), certamente devido a outras condições, como matéria orgânica e teor de argila, que mantém a funcionalidade do solo, diferentemente do solo com rejeito, que teve sua funcionalidade comprometida. Portanto, se a qualidade do solo atingido pelo rejeito

foi afetada, a saúde humana e de outros seres pode estar comprometida, mesmo que as concentrações de elementos tóxicos estejam abaixo dos limites previstos pela legislação.

As análises químicas de elementos potencialmente tóxicos e os valores orientadores da legislação se mostraram limitados para avaliar a evidente perda de qualidade nos solos invadidos pelo rejeito e seu potencial de danos ao meio ambiente. A matéria orgânica e a granulometria do solo que, no caso em estudo, foram afetados com a invasão do rejeito não são considerados pela legislação. Isto impede que a qualidade integral do solo seja realmente avaliada e que sejam empreendidas as ações de controle necessárias para devolver a qualidade ao solo. Adicionalmente, a adoção exclusiva da avaliação técnica para qualificar o ambiente coloca as pessoas atingidas em vulnerabilidade. É importante analisar o solo e o ambiente considerando também a própria avaliação das pessoas atingidas, a partir de seu conhecimento, percepção e critérios de avaliação sobre as mudanças do ambiente onde vivem (etnoindicadores).

As raízes de mandioca não apresentaram bioconcentração dos elementos potencialmente tóxicos o que indica que não há magnificação na rede trófica. No entanto, novas análises são sugeridas visto que as taxas de recuperação do material de referência foram em geral baixas, o que pode que os valores encontrados tenham sido subestimados. Mesmo sem elementos tóxicos, as plantas de mandioca cultivadas sobre rejeito apresentavam menos vigor do que as plantas crescidas sobre o solo não impactado. Portanto, a decisão de comer ou não a mandioca cultivada nos solos impactados deve levar em consideração outros fatores além da análise química de elementos potencialmente tóxicos.

Em síntese, houve perda de qualidade dos solos impactados e esta perda não é considerada no estabelecimento dos limites para avaliação dos riscos por elementos potencialmente tóxicos. Com isto, mesmo que segundo os parâmetros da legislação brasileira os teores de elementos potencialmente tóxicos encontrados nos solos impactados estejam abaixo dos limites, não se pode afirmar que eles não apresentam risco à saúde, em especial na poeira oriunda de solos impactados pelo rejeito, que sem estrutura estão mais sujeitos à erosão eólica. Os solos impactados devem continuar sendo monitorados, levando em consideração não apenas indicadores químicos, mas também físicos, biológicos e etnoindicadores.

3.6.Referências

ALI, H.; KHAN, E.; SAJAD, M. A. Phytoremediation of heavy metals: Concepts and applications. **Chemosphere**. Vol. 91. Pag. 869–881, 2013.

ALLOWAY, B. A. (ed.) **Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability**. Third Edition. Springer: Dordrecht Heidelberg New York London. 613 p. 2013. DOI 10.1007/978-94-007-4470-7

ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a Aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

ALVAREZ V.; V.H., NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E. & OLIVEIRA, J.A. **Determinação e uso do fósforo remanescente**. Boletim Informativo – SBCS. Viçosa MG. v.25, n.1, p.27-32, 2000.

BELO HORIZONTE. Vara Federal Cível e Agrária da SSJ de Belo Horizonte. **Laudo Pericial da Segurança do Alimento – Produtos Agropecuários**. Processo N° 1000412-91.2020.4.01.3800. Classe: Eixo Prioritário n° 6 – Medição da Performance e Acompanhamento, em atendimento à Decisão Judicial assinada pelo Juízo da 12a. Vara Federal Cível e Agrária da SJMG, atual 4a. Vara Federal Cível e Agrária da SSJ de Belo Horizonte (ID 162081357). Março de 2020.

BREMNER, J. M., & MULVANEY, C. S. **Nitrogen-Total**. In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 595–624, 1982.

BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R.E.; DE DEYN, G.; DE GOEDE, R.; FLESKENS, L.; GEISSEN, V.; KUYPER, T.W.; MADER, P.; PULLEMAN, M.; SUKKEL, W.; VAN GROENIGEN J. W.; BRUSSAARD, L. Soil quality – A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, p. 105–125, maio 2018.

CARVALHO, A.M.X.; MENDES, F.Q.; MENDES, F.Q.; TAVARES, L.F. SPEED Stat: a free, intuitive, and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 20(3): e327420312, 2020.

COELHO, D. G., MARINATO, C. S., MATOS, L. P. DE, ANDRADE, H. M. DE, SILVA, V. M. DA, NEVES, P.H. S., OLIVEIRA, J. A. DE. Evaluation of Metals in Soil and Tissues of Economic Interest Plants Grown in Sites Affected by the Fundão Dam Failure in Mariana, Brazil. **Integrated Environmental Assessment and Management**. Volume 16, Number 5, pp. 596–607, 2020. DOI 10.1002/ieam.4253

COLOMBINI, G.; WATTEAU, F.; AUCLERC, A. Technosol rehabilitation strategies drive soil physico-chemical properties and fauna diversity on a former coking plant area. **Applied Soil Ecology**, v. 177, p. 104542, set. 2022.

CONAMA. **Resolução no 420, de 28 de dezembro de 2009**. Publicado no DOU no 249, de 30/12/2009, pag. 81-84. 2009.

COPAM. **Deliberação Normativa no 166**, de 29 de junho de 2011.

COSTA, A. **Geoquímica das águas e dos sedimentos da bacia do rio Gualaxo do Norte, Leste-Sudeste do Quadrilátero Ferrífero (MG): Estudo de uma área afetada por atividades de extração mineral**. Dissertação. Programa de pos graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais. UFOP, 2001.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Monitoramento especial do rio Doce**: relatório 02 Geoquímica. Segunda Campanha de Campo 12 a 23 de novembro de 2015. Belo Horizonte-MG, Brasil. Disponível em: < http://www.cprm.gov.br/publicue/media/RT_02_2015_MONIT_ESP_BACIA_RIO_DOCE_v4_5.pdf> Acesso em: 22 de dezembro de 2023.

CROTTY, F. V.; ADL, S. M.; BLACKSHAW, R. P.; MURRAY, P. J. Using Stable Isotopes to Differentiate Trophic Feeding Channels within Soil Food Webs. **The Journal of Eukaryotic Microbiology**. Vol 0 (0), pp. 1–7, 2012.

DAVILA, R. B. **Metais pesados no rejeito e em solos de planícies aluviais afetadas pelo rompimento da barragem de fundão, mariana (MG)**. Dissertação. Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, UFV, 2018

DAVILA, R.B., FONTES, M. P. F., PACHECO, A. A., FERREIRA, M. DA S. Heavy metals in iron ore tailings and floodplain soils affected by the Samarco dam collapse in Brazil. **Science of the Total Environment** 709. 2020. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.136151

DECHEN, A.; NACHTIGALL, G. **Elementos requeridos à nutrição de plantas**. Capítulo 3. In: Novais R., Álvarez, V. Barros, N., Fontes, R., Cantarutti, R., Neves, J. Editores. Fertilidade do solo. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1017 p, 2007.

DESCHAMPS, E., CIMINELLI, V. S. T., LANGE, F. T., MATSCHULLAT, J., RAUE, B., SCHMID, H. Soil and Sediment Geochemistry of the Iron Quadrangle, Brazil: The Case of Arsenic. **J Soils & Sediments** 2 (4) 216 – 222, 2002.

EMBRAPA. **Avaliação dos Impactos Causados ao Solo pelo Rompimento de Barragem de Rejeito de Mineração em Mariana, MG**: Apoio ao Plano de Recuperação Agropecuária. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FIGUEIREDO, M. D. et al. Tailings from Fundão Tragedy: Physical–Chemical Properties of the Material That Remains by Candonga Dam. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 16, n. 5, p. 636–642, set. 2020.

FERREIRA, D. A. **Avaliação de metais em plantas cultivadas nos solos impactados pelo rejeito de minério de ferro da Barragem de Fundão**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Biomas Tropicais, 72 f. 2020.

FREITAS, C. M. DE, SILVA, M. A. DA, & MENEZES, F. C. DE. O desastre na barragem de mineração da Samarco: fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres. **Ciência e Cultura**, 68(3), 25–30, 2016. <https://doi.org/10.21800/2317-66602016000300010>

GU, B. E CHEN, J. Enhanced microbial reduction of Cr(VI) and U(VI) by different natural organic matter fractions. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. Volume 67, Issue 19 2003.

GUERRA, M. B. B., TEANEY, B. T., MOUNT, B. J., ASUNSKIS, D. J., JORDAN, B. T., BARKER, R. J., SANTOS, E. E., SCHAEFER, C. E. G. R. Post-catastrophe Analysis of the Fundão Tailings Dam Failure in the Doce River System, Southeast Brazil: Potentially Toxic Elements in Affected Soils. **Water Air Soil Pollut.** 228: 252. 2017. DOI 10.1007/s11270-017-3430-5

HATJE, V., PEDREIRA, R. M. A., REZENDE, C. E., SCHETTINI, C. A. F., SOUZA, G. C., MARIN, D. C., HACKSPACHER, P. C. The environmental impacts of one of the largest tailing dam failures worldwide. **Scientific Reports**, 7: 10706, 2017. DOI 10.1038/s41598-017-11143-x

IBAMA. **Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais**. Brasília, DF. 2015. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_ibama.pdf> Acesso em 5 de janeiro 2024

KABATA-PENDIAS, A. **Trace elements in soils and plants**. 4th ed. CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton London New York. 505 p. 2011

LONG, E. R. e CHAPMAN, P. M. A Sediment Quality Triad: Measures of Sediment Contamination, Toxicity and Infaunal Community Composition in Puget Sound. **Marine Pollution Bulletin**, vol. 16, número 10, pp. 405-415.

PENIDO, M.; COELHO, T.; MAGNO, L. **A produção do desastre da Samarco sob a perspectiva do risco**. No prelo.

PORTELLA, M. Efeitos Colaterais da Mineração no Meio Ambiente. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**. Brasília, v.5, n.2, p.263-276, 2015. Disponível em: <https://www.pick-upau.org.br/galeria/2017.05.13_galeria-revista-brasileira-politicas-publicas/revista-brasileira-politicas-publicas-download.pdf> Acesso em 5 de janeiro 2024

RENOVA. **A reparação até aqui**. Março 2021 Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2021/04/a_reparacao_ate_aqui_abril2021.pdf> Acesso em 5 de janeiro 2024

ROESER, H. 1977. Petrographisch – geochemische Untersuchungen der metamorphen Gesteinsserien em sudostlichen Grenzbereich des Eisernen Vierecks, Minas Gerais, Brasilien. Universidade de Clausthal, Dissertação. 341 p. In: COSTA, A. **Geoquímica das águas e dos sedimentos da bacia do rio Gualaxo do Norte, Leste-Sudeste do Quadrilátero Ferrífero (MG): Estudo de uma área afetada por atividades de extração mineral**. Dissertação. Programa de pos graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais. UFOP, 2001.

RUCHKYS, ÚRSULA DE ACEVEDO. 2007. **Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: potencial para a criação de um geoparque da UNESCO**. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

RUCHKYS, U. DE A. MACHADO, M. M.; CASTRO, P. DE T.; RENGER, F. E.; TREVISOL, A.; BEATO, D. A. **Geoparque Quadrilátero Ferrífero (MG)**, proposta. CPRM. 2012. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17149/1/quadrilatero.pdf>> Acesso em 5 de janeiro 2024

SCHAEFER, C. E. G. R.; DOS SANTOS, E. E.; DE SOUZA, C. M.; NETO, J. D.; FILHO, E. I. F.; DELPUPO, C. Cenário histórico, quadro físiográfico e estratégias para recuperação ambiental de Tecnosolos nas áreas afetadas pelo rompimento da barragem do Fundão, Mariana, MG. **Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico**. v. 24, n. 1/2, 2015.

SCHAEFER, C. E. G. R., DOS SANTOS, E. E., FILHO, E. I. F., DE ASSIS, I. R. Paisagens de lama: os tecnossolos para recuperação ambiental de áreas afetadas pelo desastre da barragem do Fundão, em Mariana. Boletim informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo** - Volume 42. Número 1 Janeiro/Abril de 2016.

SEGURA, F. R., Nunes, E. A., Paniz, F. P., Paulelli, A. C. C., Rodrigues, G. B., BRAGA, G. U. L., FILHO, W. R. P. BARBOSA JR., F., CERCHIARO, G. SILVA, F. F., BATISTA, B. L. Potential risks of the residue from Samarco's mine dam burst (Bento Rodrigues, Brazil). **Environmental Pollution** 218, 813-825, 2016. DOI 10.1016/j.envpol.2016.08.005

SILVA, D. DE C, BELLATO, C. R., NETO, J. DE O. M., FONTES, M. P. F. Trace elements in river waters and sediments before and after a mining dam breach (Bento Rodrigues, Brazil). **Quim. Nova** XY, 1–10, 2018. DOI 10.21577/0100-4042.20170252.

SIPOS, P.; NÉMETH, T.; MOHAI, I. Distribution and possible immobilization of lead in a forest soil (Luvisol) profile. **Environmental Geochemistry and Health**. Vol, 27: 1–10, 2005.

SOONG, J. L.; NIELSEN, U. N. The role of microarthropods in emerging models of soil organic matter. **Soil Biology & Biochemistry**. XXX, 1-3, 2016. DOI 10.1016/j.soilbio.2016.06.020.

SRM 1515; **Apple leaves**; National Institute of Standards and Technology; U.S. Chemical Sciences Division: Gaithersburg, MD (Novembro 2022).

SRM 2709a; **Sao Joaquin Soil**; National Institute of Standards and Technology; U.S. Measurement Services Division: Gaithersburg, MD (Abril 2009).

US-EPA. **Technical assistance document for complying with the TC rule and implementing the toxicity characteristic leaching procedure (TCLP)**. 1994. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/tclp-1994_0.pdf> Acesso em 5 de janeiro 2024

ZHU, S.; LUO, W.; MO, Y.; DING, K.; ZHANG, M.; JIN, C.; WANG, S.; CHAO, Y.; TANG, Y.; QIU, R. New Insights into the Role of Natural Organic Matter in Fe–Cr Coprecipitation: Importance of Molecular Selectivity. **Environ. Sci. Technol.** 57, 37, 2023. DOI 10.1021

4. CAPÍTULO 3. INTERCÂMBIOS AGROECOLÓGICOS COMO INSTRUMENTO METODOLÓGICO DE PESQUISA-AÇÃO

Resumo: Na reparação dos danos causados pelo rompimento da barragem de Fundão, na bacia do rio Doce, as comunidades locais, as mais impactadas, são as com menor influência nas decisões sobre a reparação. Os conhecimentos dessas comunidades, quando articulados ao conhecimento científico, podem oferecer soluções ao desafio socioambiental da bacia, como preconizado na pesquisa-ação. A pesquisa-ação reconhece o direito e a capacidade das pessoas em tomar decisões sobre questões que as afetam. Para o desenvolvimento da pesquisa-ação deve se utilizar instrumentos metodológicos que permitam a construção horizontal dos conhecimentos, como os intercâmbios agroecológicos. Objetivou-se avaliar a contribuição dos intercâmbios agroecológicos com o processo de pesquisa-ação realizado com as famílias atingidas pelos rejeitos da barragem de Fundão. Especificamente objetivou-se i) sistematizar e analisar os processos de ação reflexão ação proporcionados pelos intercâmbios agroecológicos realizados com as famílias atingidas. Cinco intercâmbios agroecológicos foram realizados, em parceria com a OCA (Organização Cooperativa de Agroecología), EFAP (Escola Família Agrícola Paulo Freire) e a UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto). Relatórios e vídeos elaborados pela equipe organizadora durante os intercâmbios e outros textos publicados após os intercâmbios foram analisados por meio de análise de conteúdo. Cinco categorias foram analisadas: i) mística de abertura, ii) história da família e apresentações, iii) observações dos agroecossistemas, Instalações Artístico Pedagógicas (IAPs) e círculos de cultura, vi) círculo de encerramento e v) percepção da OCA. A mística permitiu a expressão do plano subjetivo, por meio do sentimento de fortalecimento espiritual, a expressão de sentimentos contidos, a descontração e a alegria. A história da família revelou a preferência pelo modo de vida na roça e mostrou algumas razões para a migração para a cidade e volta para a roça. As observações dos agroecossistemas, IAPs e círculos de cultura evidenciaram os conhecimentos da comunidade local sobre seu ambiente, novos entendimentos sobre a qualidade do solo e das plantas, a importância da comunidade se sentir escutada e reconhecida e as denúncias sobre o processo de reparação. O círculo de fechamento permitiu avaliar o significado dos intercâmbios para as pessoas da comunidade e os efeitos que o discutido nestes poderia chegar a ter para a cotidianidade das pessoas atingidas. A percepção da OCA mostrou a importância da articulação da assessoria técnica agroecológica com a universidade para a conformação de um trabalho efetivo com as comunidades atingidas e a criação de novos ciclos de pesquisa-ação. Concluiu-

se que os intercâmbios agroecológicos contribuíram com um processo de pesquisa-ação na medida que permitiram a construção de conhecimento útil para as pessoas tomarem decisões sobre o manejo dos seus solos, sobre sua alimentação e sobre sua permanência no território. Novos conhecimentos foram construídos a partir da articulação entre os conhecimentos acadêmicos e os conhecimentos das pessoas das comunidades atingidas. O trabalho da Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) agroecológica promovida pela OCA consolidou laços de afeto, confiança e responsabilidade e facilitou os processos de pesquisa-ação promovidos pelas universidades. A articulação entre pesquisa e extensão permitiu superar as limitações dos tempos institucionais e possibilitou novos projetos de pesquisa, gerando um novo ciclo de ação reflexão.

Palavras chave: metodologias participativas, reparação de danos, qualidade do solo, extensão universitária, ATER agroecológica

4.1.Introdução

Em 2015, a barragem de rejeitos de mineração de ferro da Samarco/Vale/BHP Biliton, localizada em Mariana, Minas Gerais, rompeu-se e atingiu o rio Doce e várias comunidades localizadas à sua margem. Após oito anos do maior desastre ambiental do Brasil, alguns atingidos/as ainda não possuem segurança sobre o consumo de alimentos produzidos nas várzeas afetadas pelo rejeito e sobre o manejo das culturas nelas plantadas. Tentativas de resposta a esta insegurança tem sido oferecida por meio de laudos ambientais gerados pelas empresas mineradoras, instituições governamentais e pesquisadores de diferentes universidades.

No entanto, a diferença de poder entre essas instituições e os sujeitos atingidos, faz com que esses últimos, desprovidos de instrumentos tecnológicos para avaliar os riscos a que podem estar submetidos, tenham que confiar no “sistema de peritos” e ficar dependentes e subjugados a decisões alheias (Penido et al., s.d.) e a um sistema de governança que as exclui. Na reparação dos danos na bacia do rio Doce, as comunidades locais, as mais impactadas, são as com menor influência sobre o sistema de governança (Lima et al., 2020).

Embora desprovidas de instrumentos tecnológicos, as comunidades locais conhecem seus ambientes e são capazes não apenas de identificar e caracterizar os problemas associados a seu território (Barrera-Bassol e Zinck, 2003), mas também de apontar a solução para eles. Porém, o valioso conhecimento local é em geral desconsiderado nas tomadas de decisões. Este conhecimento é baseado em circunstâncias particulares e, assim como o conhecimento científico, possui lacunas. As lacunas presentes em um tipo de sistema de conhecimento podem ser complementadas por outros sistemas de conhecimento (Barrios et al., 2006). O diálogo entre o conhecimento científico e a sabedoria popular pode contribuir para uma melhor compreensão do “novo ambiente” criado a partir do rompimento da barragem, disponibilizar instrumentos tecnológicos e desencadear processos participativos para a tomada de decisões a respeito do problema.

O diálogo entre o conhecimento científico e popular e as relações horizontais entre pesquisadores e pessoas das comunidades tem sido a base para o desenvolvimento da metodologia da pesquisa-ação. Na pesquisa-ação, o processo de pesquisa contribui para as transformações sociais e culturais, ao estabelecer uma relação de co-pesquisadores entre os diferentes autores e não uma relação entre pesquisador e objeto de pesquisa. A pesquisa-ação reconhece o direito e a capacidade das pessoas em tomar decisões sobre questões que as afetam e sobre as formas em que é construído o conhecimento sobre suas práticas. O conhecimento assim produzido tem mais chance de ser significativo para o grupo que participou na sua

produção, e ainda mais importante, de gerar opções para que as pessoas possam construir e usar seus próprios conhecimentos (Reason e Bradbury, 2008). Esse tipo de pesquisa se caracteriza por ciclos de reflexão – ação – reflexão, onde a realização de uma pesquisa implica ação junto às comunidades, pois uma das premissas da pesquisa-ação é estar inserida na realidade concreta. Na ação são construídas novas reflexões que permitem marcar uma mudança nas reflexões iniciais quando o conhecimento científico interage com o conhecimento popular (Reyes, 2018).

A pesquisa-ação tem como fundamento a necessidade de criar uma relação sujeito - sujeito, em que sujeito e objeto se combinam na prática de pesquisa (Borda 1979, Brandão e Borges, 2007). Essa relação evita de um lado, que o conhecimento das populações locais seja ignorado e do outro, que o pesquisador explore esse conhecimento para sua pesquisa. Dessa forma a relação sujeito - sujeito implicaria, em sua concepção mais radical, em uma transformação dos pesquisadores e das pessoas das comunidades locais.

Por parte dos pesquisadores, essa mudança implicaria uma postura de “transformação da personalidade ou cultura do pesquisador participante para enfatizar sua vivência pessoal e seu compromisso moral e ideológico com as lutas pela mudança radical das sociedades” (Borda, 2008, pag. 83). Por parte das pessoas das comunidades, a relação sujeito - sujeito implicaria a participação na toma de decisões sobre os rumos da pesquisa, na geração de conhecimento científico (a partir da sua prática) e na capacidade de alcançar autonomia para continuar pesquisando depois dos acadêmicos se ausentarem (Borda, 1979).

A pesquisa-ação tem diferentes escolas teóricas que diferem dependendo dos princípios. A escola latino-americana é reconhecida por enfatizar o caráter emancipador desta metodologia. O caráter emancipador possui como princípios: i. a procura por um conhecimento ou ciência centrados nas realidades, contextos e problemas próprios da região; ii) a construção de um conhecimento útil para as pessoas em situações de exploração, opressão e submissão; iii) a construção de técnicas que facilitem a busca do conhecimento de forma coletiva e sua devolução sistemática e fácil de entender e; iv) a busca pela articulação entre o conhecimento acadêmico e a sabedoria e a experiência populares (Borda, 2008). A pesquisa-ação permite a realização da pesquisa de forma contextualizada (Laranjeiras et al., 2019).

Estes princípios da pesquisa-ação apontam um maior comprometimento com as transformações socioculturais, pois priorizam a relação sujeito-sujeito. Entretanto, esta priorização se depara com as limitações impostas pelos tempos institucionais. Por exemplo, os recursos para fazer pesquisa e os/as pesquisadores/ras estão condicionados aos prazos e tempos estabelecidos pelas instituições. Estes tempos são diferentes dos tempos das comunidades, dos tempos para gerar relações de confiança e verdadeiros processos de transformação social. Em

consequência, muitos/as pesquisadores/as não consideram possível trilhar o caminho da pesquisa-ação.

Além dos tempos, outra limitação à pesquisa-ação é a falta de uma metodologia completamente definida à priori. Alguns autores têm criado uma lista de passos ou fases para caracterizar ou organizar metodologicamente a pesquisa-ação (Thiollent, 1986), porém não existe uma única forma de fazer pesquisa-ação. Como utilizar a pesquisa-ação com as comunidades atingidas com o objetivo de que elas próprias possam tomar decisões sobre suas áreas invadidas pelo rejeito? Um caminho é articular a pesquisa com as ações de assessoria técnica e extensão rural já existente nas comunidades atingidas, em um processo de promoção do diálogo entre os saberes populares e os conhecimentos científicos. Este diálogo impõe, entretanto, desafio de natureza metodológica (Cardoso e Ferrari, 2006). Na Zona da Mata de Minas Gerais, região vizinha ao local onde houve o rompimento da barragem, estes desafios têm sido superados com os intercâmbios agroecológicos, organizados na região desde 2008 (Zanelli, 2015).

Na Zona da Mata, o uso dos intercâmbios como instrumento metodológico foi resultado do trabalho do Centro de Tecnologia Alternativas Zona da Mata (CTA-ZM), organizações dos agricultores e Universidade Federal de Viçosa (UFV), mas atualmente é amplamente utilizado por várias organizações (De Souza 2006; Da Silva 2020). Da forma como são organizados na região, a metodologia dos intercâmbios comunga de muitos princípios utilizados pelo movimento “Campesino a Campesino” e da educação popular (Zanelli, 2015).

Os intercâmbios agroecológicos têm permitido processos de indissociabilidade entre o ensino, a pesquisa e a extensão, com o apontamento de problemas, realização de pesquisas, sistematização de experiências, dentre outros. Os intercâmbios agroecológicos têm contribuído com aos agricultores familiares na construção do conhecimento agroecológico e em suas tomadas decisões sobre o manejo de seus agroecossistemas, valendo-se das tecnologias aprendidas e adaptadas por eles a sua realidade (Zanelli, 2015; Da Silva 2020).

Nos Intercâmbios Agroecológicos diversos instrumentos metodológicos são articulados e permitem a análise dos agroecossistemas de forma sistêmica. O pressuposto básico dos intercâmbios é a problematização das questões vivenciadas pelos agricultores e a busca da superação do problema de forma coletiva (Zanelli, 2015). Os intercâmbios facilitam o diálogo entre os/as agricultores/as e deles com demais atores; permitem a leitura coletiva da realidade, um fundamento de pedagogia do movimento agroecológico (Da Silva, 2020) e; fornecem elementos para o desenvolvimento de pesquisa-ação. Essas pesquisas são construídas não

apenas por pesquisadores, mas também com agricultores/as, técnicos “extensionistas” cientes de um processo pedagógico de construção e não de transferência de conhecimentos.

Nesta pesquisa-ação, a realidade concreta se expressou na pergunta formulada pelas pessoas atingidas: posso comer o alimento produzido no solo invadido pelo rejeito? Neste capítulo, objetivou-se avaliar a contribuição dos intercâmbios agroecológicos com o processo de pesquisa-ação realizado com as famílias atingidas pelos rejeitos da barragem de Fundão. Especificamente objetivou-se i) sistematizar e analisar os processos de ação-reflexão-ação proporcionados pelos intercâmbios agroecológicos realizados com as famílias atingidas.

4.2. Material e Método

4.2.1. Realização dos intercâmbios

Como parte do processo de pesquisa-ação, cinco intercâmbios agroecológicos foram organizados em parceria com a OCA (Organização Cooperativa de Agroecologia), EFAP (Escola Família Agrícola Paulo Freire) e UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto) entre maio de 2022 e novembro de 2023. A equipe realizou entre cinco e oito reuniões prévias aos intercâmbios, a depender das questões a serem tratada no mesmo. Esta pesquisa faz parte do projeto *Osum e Nanã vilipendiadas por Ogum: monitoramento participativo de agroecossistemas na bacia do rio Doce*, com recursos provenientes de multa aplicada pelo Ministério Público do Trabalho à Samarco Mineradora S.A.

A metodologia dos Intercâmbios Agroecológicos realizados na Zona da Mata desde 2008 prevê alguns passos. Os principais passos do intercâmbio são: mobilização, mística de abertura, apresentação dos participantes, história da família, caminhada pela propriedade, socialização dos “elementos geradores” e problematização, trocas de sementes e mudas, merenda agroecológica, encaminhamentos, mística de encerramento (Zanelli 2015, Zanelli e Da Silva 2017). Estes passos foram adaptados na pesquisa-ação (Tabela 1) realizada em comunidades rurais de Mariana e Barra Longa.

Tabela 1. Passos previstos na metodologia original dos intercâmbios agroecológicos e o desenvolvimento e as adaptações necessárias para a realização dos mesmos com as comunidades atingidas pelos rejeitos da barragem de Fundão (bacia do rio Doce), Mariana e Barra Longa, Minas Gerais

Passos dos Intercâmbios Agroecológicos	Desenvolvimento e adaptações dos intercâmbios realizados com as comunidades atingidas pelos rejeitos
1. <i>Mobilização:</i> Convite às famílias para participar do intercâmbio	Visitas às casas das famílias e envio de cards convidando às pessoas para participar

2. <i>Mística de abertura</i> : momento de animação, descontração e motivação que traz à tona a dimensão simbólica	Performance conduzida pela equipe organizadora ou uma oração realizada por uma mulher da comunidade.
3. <i>Apresentação dos participantes</i> : em círculo, todas as pessoas falam seus nomes e a comunidade e instituição à qual pertencem	Em círculo, as pessoas se apresentaram.
4. <i>História da família</i> : os anfitriões contam sua trajetória familiar, o que permite conhecer as condições de posse ou de aquisição da terra e o histórico do manejo da propriedade	Em um dos intercâmbios, a história foi contada por uma liderança.
5. <i>Caminhada pela propriedade</i> : os anfitriões apresentam as técnicas e as práticas agroecológicas utilizadas aos visitantes, também recebendo dicas e sugestões para aprimorá-las	As caminhadas foram realizadas na horta ou a área invadida pelo rejeito. Em um dos eventos a caminhada foi substituída por uma Instalação Artístico Pedagógica.
6. <i>Socialização dos “Elementos Geradores” e Problematização (círculo de cultura)</i> : elementos recolhidos durante a caminhada (folha, flor, semente, etc) e que foram significativos para cada participante são apresentados, de forma a socializar o conhecimento que tem sobre aquele elemento, ao mesmo tempo em que questionamentos e conexões são feitas.	Utilizando a metodologia do círculo de cultura, os participantes apresentaram e diziam porque escolhiam os objetos ou as palavras para socializar com os demais.
7. <i>Trocas de sementes e mudas</i> : momentos de dádiva de mudas e sementes para estimular a agrobiodiversidade	As pessoas levaram mudas e sementes para serem trocadas ou doadas.
8. <i>Merenda agroecológica</i> : partilha de alimentos da produção agroecológica da família e da comunidade, que tenham relação com a cultura alimentar local.	Alimentos tradicionais e agroecológicos foram levados pelos participantes.
9. <i>Encaminhamentos</i> : informes e definição da família em que irá ocorrer o próximo Intercâmbio, possível data e temática do encontro	As pessoas manifestaram interesse em participar de outros intercâmbios, então o lugar e a previsão de data foram acertados.
10. <i>Mística de encerramento</i> : celebração do encontro e dos aprendizados realizados no Intercâmbio	Orações, poesias e músicas encerravam o intercâmbio.

A mobilização das famílias para os intercâmbios foi realizada principalmente pela equipe de técnicos da OCA que visitavam as famílias convidando-as e motivando-as a participar do intercâmbio. Durante a visita era solicitado às famílias levar um alimento, mudas e sementes para partilhar. Cards digitais e impressos também foram distribuídos com as informações do

dia, hora, lugar do evento. A OCA se encarregava também de buscar e levar em casa as famílias que necessitavam de transporte, o que era fundamental para garantir a participação delas.

O momento da mística foi planejado e realizado pelo grupo Micorrizas de Arte e Agroecologia, do qual faziam parte técnicas da OCA e estudantes e professoras da UFRV e era acompanhado, em ocasiões, por uma oração feita por alguém da comunidade. A história da família foi contada pelo casal anfitrião e trazia a forma em que o casal se conheceu, as migrações para a cidade e volta para a roça, os ofícios na roça que possibilitaram a criação dos filhos e os desafios mais recentes com o desastre da barragem de Fundão. Em alguns momentos havia intervenção dos presentes ou vizinhos nas histórias contadas. Para que as pessoas contassem sua história, muitas vezes o mediador do intercâmbio precisou incentivar com perguntas motivadoras. Um dos intercâmbios foi realizado na EFAP e a história da escola foi contada por seu diretor.

Durante o círculo de cultura (Cardoso et al., 2021), além de apresentar os elementos ou palavras, os participantes socializavam também suas impressões da caminhada ou da observação da Instalação Artístico Pedagógica (IAP), um cenário construído com elementos para promover o diálogo (Cardoso et al., 2021). Ao final do espaço, o facilitador sintetizava de forma a articular os objetos, as palavras e as falas dos participantes e apresentava algumas conclusões identificadas durante a socialização. Em todos os intercâmbios, espaços específicos enfeitados com chitas foram organizados para a troca de mudas e sementes e para a mesa da partilha, onde os elementos foram dispostos de forma harmônica (Figura 1).

As pessoas da comunidade e outros participantes levavam mudas e sementes e alimentos que lembrassem dos avós e das comidas tradicionais da roça. Estes alimentos possibilitaram uma mesa da partilha diversa e colorida. Alguns alimentos foram também comprados das mulheres quitadeiras das comunidades atingidas pela equipe organizadora, como forma de fortalecê-las. A participação dos estudantes e monitores da EFAP em todos os intercâmbios foi muito importante, eles/as fizeram grandes contribuições levando mudas, sementes, alimentos, músicas e conhecimentos. A avaliação feita ao final dos intercâmbios foi muito positiva e as pessoas se interessavam em participar dos próximos. Os intercâmbios não apenas se iniciavam em círculo, como também fechavam em círculo. Orações para encerrar encontros foram feitas por mulheres da comunidade. Poesias e músicas eram também utilizadas como mística de encerramento. Violões e músicas populares alegraram os encontros especialmente ao final.

Figura 1. Troca de mudas e sementes (a) e mesa da partilha (b) do primeiro intercâmbio agroecológico com as famílias atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão (bacia do rio Doce), em comunidades rurais de Mariana e Barra Longa, Minas Gerais.

(a)



(b)



Fonte: Elaboração própria

4.2.2. Os intercâmbios agroecológicos

Os intercâmbios iniciavam por volta de 13 horas e se encerravam por volta de 17:30. Os participantes externos normalmente almoçavam na comunidade, em uma das casas mobilizadas pela OCA para servir o almoço. Exceto o intercâmbio 3, realizado na EFAP que durou das 9:00 às 17 horas e o almoço foi servido a todos os participantes. Cada um dos cinco intercâmbios agroecológicos realizados teve objetivos diferentes.

4.2.2.1. Intercâmbio agroecológico Natureza Falante (número 1)

O intercâmbio 1 (24/05/2022), denominado *Natureza Falante*, teve como objetivo socializar e confirmar com as famílias atingidas os etnoindicadores de mudança ambiental do território identificados a partir de visitas e entrevistas com doze famílias das comunidades e a elaboração dos etnoindicadores, parte da dissertação de Mestrado “Saberes do rio Gualaxo do Norte: Etnoindicadores e ecotoxicologia para monitoramento ambiental” (Diaz 2022) e do capítulo 1 desta tese. Participaram do evento 38 adultos e 3 crianças, 13 deles pertencentes a comunidades rurais de Barra Longa e Mariana (4 mulheres, 8 homens e uma criança). Da UFV participaram 16 pessoas, da UFOP 4, da EFAP 1 e da OCA 7 pessoas.

A atividade central foi a representação do rio antes e depois da invasão do rejeito. O rio foi representado em uma IAP, construída a partir das informações fornecidas em entrevistas prévias com as famílias. Peixes e outros animais, solo, rejeito, plantas, ferramentas e instrumentos musicais compuseram a instalação (Figura 2).

Figura 2. Instalação artístico pedagógica representando o rio antes e depois do rompimento da barragem de Fundão, a) participante expondo o elemento escolhido na instalação, b) no primeiro intercâmbio agroecológico, comunidade de Barreto, Barra Longa, M.G.



Fonte: Elaboração própria

Os participantes caminharam em volta da IAP e selecionaram um elemento para socializar no círculo de cultura, quando uma pergunta geradora foi respondida: por que esse elemento chamou sua atenção? A equipe organizadora escreveu o nome de cada elemento em uma tarjeta (retângulo cartolina de 20 cm x 10 cm). As tarjetas foram agrupadas por tema para facilitar a síntese das falas das pessoas ao final do círculo de socialização.

4.2.2.2. Intercâmbio agroecológico Observadores da Mudança Ambiental (número 2)

Objetivou-se com o segundo intercâmbio, denominado *Observadores da Mudança Ambiental* (31/08/2022), observar os etnoindicadores de mudança ambiental e discutir a possibilidade de monitorá-los no tempo. Participaram do Intercâmbio 34 adultos e 3 crianças, 12 deles pertencentes a comunidades rurais de Barra Longa e Mariana (6 mulheres, 5 homens, 1 criança). Da UFV participaram 11 pessoas, da UFOP 1, da EFAP 6 e da OCA 7.

Neste intercâmbio, uma caminhada pela várzea invadida pelos rejeitos da barragem foi realizada (Figura 3). Os participantes foram convidados a coletar um elemento (objeto) que chamou sua atenção. No percurso, além dos elementos da natureza, tarjetas (retângulos de cartolina) com diferentes mensagens foram colocadas previamente pela equipe organizadora. Algumas das frases surgiram das entrevistas realizadas com as famílias e outras foram perguntas provocadoras de acordo com a aparência dos elementos da natureza naquele ambiente: Dentre as frases, algumas foram “por que estou morrendo?”, “estou tão alegre!”, “eu sou guerreira”. Se a pessoa preferisse poderia escolher uma frase ao invés de um objeto. Após as pessoas voltarem para a casa da anfitriã e, em círculo de cultura, o elemento foi apresentado, explicando o porquê de sua escolha e colocado em uma IAP, previamente construída.

Figura 3. Caminhada pela várzea invadida pelos rejeitos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão, a) círculo de cultura, b) mulher expondo o elemento escolhido durante a caminhada e explicando o porquê da escolha, c) e instalação artístico pedagógica no segundo intercâmbio agroecológico, comunidade de Barreto, Barra Longa, MG.



Fonte: Elaboração própria

A IAP foi elaborada a partir da pergunta “Como a terra se sente e como nós sentimos a terra?” A pergunta foi escrita em uma cartolina e colocada no centro da instalação. No cenário foram também expostas fotografias, tomadas especialmente por técnicos da OCA, de momentos compartilhados com as famílias durante as assessorias técnicas. Tarjetas, plantas e diferentes objetos foram acrescentados à IAP após a caminhada pela várzea. As crianças foram acolhidas na ciranda e participaram da caminhada e da coleta de elementos. Ao final do intercâmbio elas expuseram o que fizeram com os elementos (Figura 3).

4.2.2.3. Intercâmbio agroecológico Confluências para o rio Doce (número 3)

No Intercâmbio *Confluências para o rio Doce* (número 3) um maior número de pessoas participou (Figura 4), pois foi planejado em parceria com o projeto “Quintais produtivos como ferramentas de reabilitação da região atingida pelo rompimento da Barragem de Fundão, Mariana (MG) e pela pandemia de COVID19”, do mesmo edital do projeto “Osum e Nanã”. Este intercâmbio teve por objetivo socializar, avaliar e concluir os dois projetos de interface pesquisa extensão, tanto “Osum e Nanã” como “Quintais produtivos”.

Figura 4. Participantes do terceiro intercâmbio agroecológico iniciando atividades, a) visita ao viveiro, b) IAP representando a confluência dos rios, c) dança do pilão no encerramento do encontro na EFAP, Acaiaca, M.G.



Fonte: Elaboração própria

O intercâmbio foi organizado (3/11/2022) na EFAP, a dois dias de se completarem 7 anos do desastre do rompimento da barragem de Fundão. Por isto um ato simbólico foi organizado com a entrega de mudas para as pessoas que trafegavam pela rodovia MG-262, em frente ao acesso da EFAP. Nas mudas foram afixados cartões com os nomes de pessoas que morreram nesses 7 anos sem receber indenização ou reparação foram colocados.

Do intercâmbio participaram mais de 100 pessoas das comunidades rurais dos municípios de Mariana, Acaiaca, Diogo de Vasconcelos e Barra Longa e de diferentes instituições como UFV, UFOP, EFAP e OCA. Das comunidades onde a pesquisa foi realizada participaram nove mulheres, dois homens e duas crianças.

Durante a mobilização, solicitou-se que as famílias levassem um objeto que representasse a comunidade ou família para ser colocado em Instalação Artístico Pedagógica, previamente preparada (Figura 4). Organizados em pequenos grupos, os participantes se apresentaram e falaram sobre o objeto que escolheram em casa para levar para a instalação. Após as apresentações, cada participante levou seu objeto para compor a IAP. Cada grupo contou com um coordenador que sintetizou as falas e as socializou depois a todos os demais participantes. Uma roda de conversa, denominada “roda viva” foi organizada, com algumas pessoas representantes das comunidades e mediada por uma professora da UFV. Da roda viva participaram um representante da cultura popular, uma representante da produção

agroecológica e duas representantes das famílias diretamente atingidas pelos rejeitos da barragem de Fundão. Elas responderam perguntas formuladas por uma representante da juventude, estudante da EFA, um estudante da UFOP e uma técnica da OCA. Houve ainda uma caminhada pelas instalações da EFAP para conhecer os diferentes projetos que os estudantes realizam.

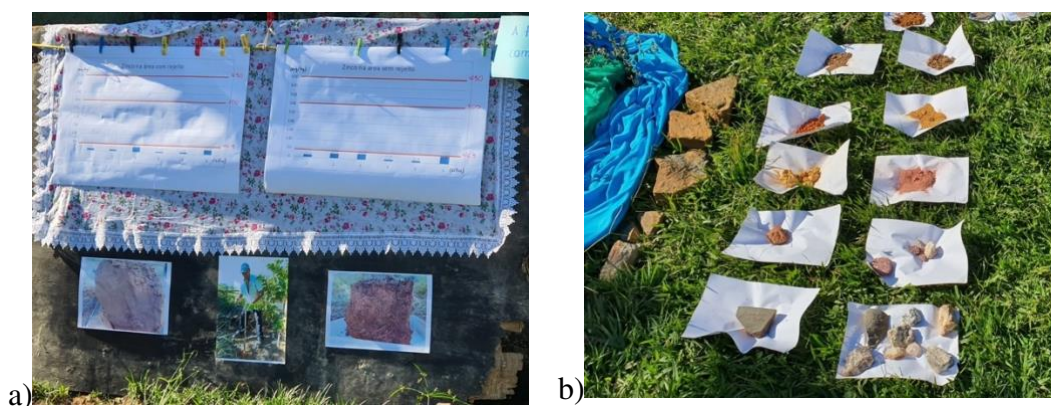
Neste intercâmbio houve muitos registros fotográficos, mas poucos registros escritos. Um dos registros foi feito na forma de poesia. Ele foi realizado por Iberê Marti, técnico da OCA, a partir do relato de outra técnica, Letícia Pires. Segundo Iberê, a relatoria simples e forte tornou possível brincar com as palavras. O poeta foi tão somente um “ladrão” de sentimentos!

4.2.2.4. Intercâmbio agroecológico Terra de Qualidade (número 4)

O intercâmbio *Terra de Qualidade* (intercâmbio 4), teve como objetivo analisar coletivamente os dados de laboratório sobre elementos potencialmente tóxicos no solo e refletir sobre a qualidade do solo. Do Intercâmbio (4/05/ 2023) participaram 42 adultos e 3 crianças, 21 deles pertencentes às comunidades rurais de Mariana e Barra Longa (10 mulheres, 8 homens, 3 crianças). Da UFV participaram 10 pessoas, da EFAP 9 e da OCA 5.

Nesse intercâmbio uma IAP foi organizada para representar o rio, as principais pedoformas (terraços e elevações), os diferentes tipos de rochas ao lado de diferentes tipos de solos, um álbum seriado com gráficos dos resultados das análises de laboratório sobre os metais potencialmente tóxicos e cartazes com as frases dos etnoindicadores (Figura 5).

Figura 5. Álbum seriado com gráficos dos resultados das análises de laboratório sobre os metais potencialmente tóxicos nos solos impactados e não impactados, a) diferentes tipos de rochas e solos compondo a IAP, b) círculo de discussão sobre os resultados do laboratório, c) e caminhada transversal pela propriedade no quarto intercâmbio agroecológico na comunidade de Campinas, Mariana, M.G.





Fonte: Elaboração própria

Diferente dos intercâmbios anteriores, esse intercâmbio teve um caráter mais expositivo, pois era preciso comunicar os resultados das análises de laboratório que as pessoas da comunidade tinham pedido. No entanto, procurou-se manter o caráter dialógico por meio de questionamentos. Perguntas foram feitas para as pessoas responderem oralmente com base nos elementos da IAP. A partir das respostas, os elementos presentes na IAP eram explicados confirmando ou acrescentando informações às respostas dadas pelas pessoas. Em especial para apresentar os gráficos, procurava-se confirmar se as pessoas estavam conseguindo acompanhar e entender a lógica das informações.

Nos gráficos, além do teor dos elementos foram colocados também os limites de toxicidade estabelecidos pela legislação ambiental. Procurou-se explicar inicialmente como as informações do gráfico poderiam ser lidas. A partir daí, para cada elemento perguntas foram feitas e respondidas pelos participantes do intercâmbio. Por exemplo, foi perguntado para as pessoas se o zinco estava alto ou baixo. Um homem da comunidade respondeu que estava baixo. Foi salientado que os seis lugares tinham Zn, mas que ele não estava em teores que poderiam afetar a saúde humana. Depois foi analisado o cobalto e a facilitadora salientou que ele é mais importante para os bovinos do que para as plantas. Havia mais Co na área sem rejeito, mas a facilitadora perguntou aos participantes: “está preocupando?” Eles responderam: “não!” Depois a facilitadora perguntou: “Tem cobre?”, os participantes responderam “Sim!”. Então a facilitadora questionou: “Mas tem que preocupar com cobre?” - “Não!” - responderam as pessoas. “Nem na área com rejeito nem na área sem rejeito” acrescentou a facilitadora. “Tem arsênio no solo e no rejeito?” - “tem” - responderam. “Mas é preocupante?” “Não”, responderam as pessoas e a facilitadora continuou fazendo este exercício com o resto de elementos.

Com o cromo havia uma aparente contradição nos resultados. Os maiores teores de Cr foram encontrados nas áreas sem rejeito, porém a qualidade do solo nestas áreas não estava

afetada pelo Cr. Para entender esta aparente contradição, a seguinte problematização foi feita: “Onde tem mais Cr, na área com rejeito ou sem rejeito? Mas vocês disseram que o solo não funcionava na área com rejeito, tem alguma coisa estranha! Então, sua hipótese estava equivocada? Quem é mais confiável, o laboratório ou o olho de vocês? Quem que é mais completo, o olhar de vocês ou o olhar do laboratório?”

Com o álbum seriado mostrando os resultados do laboratório, os sucessivos questionamentos e as respostas e comentários dos participantes foram analisados, de forma coletiva, todos os elementos potencialmente tóxicos e a complexa situação geral dos solos invadidos pelos rejeitos, sempre tendo como ponto de referência o conhecimento que as pessoas da comunidade tinham sobre seus próprios solos não impactados pelos rejeitos. Essa metodologia não conseguiu contemplar opiniões de todas as pessoas, como ocorreu nos círculos de cultura dos intercâmbios anteriores, mas trouxe algumas falas e percepções importantes para a análise. O registro do intercâmbio foi especialmente no formato de vídeos. Os vídeos do momento da explicação dos resultados de laboratório foram especialmente úteis para as análises do conteúdo.

4.2.2.5. Intercâmbio agroecológico Cuidar dos animais da terra e de cima da terra com as plantas (número 5)

O intercâmbio *Cuidar dos animais da terra e de cima da terra com as plantas* teve como objetivo compartilhar diferentes métodos para melhorar a vida no solo bem como analisar coletivamente os resultados de laboratório sobre elementos potencialmente tóxicos na mandioca. Do Intercâmbio (11/11/2023) participaram 39 adultos e 8 crianças, 17 deles pertencentes às comunidades rurais de Barra Longa e Mariana (9 mulheres, 4 homens, 4 crianças). Da UFV participaram 5 pessoas, da EFAP 6 e da OCA 10. Neste intercâmbio também participaram pessoas de outras entidades como o CTA (três estagiárias), o NACAB (1 pessoa) e da Progen (1 pessoa).

O teor de metais pesados foi analisado nas raízes de mandioca, por ser um alimento muito cultivado, do qual se consome preferencialmente a raiz que está diretamente em contato com o rejeito e, talvez por isto, o consumo deste alimento foi muito questionado pelos atingidos. Eles sempre queriam saber dos técnicos se eles poderiam ou não consumir a mandioca cultivada no rejeito.

Neste Intercâmbio a pergunta geradora foi: eu posso comer a mandioca cultivada sobre o rejeito? Para ajudar a responder a esta questão, um álbum seriado com os resultados de laboratório sobre o conteúdo de elementos potencialmente tóxicos nas raízes de mandioca foi

analisado coletivamente (Figura 6). Fotos foram expostas com uma mandioca crescendo no rejeito, sem vigor, e outra crescendo fora do rejeito, com muito vigor. Semelhante ao intercâmbio anterior, a comunicação dos resultados do laboratório foi feita utilizando exposição dialogada. Perguntas eram feitas e a partir das respostas o debate era feito.

Figura 6. Álbum seriado utilizado para apresentar os resultados sobre os elementos potencialmente tóxicos em mandioca, a) elementos para a realização da oficina técnica minhocário, manejo do esterco e biofertilizante, b) resultado da oficina sobre minhocario, c) e socialização da oficina, d) no quinto intercâmbio agroecológico na comunidade de Campinas, Mariana.



Fonte: Elaboração própria

Durante a apresentação dos resultados da análise das raízes da mandioca, outros temas foram apontados e debatidos pelos participantes, como a maior presença de animais silvestres em suas residências.

Após a apresentação dos resultados da análise da mandioca, cinco oficinas de técnicas agroecológicas para devolver a vida ao solo foram realizadas em pequenos grupos: i) tratamentos preventivos dos animais a partir das plantas; ii) homeopatia e florais, iii) bokashi, EM e compostagem; iv) plantas resistentes recuperando o solo e; v) minhocário, manejo do esterco e biofertilizante. Após estas oficinas, uma síntese de cada uma delas foi socializada em plenária com todos os participantes.

4.2.2.6. Círculo de encerramento dos intercâmbios

Para encerrar os intercâmbios, em todos eles, fez-se um círculo e foi solicitado que as pessoas expressassem (avaliassem) a opinião delas sobre o intercâmbio (Figura 7). Neste momento, informações sobre assuntos e encaminhamentos, por exemplo, sobre o próximo intercâmbio eram fornecidas e ou debatidas.

Figura 7. Círculo de encerramento do quarto intercâmbio agroecológico na comunidade de Campinas, Mariana, MG.



Fonte: elaboração própria

Ainda em círculo, de mãos dadas o intercâmbio era então encerrado com uma pequena mística, como uma oração, música e ou poesia. As pessoas cantavam e dançavam ao final do intercâmbio. No intercâmbio *Observadores da mudança ambiental*, de forma especial, os estudantes da EFAP e pessoas da comunidade levaram instrumentos e cantaram por muito tempo após encerrar o intercâmbio. O intercâmbio *Confluências para o rio Doce* finalizou com músicas cantadas pelo mestre Farinhada que se fez presente e animou o intercâmbio. Algumas mulheres do território utilizaram o microfone para cantar e também dançaram.

Após a mística final a mesa com a merenda agroecológica era partilhada, com falas sobre os alimentos e as trocas de sementes e mudas oferecidos por todos os participantes eram realizadas.

4.2.2.7. Ciranda infantil

Em todos os encontros, atividades de cuidados e educativas com as crianças, denominadas “Ciranda” foram realizadas (Figura 8). Durante o círculo de cultura, ou roda de socialização, as crianças também socializaram suas atividades. A ciranda foi realizada em todos os intercâmbios e contou com a participação de até dez crianças a depender do tamanho do intercâmbio com idades entre os 3 e 10 anos.

Figura 8. Atividades realizadas pelas crianças durante o terceiro (a) e segundo intercâmbio (b) e socialização destas atividades durante o terceiro (c) e quinto (d) intercambio



Fonte: Elaboração própria

4.2.3. Análises de conteúdos

Os documentos sobre os intercâmbios realizados foram analisados por meio de análise de conteúdo (Bardin, 2011). Estes documentos consistiram em relatórios e vídeos elaborados pela equipe organizadora durante os intercâmbios e de outros textos elaborados pela equipe organizadora e publicados após os intercâmbios, como o texto “Minha alegria que é ver o povo reunido” publicado no boletim informativo “Nossa Pesquisa na Roça”; o resumo expandido “Intercâmbios e educação em Agroecologia a favor da vida: a experiência em comunidades atingidas pelo rompimento da barragem de Mariana”, apresentado no X Congresso Brasileiro de Agroecologia e publicado na Revista Caderno de Agroecologia e; o artigo científico “Sowing Agroecology in Rio Doce through a Technical Assistance and Rural Outreach Program in a Territory Affected by the Biggest Environmental Disaster in Brazilian History”, publicado na revista One Health.

Na primeira etapa da análise, após transcrever os vídeos, o material disponível foi lido em sua íntegra. Na segunda etapa, as falas dos participantes das comunidades atingidas ou as falas dos visitantes que provocaram a intervenção das pessoas da comunidade local foram extraídas e organizadas em cinco categorias: i) mística de abertura, ii) história da família e apresentações, iii) observações dos agroecossistemas, IAPs e círculos de cultura, vi) círculo de encerramento e v) percepção da OCA. Em cada categoria buscou-se responder às perguntas da

Tabela 2 e interpretar as falas das pessoas. Na terceira etapa, as interpretações foram colocadas em diálogo com a literatura.

Tabela 2. Questões elaboradas para aprofundamento das categorias de análises a partir das falas dos intercâmbios agroecológicos realizados. Comunidades rurais de Mariana e Barra Longa, atingidas pelo rompimento da barragem do Fundão, bacia do rio Doce, Minas Gerais.

Categoria	Questões
1. Mística de abertura	Em que consistiu a mística? A mística teve algum efeito nas pessoas ao longo do intercâmbio? Caso sim, de que forma?
2. História da família e apresentação dos participantes	Quais temas se desdobraram ao ouvir a história de vida das pessoas? Quais reflexões surgiram a partir da história?
3. Observações dos agroecossistemas, IAPs e círculos de cultura	Quem participou de forma mais efetiva na atividade proposta ou quem falou? O que as pessoas falaram sobre os elementos escolhidos? Quais as interpretações oriundas do que eles/as falaram? Quais os significados atribuídos às falas?
4. Círculo de encerramento	Quais conclusões puderam ser apontadas sobre as atividades realizadas? quais expressões e interpretações sobre o que as pessoas falaram?
5. Percepções da OCA	Quais os comentários e as percepções das pessoas da OCA que participaram dos intercâmbios? Qual a repercussão dos intercâmbios na OCA? Qual a relação entre a participação nos intercâmbios e processos de toma de decisões sobre o manejo dos ambientes atingidos pelo rejeito?

Para garantir a confidencialidade das informações fornecidas os nomes das pessoas foram substituídos pelas iniciais do nome, seguidas das duas primeiras letras da comunidade à qual pertenciam. A pesquisa foi realizada nas comunidades de Campinas (Ca) e Barretos (Ba), mas pessoas de Gesteira (Ge) e Borba (Bo) também participaram dos intercâmbios. As letras das comunidades foram seguidas da letra H no caso dos homens e da letra M no caso das mulheres. Para os participantes que não pertenciam à comunidade atingida substituiu-se o nome da comunidade pela palavra “visitante”. Para os técnicos da OCA substituiu-se o nome da comunidade pela palavra “técnico”.

4.3. Resultados e Discussão

4.3.1. Mística

Uma síntese de todas as místicas de abertura realizadas nos intercâmbios agroecológicos e a percepção dos participantes sobre elas encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Síntese das místicas de abertura e a percepção dos participantes sobre elas. Comunidades atingidas pelo rejeito da barragem do Fundão (bacia do rio Doce), Mariana e Barra Longa, Minas Gerais.

Intercâmbio	Descrição da Mística	Percepções dos participantes
1	Duas comadres falando das cotidianidades da roça, mas que aos poucos vão se adentrando nos assuntos espirituais e terminam dando uma bênção borrifando água com ramas de plantas medicinais. Finaliza cantando a música “Canto de proteção”	No círculo de cultura e no encerramento do intercâmbio os participantes lembraram e reconheceram a importância da mística.
2	Música “Quando o dia da paz renascer” e Pai Nosso e um Ave Maria rezados pela anfitriã.	Não houve registro
3	Performance “Em memória daquelas que partiram”, utilizou-se seixos rolados de mármore de tamanho médio para representar as pessoas que partiram. Os participantes do evento pegaram um seixo e falavam o nome de uma pessoa que havia partido principalmente em virtude do crime de rompimento da barragem. Os seixos eram colocados no centro de um círculo. Enquanto isso, para honrar essas pessoas, uma dança era realizada interagindo com os seixos.	Percebeu-se tristeza expressas no corpo (por exemplo, choro) e nas falas no momento dos círculos de cultura.
4	Cantou-se a música “Foi vovó quem me disse, Vovó quem falou, É folha de chá pra curar a dor”. Ao cantar a mediadora interagia com os participantes, perguntando qual folha é que cura alguma dor. A anfitriã foi convidada a tirar uma carta do tarô e leu a mensagem dessa carta: a paciência.	Expressões de alegria (risos) e demonstração de conhecimentos ao falar das plantas medicinais associadas à cura de alguma doença.
5	Cantou-se a música Coco ralado “voa passarinho voa”. Durante a música as pessoas foram convidadas a caminhar	Expressões associadas à descontração

pelo espaço movimentando os braços
como se estivessem batendo assas.

Segundo Zanelli (2015), as místicas dentro dos intercâmbios agroecológicos são momentos de animação, descontração e motivação para os participantes. A mística permite trazer para os intercâmbios dimensões simbólicas associadas à espiritualidade e à ancestralidade e contribuem para a concentração das pessoas para o momento do intercâmbio e sintonizá-las com o trabalho do dia. No movimento agroecológico na Zona da Mata, a mística está relacionada às Comunidades Eclesiais de Base (CEBs) promovidas na região especialmente pela igreja católica (Zanelli 2015). Entretanto, ainda que o termo está associado ao cristianismo os termos mística, místico, mistificação e misticismo existem antes e fora do cristianismo (Teixeira et al., 2024).

A “mística” pode parecer imprópria para acadêmicos alheios às metodologias agroecológicas. No entanto, segundo Aragão (2015) a razão desvenda apenas parte da realidade, aquela que entra no diálogo experimental com a natureza. Por isto, é necessário, segundo o autor, “menos conteúdo e mais mística de pesquisa”. O tema da perda da qualidade de solos e plantas por ocasião do rompimento da barragem é um tema que precisa ir além da razão e do diálogo experimental com a natureza, pois atinge planos imateriais.

A mística do primeiro intercâmbio exaltou a necessidade desse plano subjetivo. Essa sensibilização inicial teve repercussão sobre os participantes ao longo do evento. A mística ocorreu no entorno de uma enorme instalação artístico pedagógica, carregada de elementos para incentivar a reflexão sobre a qualidade ambiental (peixes, plantas, solos, rejeito, água rio, etc) e uma vasilha com água e plantas medicinais com a qual foi realizada uma benzeção como parte da mística de abertura. Esta vasilha foi de grande importância, pois foi eleita como “elemento gerador” por uma participante externa à comunidade. No círculo de cultura, ela disse:

Esse início [a mística de abertura] me tocou muito. A benzeção está em tudo (...) Coisa que brota do coração pelas coisas santas que a terra nos dá (...) A benzeção que damos aos nossos filhos é sagrada e isso para mim lembra tudo e como tudo é sagrado que temos aqui (...) Ganância é falta de bênçãos no coração das pessoas (...) (M.C. Visitante, M.).

No círculo de encerramento do intercâmbio alguns membros da comunidade manifestaram como essa fala foi importante para eles. Um deles disse o seguinte: “A benzeção me tocou (...) trabalhar no coração o potencial de vida (...) Ficou a parte espiritual e que a gente tem que trazer pessoas para nosso lado” (A. Ge., H.). As pessoas da comunidade salientaram

em diferentes formas a importância do fortalecimento espiritual para enfrentar o desafio que estão vivendo e o bem-estar que trouxe para eles esse momento inicial e as falas.

De forma semelhante, a mística de abertura ecoou ao longo dos demais intercâmbios. No terceiro intercâmbio, uma performance (Figura 9) estimulou a memória e permitiu expressar no coletivo sentimentos de tristeza e dor. Na relatoria de dois dos círculos de cultura realizados há referência aos “familiares que se foram” e ao “silêncio de pedra”. É possível que a expressão coletiva desses sentimentos de dor e tristeza também tragam uma cura coletiva. Em contraposição ao *modus operandi* da mineração, com negociações individuais que destroem as relações entre famílias e membros duma mesma comunidade (Penido et al., 2020), os intercâmbios são espaços coletivos que contribuem para costurar o tecido social.

Figura 9. Cenas da performance “Em memória daquelas que partiram”, mística que deu início às atividades do terceiro intercambio realizado na Escola Família Agrícola Paulo Freire, Acaiaca, Minas Gerais.



Fonte: elaboração própria

As místicas do quarto e quinto intercâmbios levaram as pessoas a expressarem alegria e descontração. Isto foi especialmente importante no quinto intercâmbio onde o excessivo calor dificultava o início dos trabalhos e a presença de um agente de fiscalização preocupava algumas pessoas. Uma vez realizada a mística as pessoas se sentiram mais à vontade a preocupação desapareceu.

De forma geral, as místicas evidenciaram reações de fortalecimento espiritual, desabafo (expressão de sentimentos contidos), descontração e alegria.

4.3.2. História da família e apresentações dos participantes

Antes da história da família cada participante se apresentou dizendo o nome, sua origem e as vezes contando um pouco de sua história. Uma síntese da história da família (ou da EFAP no intercâmbio 4) e das intervenções dos participantes encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4. Síntese da história da família onde os intercâmbios agroecológicos foram realizados e intervenções dos participantes. Comunidades atingidas pelo rejeito da barragem do Fundão (bacia do rio Doce), Mariana e Barra Longa, Minas Gerais.

Inter câmbio	Descrição da história da família	Intervenção dos participantes
1	O anfitrião nasceu e cresceu naquele sítio que foi de sua família. Ele herdou parte da terra onde mora hoje. Ele foi trabalhar em São Paulo e só ficou 15 dias, não gostou, se sentia preso e voltou, pois ainda possuía a terra. A anfitriã nasceu e cresceu em uma comunidade próxima, filha de pais muito rígidos e só saía para as festas da padroeira. Eles se encontraram em uma festa e no mesmo ano se casaram.	Dois homens relataram ter saído da roça para trabalhar em São Paulo. Um deles ficou lá treze anos, juntou dinheiro para comprar terra e voltou para a roça. O outro teve um grave acidente no trabalho e disse ter sofrido discriminação pela cor, por ser da roça e pelo linguajar durante o atendimento médico. Ele também preferiu voltar para a roça. Houve problematização da mediadora sobre a questão da posse da terra no Brasil, inclusive chamando a atenção para a Lei das Terras de 1850.
2	A anfitriã nasceu e cresceu naquele sítio que era da família. Ela morou três anos em Belo Horizonte e voltou para a roça, pois seu esposo ficou sem emprego na cidade. Seu filho relatou que morou 15 anos na cidade e que voltou para a roça porque não queria deixar sua mãe sozinha, pois os trabalhos da roça são pesados e com o rompimento da barragem muitas pessoas estranhas passaram a visitar a comunidade. Ele conseguiu vários bens materiais devido ao trabalho na cidade, porém ele fez escolha de viver na roça.	A sobrinha da anfitriã acrescentou que a tia precisou voltar para a roça para cuidar da mãe. Para ela a roça tem prazeres que não tem a cidade. Outra participante disse que morou 10 anos na cidade, mas todo final de semana voltava para a roça.
3	Não houve registro da história da EFAP	Não houve registro de intervenções dos participantes.
4	O anfitrião nasceu na roça, mas quando tinha 12 anos o pai dele morreu e a mãe ficou viúva. Então teve que sair da escola para ajudar em casa. De menino trabalhou no sítio do seu padrinho e ajudava a candiar boi. Depois trabalhou 13 anos em São Paulo, mas assim que conseguiu recursos para comprar um pedaço de terra voltou para a roça, casou-se e teve dois filhos	Não houve registro de intervenções dos participantes.
5	A anfitriã nasceu na roça e o anfitrião na cidade de Mariana. Mas ele se apaixonou por ela e foi morar na roça. Ali, ele aprendeu com ela os ofícios da roça. Após o rompimento da barragem moraram três anos em Mariana até ficar pronta sua nova casa na roça.	Uma participante da comunidade se apresenta e relata uma série de desabafos e denúncias.

Em comunidades rurais onde as pessoas foram extremamente silenciadas pela modernização da agricultura, um modelo que atribui aos técnicos a detenção do conhecimento, a apresentação, por mais simples que seja, é uma forma de encorajar a fala e de iniciar a quebra deste silenciamento. Isto foi especialmente importante com as mulheres, pois inicialmente se mostraram tímidas para falar más depois ficaram à vontade para contar sua história (Figura 10).

Figura 10. História da família contada por uma mulher da comunidade de Barreto (Barra Longa) para os participantes do primeiro intercâmbio agroecológico.



Fonte: elaboração própria

Segundo Zanelli (2015) a história da família é importante porque articula três aspectos da vida das pessoas da roça: o afetivo, na medida que emociona, impressiona e motiva a quem escuta; a de posse da terra porque mudanças na condição de posse geram grandes mudanças na história de vida das pessoas e evidencia condições de subjugação ou libertação e; o manejo da propriedade, que mostra as decisões que toma a família. Nas histórias das famílias narradas nos intercâmbios foi possível identificar esses três aspectos.

A partir da história da família e das intervenções dos participantes vários temas foram desdobrados: o êxodo rural e volta para a roça, a roça como espaço de liberdade, a valorização do modo de vida da roça, a valorização da natureza, a autonomia no trabalho, o trabalho na cidade como possibilidade de voltar e melhorar a vida na roça, a discriminação racial na cidade, a insegurança a respeito dos novos visitantes da comunidade, a verificação do etnoindicador "pedras do rio", a saudade pelo modo de vida e a saúde perdida após a invasão do rejeito, a indignação pelas irregularidades no processo de indenização, a necessidade de fortalecimento espiritual para afrontar o desafio do desastre.

O êxodo rural e a volta para a roça foram temas transversais na história das pessoas em todos os intercâmbios realizados nas comunidades de Barreto e Campinas. Desde a década de 1940, houve no Brasil migração em direção à região sudeste do país, principalmente para São Paulo e Rio de Janeiro, por causa do declínio das grandes plantações (cana no nordeste do país) e, complementar a isto, da industrialização incipiente que possibilitava postos de trabalho nas cidades do sudeste. Na região Sudeste, principalmente na década de 1960, houve muita migração para São Paulo. Além da industrialização, a desvalorização do meio rural como estratégia para implantar a revolução verde, o incentivo à ida para as cidades e a falta de terra, também motivaram a migração. Para alguns, a estratégia era ir para São Paulo, conseguir alguns recursos e voltar para comprar a terra. Na obra "O Sul: caminho do roçado", contrário a

interpretar a migração como uma perda da condição de camponês, Garcia-Júnior (1989) analisou o emprego no Sudeste (chamado genericamente pelo autor de Sul) como uma forma dos camponeses Nordestinos acumularem recursos, conseguirem um pouco de terra, voltarem e, assim, manter a vida junto ao roçado. Desta forma, eles se libertavam das condições de opressão que vivenciavam como meeiros e conseguiam tomar decisões sobre o manejo de suas roças. Mas para isso era necessário se manter em situações precárias na cidade, que em pouco se diferenciavam da subordinação existente no norte e, portanto, o sul era o próprio caminho do roçado.

Este parece ser o caso da história da família do intercâmbio *Terra de qualidade* (contada também no intercâmbio *Natureza Falante*), no qual o homem, negro, saiu da roça, onde trabalhava para outros, morou na cidade 13 anos, conseguiu alguns recursos e comprou um pedaço de terra que o permitiu voltar para sua comunidade rural e trabalhar como agricultor: “Juntei dinheiro, comprei um pedaço de terra e voltei, muitos voltariam se pudessem” (W.P., Ca., H.). Entretanto, algumas famílias, que possuíam terra, conseguiram voltar para a roça mais rápido. Isto demonstra a relação entre posse da terra e racismo, consequência do modo como a propriedade se configurou ao longo da história brasileira, onde a população negra foi excluída através de políticas que lhes impediram de ser donos de propriedades (Maia et al. 2019), inclusive com a Lei das Terras de 1850, como discutida no intercâmbio.

Com terra ou sem terra, em todos os casos foi narrado o aborrecimento com a cidade, “Aqui [na roça] eu andava para todo lado, lá [em São Paulo] eu ficava só preso” (G.A., Ba. H.), a discriminação racial; como em um diálogo relatado por um dos participantes: “Você [funcionário do hospital] falou que eu era desvalido e você falou pela cor minha” (G.C., Ba., H.) e; as condições precárias da vida da cidade e a preferência por morar na roça, “tomar um leite quentinho recém tirado da vaca, acordar com o canto dos pássaros, mexer na horta, não ter que ser mandado” (DDC., Ba., M.). Ficou evidenciado que a opção de ir para a cidade não era por desgosto com o modo de vida rural, mas porque buscavam melhores condições de vida. Políticas públicas voltadas para a agricultura familiar poderiam garantir essas condições de vida para evitar a migração rural, a exemplo da política de crédito com o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), o Programa Nacional de Crédito Fundiário, dentre outros (Da Silva et al., 2019).

Ao contar suas histórias, o tema do desastre não ficou por fora, pois ele mudou suas vidas. Durante as apresentações, por exemplo, houve muitas expressões de tristeza pelo modo de vida e pela saúde perdidos. Houve também denúncias pelas irregularidades no processo de

indenização e a expressão da necessidade de fortalecimento espiritual para assumir o desafio imposto pelo desastre. Uma das participantes do intercâmbio 5 manifestou:

Nunca mais vai ser igual (...) Quando chove, fica um cheiro muito ruim. A saúde não é a mesma (...) As casas, os terreiros, as hortas, nada volta mais (...) tem gente que nem sabe o que foi com a lama que passou e foi mais beneficiado (...) tem aborrecimento até hoje! (...) Deus dê força (M.P., Ca., M.)

4.3.3. Observações dos agroecossistemas, IAPs e círculos de cultura

4.3.3.1. Intercâmbio Natureza falante

Na Tabela 5 encontra-se o nome dos elementos (objetos) escolhidos pelos participantes, durante a observação da IAP, para a socialização no círculo de cultura e; uma síntese das informações relacionadas ao elemento e algumas interpretações.

Tabela 5. Elementos (objetos) escolhidos pelos participantes para a socialização no círculo de cultura, uma síntese das informações relacionadas ao elemento e algumas interpretações. Intercâmbio agroecológico 1 (*Natureza falante*). Comunidades atingidas pelo rejeito da barragem do Fundão (bacia do rio Doce), Mariana e Barra Longa, Minas Gerais.

Informações	Interpretação
C.D.C, Ba., M.: Lambari. Quando a barragem estourou foi a maior tristeza do mundo porque eu gosto muito de pescar e tinha que ir longe	Expressão de sentimento de tristeza pela perda do lazer, diversão, prazer
R., Ba., H.: tucunaré. Saio com meus colegas para pescar tucunaré	Relações sociais e lazer
J., Ca., H: timboré. Gosto muito, queria pegar no rio mas não tem. A C.D.C, Ba., M. entrevistou e disse que tinha Timboré sim e também Tilápia. Agora estão voltando: Lambari, Acará, Timboré, Traíra, Bagre. A maioria dos peixes voltou mas não voltaram com o mesmo tamanho e volume que tinha antes.	Conhecimento das mudanças dos peixes do rio
A.G., Ge., H.: piaba. Ela tinha aqui também no rio, antes da lama	Conhecimento das mudanças dos peixes do rio
V., Visitante, H.: Acho que pode comer os peixes sim porque a contaminação já foi levada pelo rio. W.P., Ca., H.: a água não está tão limpa ainda, que é só dar uma chuvinha e já sobe aquela lama e que mata árvore ainda.	Conhecimento das mudanças ambientais por parte da comunidade local
M.N., Ba., M.: Peguei a Marcela. é boa para a dor de cabeça, porque gosto muito de	Conhecimento do uso medicinal

plantar chá e eu lembrei que tem muito tempo que eu não tenho essa

M.P., Ba., M.: Vick. Gosto muito de chá e nessa época é bom para gripe

Conhecimento do uso medicinal das plantas

M.D.C., Ba., M.: Manjeriçã e alfavaca. Gosto muito de usar para tempero. Gosto de colocar na carne.

Conhecimento do uso culinário das plantas

G.C., Ba., H.: gengibre. Essa aqui é bom para tomar com quentão e bom para tomar para a garganta.

Conhecimento do uso medicinal das plantas e alusão à festa

L. Visitante, H.: Caruru. Plantas alimentícia que é muito nutritiva (...) O Ferro e todos os nutrientes estão nos nossos quintais.

Conhecimento de uso de uma planta na alimentação animal

M.D.C., Ba., M.: caruru para a criação

G.A., Ba., H.: cana. Desde criança levantava de manhã para moer para fazer rapadura. Serve para tudo. A minha vida foi nisso aqui

Importância de determinada planta na vida da pessoa

R.C., Ba., H.: Escolhi a vaca. Desde criança é o que tinha para sustentar nós. Fim de ano fazemos doce, queijo e vendemos. A gente pegava tudo dela, principalmente o churrasco.

Importância de um animal doméstico na vida da pessoa. Memória.

W.P., Ca., H.: Agogô. Instrumento que representa a Capoeira, que conheci em São Paulo. Assim que cheguei em São Paulo, pratiquei Capoeira, mas quando voltei para a roça não voltei praticar.

Relação com a cultura popular. Memória da cidade

L.D.C, Ba., H.: enxada. Tem alergia

Relação positiva com o trabalho na roça.

As pessoas da comunidade participaram efetivamente das atividades relacionadas ao círculo de cultura, ao observar a IAP, selecionar e explicar o porquê da escolha do elemento. A atividade possibilitou a demonstração de conhecimentos sobre o uso de plantas (medicinal, culinário e na alimentação animal), a expressão de memórias, a demonstração da capacidade de observação de mudanças ambientais, a relevância de determinadas plantas ou animais na vida das pessoas, o apreço pelo trabalho na roça, a referência às relações sociais, a alusão à festa e também possibilitou a expressão de sentimento de tristeza devido à perda da paisagem e da produtividade agrícola. As mulheres da comunidade privilegiaram como elemento as plantas, relacionadas com a saúde e a culinária. Os homens privilegiaram os animais relacionados ao lazer e ao sustento.

O tema “impacto ambiental” teve uma frequência menor do esperado (mencionado por 25% dos presentes). Considera-se esta frequência baixa, dado ao impacto causado pelo desastre na vida das pessoas. O rio antes e depois do impacto foi representado na IAP, que foi desenhada para explicitar os etnoindicadores relacionados ao impacto ambiental com o rompimento da barragem. A IAP privilegiou os peixes e as plantas medicinais, mas outras plantas afetadas, o solo, o rio e outros animais estavam também representados. Entretanto a pergunta geradora (escolher o elemento que chamou sua atenção) não levou as pessoas associarem aqueles elementos observados com o impacto do rejeito. De qualquer forma, é interessante observar que as pessoas privilegiaram as coisas que gostam, nem sempre associadas às perdas pelo rejeito. Parece que o olhar das pessoas não estava centrado no impacto do rejeito ou talvez elas preferiram não falar sobre ele, mas sobre usos das plantas, memórias afetivas com plantas e animais, lazer, cultura, entre outras. Os intercâmbios foram considerados em momentos posteriores como “Ocatapia”, demonstrando que estes eram momentos de descontração e de busca de afirmação do que de bom continua existindo na comunidade, apesar do crime.

No entanto, o impacto não ficou ausente do Intercâmbio. A fala sobre a cana, feita pelo G.A., Ba., H., e sobre a vaca, feita pelo R.C., Ba., H. (Tabela 5), são alusões à perda desses bens produtivos por causa do rejeito. Nas entrevistas e em intercâmbio posterior foi explicitado por eles que as várzeas onde plantavam cana e capim foram afetadas pelo rejeito. Por exemplo, na entrevista o G.A., Ba., H. informou sobre o atual desempenho da cana de açúcar na sua várzea afetada pelo rejeito comparado ao que tinha antes da invasão: baixa emergência após plantio, crescimento irregular, baixa produtividade e perda de sabor. Então, mesmo que não foi explícito, eles também fizeram alusão ao impacto ambiental e aos etnoindicadores. Desta forma, a informação da entrevista e da IAP se complementaram para entender a cana e o capim como plantas etnoindicadoras de mudança ambiental. As informações sobre os peixes (Tabela 5) também permitiram a confirmação do etnoindicador “peixes” e ainda incentivaram a partilha de muitos outros conhecimentos e reflexões.

4.3.3.2. Intercâmbio Observadores da mudança ambiental

Na Tabela 6 encontra-se o nome dos elementos (objetos) escolhidos pelos participantes durante a caminhada no agroecossistema e observação da IAP, para a socialização no círculo de cultura e; uma síntese das informações relacionadas ao elemento, algumas interpretações e o tema central relacionado ao elemento.

Tabela 6. Elementos (objetos) escolhidos pelos participantes para a socialização no círculo de cultura, uma síntese das informações relacionadas ao elemento e algumas interpretações relacionadas ao elemento. Intercâmbio agroecológico 2 (*Observadores da mudança ambiental*). Comunidades atingidas pelo rejeito da barragem do Fundão (bacia do rio Doce), Mariana e Barra Longa, Minas Gerais.

Informações	Interpretações
M.N., Ba., M.: Vassoura. Com a lama, essa planta sumiu	Alusão à perda.
R., Bo., M.: Xique xique (Crotalária). Planta que rapidamente cobriu o solo, colocada para maquiagem o desastre	Manifestação de insatisfação com as atividades de recuperação ambiental
A., Ba., H.: Assa peixe . O assa peixe da beira do rio secou	Demonstração da capacidade de observação das mudanças ambientais
J.F., Bo., H.: Assa peixe. Atrai muitas abelhas.	Demonstração de conhecimento ecológico
M.D.C., Ba., M.: Tarjeta “estou tão alegre”. Eu estou alegre porque gosto do povão reunido	Expressão de sentimento de alegria. Importância das relações sociais.
M.P., Ca., M.: Tarjeta “Eu sou guerreira”. Todos somos guerreiros por estar aqui	Expressão de sentimento de força, coragem, no coletivo. Possível alusão à sobrevivência das pessoas da comunidade após o desastre.
D.D.C, Ba., M.: Tarjeta “Por que estou pelada?” A gente se sustenta pela terra, hoje a gente está com medo. Tem algumas árvores que estão se recuperando, recentemente. Talvez a natureza esteja se recuperando.	Expressão de sentimento de medo pela possível perda da terra que é o sustento. Expressão também de sentimento de esperança pela eventual recuperação.
G.A., Ba., H.: Tarjeta “Porque estou morrendo?” A gente vai ficando mais velho, fica triste com as coisas que não resolve. Assim a gente vai morrendo. A tarjeta estava no pé do assa peixe que está morrendo	Expressão de tristeza e desesperança, possível alusão ao processo de reparação.
L.D.C, Ba., H.: (Não pegou elemento, só ficou observando os visitantes) Tento entender porque o pessoal que chega de fora tem tanto interesse no lugar onde a gente mora e conseguem observar coisas que passam despercebidas para a gente.	Demonstração de estranhamento mas também de contentamento com a o olhar dos visitantes.
R.C., Ba., H.: cerca. Importância das cercas para proteger as áreas de preservação permanente. Também há cercas e portas em nossas vidas. Precisamos romper com estas cercas que estão dentro de nós.	Demonstração de cuidado ambiental. Expressão de esperança. Possível alusão ao conflito socioambiental

A maioria das pessoas (10) da comunidade participaram efetivamente da atividade geradora, caminharam pela várzea, escolheram o elemento e falaram sobre ele. Neste intercâmbio o número de mulheres da comunidade que participaram aumentou (de 4 para 7), mas duas não participaram do círculo de cultura, momento de reflexão e partilha de conhecimentos. Neste intercâmbio percebeu-se uma maior descontração e tranquilidade da comunidade com os visitantes e com a dinâmica do intercâmbio. As falas foram mais profundas e na hora de finalização do evento ficaram por mais tempo cantando e alongando o fechamento do evento sem pressa de ir para casa.

A atividade possibilitou a expressão de sentimentos de alegria, força, medo, esperança, tristeza e desesperança; a capacidade de observar as mudanças ambientais; a demonstração do conhecimento ecológico; a manifestação da insatisfação com o processo de reparação; o estranhamento com a presença dos visitantes e; a alusão à perda.

É possível que a caminhada sobre o rejeito fizera com que neste intercâmbio aparecessem, de forma mais contundente, falas a respeito da problemática socioambiental, acompanhadas de expressões de tristeza, medo e indignação. No entanto, chamou a atenção que, mesmo sobre o rejeito, a participante M.D.C., Ba., M. pegou a tarjeta “Eu estou alegre”, colocou-a na cabeça enquanto começou a cantar e dançar uma música que falava sobre a alegria e no círculo de cultura acrescentou “Eu estou alegre porque gosto do povo reunido”.

A tarjeta “eu estou tão alegre” foi colocada sobre um fedegossão (*Senna alata*) que estava crescendo com vigor no rejeito. O planejado era instigar a observação sobre as plantas que estavam conseguindo bom desempenho sobre o rejeito como um exemplo da capacidade da natureza se recuperar. Porém, a expressão “alegria” remeteu à coesão social e não à resistência da planta ao impacto do rejeito. Paradoxalmente, em oposição desta expressão de alegria trazida pela mulher, foi a expressão de tristeza e desesperança expressa por seu esposo no círculo de cultura: “A gente [...] fica triste com as coisas que não resolve. Assim a gente vai morrendo” (Tabela 6). Em entrevista previa com o autor desta fala, ele expressou seu mal estar por causa das promessas não cumpridas no processo de reparação e na “falta de palavra” dos responsáveis pela reparação. Talvez as duas expressões sejam “duas faces da mesma moeda”, uma expressão de alegria que afirma a resiliência perante a uma grande tristeza com o crime. A firmeza e o acreditar em melhorias futuras são expressão da resiliência.

Semelhante ao primeiro intercâmbio, no segundo também o comportamento dos visitantes teve uma repercussão sobre os residentes. Isto pode ser observado na fala do participante L.D.C., Ba, H.: “Tento entender porque o pessoal que chega de fora tem tanto interesse no lugar onde a gente mora e conseguem observar coisas que passam despercebidas para a gente”. Ele disse isto sem participar da caminhada pela várzea, segundo ele, ficou observando o que as pessoas estavam fazendo. É este, justamente, o efeito que se busca nos intercâmbios, as trocas, os estranhamentos dos de fora que ecoa nos de dentro e produzem um novo olhar sobre as coisas já conhecidas e dessa forma, um novo conhecimento é formulado.

O intercâmbio permitiu também a confirmação de etnoindicadores. Na discussão do círculo de cultura foi perguntado se a raiz de uma planta estava conseguindo se desenvolver no rejeito. A participante R., Bo., M., que não participou das entrevistas, informou que “a terra

compacta e fica parecendo um ferro”. Desta forma confirmou o etnoindicador de compactação do solo já mencionado por outras pessoas da comunidade nas entrevistas.

4.3.3.3. Intercâmbio Confluências para o rio Doce

Na Tabela 7 encontra-se o nome dos elementos (objetos) escolhidos pelos participantes do intercâmbio para a socialização no círculo de cultura; uma síntese das informações relacionadas ao elemento e algumas interpretações e; alguns dos temas que surgiram das respostas dadas pelos participantes na Roda Viva.

Tabela 7. Elementos (objetos) escolhidos pelos participantes de um grupo para a socialização e inclusão na Instalação Artístico Pedagógica, uma síntese das informações relacionadas a ele, os temas da Roda Viva e algumas interpretações. Intercâmbio agroecológico 3 (*Confluências para o rio Doce*). Comunidades atingidas pelo rejeito da barragem do Fundão (bacia do rio Doce), Mariana, Barra Longa, Diogo de Vasconcelos, Acaiaca, Minas Gerais.

Elementos e Informações	Interpretações
O., Ag., M.: Rio. Trago o rio Gualaxo como meu elemento, em memória dos familiares que se foram.	Expressão de nostalgia. Memória. Alusão à perda.
D.D.C., Ba., M.: Foto do rio. Vocês lembram da pedra que tinha nesse ponto do rio? (Aponta para a imagem) A gente secava tudo nessa pedra. Arroz, feijão, polvilho, tudo. Tinha tanto jambo na beira do rio. A gente comia demais.”	Etnoindicador. Memória. Expressão de nostalgia. Alusão à perda.
M.P., Ca., M.: Mandioca. A mandioca matava a fome de todo mundo.	Memória. Implicitamente uma alusão à perda.
Temas na Roda Viva	Interpretações
Mudanças na saúde e nos momentos de prazer após o desastre de Fundão.	Saúde e lazer
Importância dos projetos para descobrir que pessoas externas se interessam pelos conhecimentos da comunidade e para as pessoas das comunidades atingidas sentirem que “ainda estavam vivas”.	Importância do reconhecimento feito pelos de fora da comunidade
Importância das trocas que devem ser feitas entre a juventude e os mais velhos.	Troca de conhecimentos

Importância dos alimentos da ancestralidade como a mandioca.

Importância da mandioca como alimento ancestral

Apesar do tamanho do intercâmbio, a centralidade foi nas falas das pessoas das comunidades de Campinas e Barreto e algumas outras que recebiam assessoria técnica da OCA e que tinham participado dos intercâmbios anteriores.

Das comunidades onde a pesquisa foi realizada, a maior participação das mulheres (9) em relação aos homens (dois), talvez ocorreu devido a decisão entre as famílias da participação de apenas um dos membros do casal, pois o intercâmbio durou o dia todo e foi mais distante (em outro município) e um dos membros precisou ficar em casa para cuidar dos animais. A decisão favoreceu a participação das mulheres, o que já demonstra um resultado dos trabalhos da OCA e dos próprios intercâmbios onde a temática de gênero se faz presente.

Semelhante ao segundo intercâmbio, na roda viva apareceu o tema do reconhecimento externo ou do “olhar do outro” ao referir-se a importância das observações dos visitantes (Tabela 7). O interesse dos externos pelo conhecimento da comunidade faz com que as pessoas se sintam vivas (Tabela 7). As pessoas estão se sentindo vivas porque alguém de fora as escutam e valoriza seus conhecimentos. Se sentem vivas à medida que o outro as reconhece. Este pode ser indício de uma melhora na autoestima das pessoas da comunidade, resultado da ATER agroecológica desenvolvida pela OCA e dos próprios intercâmbios.

A participante D.D.C, Ba, M. chamou a atenção sobre a pedra que tinha no rio, atribuindo a ela uma função muito inesperada: lugar para secar alimentos. Durante algumas entrevistas e intercâmbios informações sobre as pedras do rio foram fornecidas, mas sempre se referindo a mudança de posição ou o desaparecimento delas com a avalanche de rejeitos. O dano associado a esta perda estava sempre associado ao lazer ou à estética, mas no intercâmbio foi a primeira vez que aparece uma perda relacionada à alimentação. Isto é um dos indicadores do intercâmbio como uma metodologia que promove a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão. Há sempre aprendizados novos e não apenas socialização de resultados de pesquisa, onde novas informações são fornecidas e novas questões de pesquisa são formuladas. No processo de reparação o deslocamento das pedras não foi um elemento considerado, até onde se tem conhecimento. Esta é uma demonstração que a construção de etnoindicadores é importante em processos de reparação. O que é importante para os cientistas não necessariamente é importante para as comunidades e vice-versa.

A poesia como relato

Os nomes a que se referem a poesia (relato de um dos grupos) são fictícios.

“O que o rio representa? Perguntaram. E Luna disse, “O mapa, a cartografia, me emociona, me ensina a observar onde é o meu lugar na geografia, do mundo.” Lua, emocionada comentou, “é o Rio”. Mas Cunhambebe, tentou embebedar, “os rios se formam em córregos e seus encontros desencontrados me remetem a obra prima de Deus: são como as veias do coração a pulsar”. Poti reclamou adiante, “são é pedras, pois coração tem pedra dentro, como os ossos. Cada um que morre fica esse silêncio de pedra dentro da gente: eternidade.” Maia, indignada indagou, “me representa a memória, de brincar na areia, pescar; me remete as infâncias, sorrisos, alegrias”. Poti respondeu, “mas o rio sujo me leva a tristeza e a alegria de aqui estar”. Maíra, fitou os olhos mudos e disse, “o rio sujo é a voz de meu pai, pedindo ajuda e a gente sem poder ajudar. Pra mim é choro; figueira de lágrimas”. No que no outro lado Raoni lembrou, “o rio me trouxe a essa escola, que ensina a plantar árvore. Vida: como as veias do coração”. Alertando Poranga, “agroflorestar essas margens; o rio sujo é também um verbo: Esperançar”.

Esse poema pode ser uma síntese do que os intercâmbios agroecológicos foram: a expressão do coletivo, coletivo heterogêneo, composto por técnicos, universidades, escola família agrícola e agricultores/as. Todos/as atingidos/as uns diretamente e outros/as indiretamente. O poema que tem como matéria prima uma síntese feita por uma técnica e foi elaborado também por um técnico, mas traz a expressão das pessoas atingidas, onde se reflete o efeito da mística de abertura nas pedras e o silêncio da morte, e se conectam todos os sentimentos pelo rio, que é o que finalmente nos une, une as pessoas atingidas. O rio é apresentado no poema como o grande protagonista. O poema termina em Esperançar. Em todos os intercâmbios palavras ou expressão de esperança foram ditas, o que é uma expressão de que as pessoas acreditam que as coisas podem melhorar.

O relato em poesia indica que no intercambio várias linguagens são possíveis, como previsto na educação popular. O poema chama o subjetivo, para além do racional, como indicado por Teixeira et al. (2024).

4.3.3.4. Intercâmbio Terra de qualidade

Durante a análise dos resultados do laboratório sobre os elementos potencialmente tóxicos com as pessoas das comunidades atingidas a provocação “Quem é mais confiável, o laboratório ou o olho de vocês?” gerou dois posicionamentos entre os participantes. Por um lado, o participante A., Ge., H. respondeu publicamente “O olho da gente. Nos que vivemos aqui (...) nosso olhar é mais crítico e mais completo!”. Por outro lado, a participante O., Ag., M. comentou com a amiga que está do lado dela “o laboratório é mais confiável uai!”. A amiga, a participante M.P., Ca., M., expressou desacordo e indignação com seu posicionamento.

Coexistem nas comunidades atingidas pessoas que tem mais confiança nos próprios conhecimentos e pessoas que depositam sua confiança na ciência e nos peritos.

A segurança dos participantes A., Ge., H. e M.P., Ca., M. em seus próprios conhecimentos talvez seja resultado da participação deles em outros intercâmbios onde a importância dos etnoindicadores foi apontada e defendida. Os dois pareciam mais confiantes em afirmar que o olhar deles era mais importante que o resultado do laboratório. Para quem assistia por primeira vez aos intercâmbios a ideia parecia chocante, inclusive para os estudantes da EFAP que estavam aprendendo técnicas laboratoriais.

A provocação “Quem é mais confiável, o laboratório ou o olho de vocês?” não pretendeu desvalorizar a ciência, mas colocá-la em seu justo lugar. A discussão apontou que o laboratório, embora importante, fornece resultados muito pontuais do solo em detrimento a uma avaliação mais integral como a feita pelas pessoas da comunidade, conhecedores dos seus solos. Ainda, mesmo confiando nos resultados do laboratório estes precisam ser avaliados de forma crítica, para o qual é preciso os conhecimentos e observações das pessoas da comunidade. O *modus operandi* das mineradoras, baseado no risco e no sistema de peritos, faz com que as pessoas fiquem dependentes de conhecimentos e informações alheias (Penido, 2020). As pessoas precisam ser autônomas para observar seus ambientes e confiantes de que suas observações e conhecimentos são valiosos. Por um lado, a sociedade precisa reconhecer a importância destes conhecimentos e a ciência e as empresas precisam respeitá-los e incorporá-los em seus sistemas de análises de impactos e riscos. Por outro lado, os conhecimentos gerados pela ciência precisam ser disponibilizados de forma crítica para as comunidades, para que seus sistemas de conhecimentos possam ser aprimorados a partir também do conhecimento científico (Barrios et al., 2006).

Confiar mais nas próprias observações do que nos laboratórios pode ser bastante questionado pela ciência “convencional” e pelo modo de proceder das empresas mineradoras onde tudo é feito com sistemas de peritos. Entretanto, a importância e a validade do sistema de conhecimento das pessoas que vivem em seus territórios já são reconhecidas pelas etnociências, que aponta a necessidade de considerá-lo em qualquer situação que exija intervenção ou análise pela ciência ou externos ao território (Barrera-Bassol e Zinck, 2003). As etnociências estudam os conhecimentos tradicionais e sua interação com a natureza e transcendem as fronteiras disciplinares porque as soluções aos problemas científicos que se propõe abordar são pensadas a partir da realidade local (Duque-Brasil, 2010).

A temática dos elementos potencialmente tóxicos no solo e nas plantas apresenta um desafio considerável para o diálogo com as pessoas das comunidades impactadas. Inclusive,

existe na ciência uma divergência sobre qual o termo adequado. O termo metais pesados é comumente utilizado, mas nem todos são metais nem todos são pesados; outro termo utilizado é elementos traço, mas há elementos traço essenciais na alimentação humana, etc. Discutir com as comunidades uma ideia tão abstrata, de algo que não consegue ser visto, difícil de ser medido é um grande desafio, pois estas possuem conhecimentos empíricos. Mostra disso é que, em uma das entrevistas, o entrevistado disse: “a raiz chega numa espécie de bactéria que mata ela” talvez associando a “toxicidade” de elementos químico que tanto ouviu falar com a ação de um agente biológico. Por isso a importância da delicadeza e cuidado com que o cenário (IAP) para provocar o diálogo foi construído e o próprio diálogo com os participantes foi conduzido.

No vídeo é possível perceber o olhar atento dos participantes. A atenção às informações que eram dadas pode ser confirmada pelas respostas de várias pessoas às perguntas lançadas. Por exemplo, no vídeo é possível identificar a voz da participante R., Bo., M. respondendo à pergunta, “Quais os dois elementos que tem na área sem rejeito?” e ela responde níquel e cromo. Essa informação havia sido dada ao explicar os elementos em níveis acima do permitido encontrados no solo. Essa mulher começou a falar com propriedade sobre elementos tóxicos. De modo semelhante ocorre quando é perguntado “Qual a ‘pedra’ que tem mais Cr e mais Ni?” Alguém do público responde: “a pedra sabão”. Esta informação havia sido dada no início do intercâmbio com os solos e as rochas da IAP. Isto é uma nova confirmação de que as pessoas estavam prestando atenção, estavam entendendo o que estava sendo explicado e estavam elaborando um novo conhecimento sobre seu território. Construir conhecimento útil para as próprias pessoas da comunidade é um princípio da pesquisa-ação (Borda 2008) e por tanto, os intercâmbios se mostram como um instrumento metodológico importante para a pesquisa-ação.

A problematização dos resultados do laboratório levou às pessoas atingidas a discutir, refletir e questionar o alcance destes resultados. Depois de tanto tempo a esperar por estes resultados, quando finalmente chegam, as pessoas compreendem que eles não dão uma resposta definitiva às suas inquietações a respeito da problemática ambiental dos seus solos impactados e que é preciso utilizar dos conhecimentos que eles têm sobre seu território. Com este exercício de problematização o intercâmbio possibilitou um espaço para a leitura coletiva da realidade, fundamento da pedagogia do movimento agroecológico (Da Silva, 2020) e uma devolução sistemática e fácil de entender, um dos princípios da pesquisa-ação (Borda, 2008). Afinal, quem tem que dar a resposta final à pergunta “eu posso comer o alimento cultivado no rejeito?” é o próprio/a atingido/a, mas com a contribuição da ciência.

4.3.3.5. Intercâmbio Cuidar dos animais da terra e de cima da terra com as plantas

No momento de comunicar os resultados das análises de laboratório sobre os elementos potencialmente tóxicos nas raízes da mandioca, as pessoas responderam com mais segurança às perguntas do que no intercâmbio anterior quando o exercício foi realizado com os solos. A participação no intercâmbio anterior pode ter contribuído para a maior segurança, mas também a exposição de fotos com uma mandioca crescendo no rejeito e fora do rejeito contribuiu para que as pessoas identificassem de imediato qual mandioca comer sem depender dos resultados do laboratório. A planta é um indicador síntese da saúde do solo (Calixto, 2015) e das mudanças ambientais (Castillo et al., 2020) e muito utilizada como etnoindicador. Além da relação entre saúde do solo, saúde da planta, há ainda uma relação estreita e muito compreendida pelos/as agricultores/as entre saúde humana e saúde das plantas, portanto, saúde do solo.

Adicionalmente, a mandioca possui importância especial na alimentação da comunidade. Ela foi mencionada nas entrevistas como sustento, como motivo para reunir a família e doar para eles a abundante produção. No terceiro intercâmbio a mandioca foi mencionada “como o que tirava a fome de todo mundo”. No intercâmbio onde mandioca foi um dos temas centrais, provavelmente as pessoas se sentissem mais à vontade para opinar sobre ela.

As análises de laboratório não indicaram níveis preocupantes de metais pesados na mandioca. Mesmo assim, a mandioca crescida no rejeito não foi aceita como comestível pelos participantes. Novamente mostrando que “metal pesado” não é o único indicador de qualidade do alimento e que as pessoas sabem reconhecer um alimento sadio. Entretanto, as informações científicas foram úteis para a tomada de decisão em relação à mandioca. Segundo conclusão dos próprios participantes, eles/as não querem comer a mandioca que cresce no rejeito porque ela não é saudável, mas se necessário for, pelo menos eles/as sabem que ela não tem elementos potencialmente tóxicos em níveis elevados, acima dos considerados nocivos à saúde humana.

No intercâmbio anterior a participação do A., Ge., H. foi mais proeminente, nesse intercâmbio a proeminência foi de M.P., Ca., M. Na apresentação, ela já denunciou os atropelos do processo de reparação. Durante a comunicação dos resultados, enquanto era desenvolvida a ideia de que as plantas são as que alimentam os bichos do solo, fazendo referência às minhocas, a M.P., Ca., M interrompeu e disse “beira rio tinha muita coisa para eles comer. Mas agora estão comendo na minha casa”. A ideia de bichos do solo não levou a M.P., Ca., M a pensar nos organismos do solo, mas a pensar nos animais que vivem sobre o solo. Há denúncias de maiores problemas com capivaras e macacos, por exemplos, após o rompimento da barragem

exatamente porque o habitat deles foi destruído. Em outros momentos, M.P., Ca., M mencionou a aparição de um lagarto que acabou com a horta, de grandes macacos no quintal e de uma cobra que não existia na região e que estava sendo liberada e alimentada por pessoas externas à comunidade. A M.P., Ca., M foi insistente e voltou uma e outra vez sobre o tema da cobra. Tentou-se dar uma explicação para ela sobre o desequilíbrio ambiental causado pelo desastre, como a razão do aparecimento das cobras. Esse argumento não a convenceu, então afirmou com ímpeto: “de manhã eles estão colocando comida que eu já vi e fechando na noite (...) perto da minha casa que eu já vi”.

Não foi encontrada nenhuma informação sobre algum programa de recuperação de fauna silvestre da Fundação Renova ou outra instituição, no qual a liberação e alimentação de cobras estivesse sendo realizada. Mas esta denúncia precisa ser averiguada. Outra possibilidade é que se trate de alguma pesquisa de alguma universidade. Em qualquer dos casos, o importante é que houve denuncia de um processo de intervenção sobre a natureza e sobre o ambiente da comunidade sem a participação das pessoas que vivem nela, sem saber qual é a opinião dessas pessoas sobre cobras, quais são seus conhecimentos sobre sua função no ambiente e qual é sua relação histórica com o animal. Este é exatamente o tema de discussão na pesquisa do projeto “Osun Nanã” e que utiliza os intercâmbios como instrumento metodológico para que as pessoas da comunidade se conscientizem da importância do seu conhecimento sobre o território e da importância deste conhecimento sobre as tomadas de decisão. Este conhecimento advém do convívio com o território há muitas gerações (Toledo e Barrera-Bassols, 2010; Castillo et al., 2020).

Após a M.P., Ca., M descrever as características da cobra, os participantes do intercambio, tanto técnicos quanto pessoas da comunidade procuram na internet cobras com essas descrições. Quando encontram uma semelhante, as pessoas da comunidade confirmam que é a cobra caninana (não peçonhenta) e que ela existe na região e fornecem outras informações sobre ela. Isto mostra a importância dos intercâmbios como espaço de construção coletiva do conhecimento e para esclarecer medos e problemáticas existentes na comunidade. Entretanto, o Intercâmbio é também espaço de denúncias.

4.3.4. Círculo de Encerramento

Na Tabela 8 encontram-se as falas das pessoas da comunidade expressas no círculo de encerramento realizados nos intercâmbios agroecológicos e as interpretações.

Tabela 8. Informações e interpretações extraídas do círculo de encerramento realizados nos intercâmbios agroecológicos. Comunidades atingidas pelo rejeito da barragem do Fundão (bacia do rio Doce), Mariana e Barra Longa, Minas Gerais.

Intercâmbio	Informações	Interpretação
Intercâmbio <i>Natureza falante</i>	G.A., Ba., H.: Entendi que isso aqui era meu quintal e agora eu vou continuar construindo ele em outra beirada (...) resistir e construir história.	Apesar do rejeito ter passado lá ele iria continuar transformando aquele lugar.
	A., Ge., H.: A benção me tocou. Trabalhar no coração o potencial de vida. Ficou a parte espiritual e que a gente tem que trazer pessoas para nosso lado	Expressão de afeição pela sensibilização espiritual da mística e falas relacionadas a ela.
Intercambio <i>Observadores da mudança ambiental</i>	As pessoas expressaram alegria e vontade de continuar a se encontrar e mesmo após o intercâmbio finalizar continuaram dançando.	Expressão de alegria das pessoas ao dançar e cantar
Intercambio <i>Confluências para o rio Doce</i>	As pessoas expressaram alegria e vontade de continuar a se encontrar. Neste intercâmbio as pessoas continuaram a cantar e dançar após a finalização.	Expressão de alegria das pessoas ao dançar e cantar
Intercambio <i>Terra de qualidade</i>	A.Ge.H.: gostaria de falar para vocês: nunca abandone suas tradições. Sejam sempre quem você sempre é, não deixe os direitos para ninguém. Que eu já estava querendo deixar meu direito para a Fundação (...) sair daqui para ir para outro lugar. Estava saindo da minha tradição para deixar o lugar para outras pessoas. Nunca façam isso, sejam sempre o que vocês são mesmo, de verdade, de coração	Valorização do território e de si próprio como forma de defender os direitos
	M.P., Ca., M.: que vocês sejam bem vindos em minha casa (...) a união é que faz a força, e nos todos fizemos (...) a união é que faz a força, isso aí é que é bom! tá?	Demonstração de satisfação pela vivência do intercâmbio
Intercambio <i>Cuidar dos animais da terra e de cima da terra com as plantas</i>	Foram realizadas expressões de agradecimento principalmente da equipe organizadora por questão de ser o último intercâmbio do projeto Osum Nanã.	

Os círculos de encerramento foram de grande importância para a equipe organizadora avaliar os intercâmbios e o impacto que estes geravam nas famílias das comunidades atingidas. Os momentos finais foram sempre muito emotivos, onde pessoas da comunidade fizeram falas muito fortes. É o caso do participante G. A., Ba., H, que durante a entrevista previa ao intercâmbio, manifestou-se apreensivo e receoso em quanto a melhoras da situação socioambiental após o desastre de Fundão. De forma contrária, a fala emitida no círculo de encerramento do intercâmbio *Natureza Falante* (Tabela 8) permitiu entender que após o intercâmbio ele ficou com mais esperança e vontade de continuar no seu território, resistindo ao desafio imposto pelo desastre e “construindo história”. De forma semelhante a fala do participante A., Ge., H., no intercâmbio *Terra de qualidade* que, após os intercâmbios, reavaliou sua vontade de sair do território e compreendeu que ficar no território seria uma forma de defender seus direitos e sua tradição. Durante os intercâmbios foi salientada a importância dos conhecimentos das pessoas da comunidade sobre seu território, mas em momento nenhum se fez referência a que eles deveriam ficar ali. Então o processo reflexivo conduzido durante os intercâmbios levou estes homens a reavaliar sua forma de entender sua situação frente ao impacto ambiental.

Em uma situação de desconfiança como a que afirmam viver as pessoas atingidas no processo de reparação, com demoras, burocracias, promessas não cumpridas, obras insatisfatórias, negociações individuais que rompem a coesão social, a expressão “a gente tem que trazer pessoas para nosso lado” (A., Ge., H, Tabela 8) leva a pensar que esse homem atingido, após o primeiro intercâmbio, sente uma maior confiança nas pessoas e entidades que fizeram parte da equipe organizadora do evento. Esse depoimento salienta a importância que tem para as pessoas atingidas articular parcerias e juntar forças, como também expresso pela participante M.P, Ca., M que no intercâmbio *Terra de Qualidade* que afirmou “a união é que faz a força, e nos todos fizemos (...) isso aí é que é bom! tá?”.

O canto e a dança que realizaram algumas das pessoas atingidas no fechamento dos intercâmbios *Observadores da mudança ambiental* e *Confluências para o rio Doce* refletem que estes espaços permitiram um momento de descontração e alegria. Em um contexto de tristeza, aborrecimento e indignação pelas mudanças na vida das pessoas após o desastre, é muito importante que as pessoas tivessem a confiança e a vontade de cantar e dançar. A alegria coletiva traz força e resiliência para continuar enfrentando o desafio socioambiental que lhes foi imposto. Dançar e cantar juntos ajuda para fortalecer o tecido social.

4.3.4.1. Ciranda infantil

No momento de socialização com os adultos, os relatos das crianças evidenciaram que elas se divertiram muito durante os intercâmbios e muitas delas quiseram voltar para casa com os desenhos, objetos ou brinquedos construídos durante o evento. Além da diversão, as falas das crianças sempre foram muito profundas e de ensinamento para os adultos. No último intercâmbio as crianças fizeram cartazes com as seguintes frases: “juntos para combater o racismo”, “somos iguais”, “não deixe o racismo nos vencer”, “vamos peneirar o lixo do planeta”, “nossos alimentos também precisam da natureza” e “o mundo está poluído. Juntos com a agroecologia vamos vencer, o mundo precisa de ajuda” (Figura 11). A Ciranda possibilitou a participação efetiva e crescente de mulheres ao longo dos intercâmbios e durante a mobilização pela OCA, o anúncio da ciranda as motivava a participar.

Figura 11. Cartazes das crianças com frases construídas durante a ciranda, apresentados durante o intercâmbio *Cuidar dos animais da terra e de cima da terra com as plantas* (número 5), comunidades de Barreto, Barra Longa atingidas pelo rejeito da barragem do Fundão (bacia do rio Doce), Minas Gerais.



Fonte: Irene Maria Cardoso

4.3.5. Percepção da OCA

Segundo os textos produzidos pela OCA e depoimentos de seus técnicos, vários significados podem ser atribuídos aos intercâmbios: metodologia participativa, ferramenta metodológica, tecnologia social, inovação e processo coletivo (Tabela 9).

Tabela 9. Percepções da OCA sobre os intercâmbios agroecológicos realizados durante a pesquisa: Monitoramento ambiental coletivo da bacia do rio Doce.

Fonte de busca	Informações
----------------	-------------

<p>Resumo Expandido apresentado no XII Congresso Brasileiro de Agroecologia, Rio de Janeiro, 2023. Novembro de 2024</p>	<p>(...) os intercâmbios evidenciaram que só é possível trilhar o caminho da reparação e da reconstituição da vida a partir do olhar e do saber fazer dos sujeitos que ali interagem com a paisagem e a cultura, para construção de um novo paradigma sociocultural e do manejo de agroecossistemas, sob a ótica da agroecologia enquanto movimento, prática e ciência.</p> <p>(...) Para tanto, as metodologias participativas, a exemplo dos Intercâmbios Agroecológicos, são fundamentais na ampliação do olhar sistêmico e holístico das realidades</p> <p>O intercâmbio, como ferramenta metodológica, associado às vivências, as relações sociais de confiança, afeto e responsabilidade, se mostraram eficientes na construção de estratégias de mitigação dos impactos da mineração, especialmente neste cenário de crime ambiental, e no restabelecimento da vida.</p>
<p>Artigo “Sowing Agroecology in Rio Doce through a Technical Assistance and Rural Outreach Program in a Territory Affected by the Biggest Environmental Disaster in Brazilian History” Revista One Health, Agosto 2023</p>	<p>Algumas das tecnologias sociais utilizadas foram ... intercâmbios agroecológicos e círculos de cultura</p> <p>A metodologia dos Intercâmbios Agroecológicos tem um caráter inovador e uma estrutura pedagógica baseada em Instalações Artísticas Pedagógicas, Círculos de Cultura e reconhecimento dos agroecossistemas da família anfitriã. Os Intercâmbios Agroecológicos são experiências promissoras de compartilhamento e recriação de conhecimentos agroecológicos</p> <p>(...) Aporta para a implementação de ações que contribuem para processos coletivos de produção, socialização do conhecimento, inclusive do produto de pesquisas acadêmicas (...)</p>
<p>Diálogo com os técnicos da OCA. L., Técnico, H.</p>	<p>A coesão [social] foi muito afetada não só pelo rompimento da Barragem mas pelo processo de reparação (...) Um resultado dos intercâmbios foi retomar essa coesão. Conseguiram diminuir a tensão um pouco da reparação. Isso é fundamental para eles ressignificarem o território</p> <p>os intercâmbios contribuem para diluir esse trauma [do desastre]. Eu percebo que ali no Cidreira, em Gesteira, em Barreto, esse trauma é menor.</p> <p>A OCA escreveu um edital para esse contrato do Semeando propondo uma organização baseada em atividades coletivas (...). Então o pessoal achou que faria intercâmbios de 20, 30 pessoas, quando a gente começou a organizar o intercâmbio não deu dois três pessoas. Então a gente se frustrou muito e lida com isso até hoje. Na minha percepção os intercâmbios do Osum Nanã são exatamente aquilo que a OCA se propôs a fazer e não consegui. Então por isso eu acho que teve essa importância muito grande</p> <p>E o outro é que a gente surpreende a Renova da gente conseguir ter aquela adesão. É algo inédito. A Renova nunca conseguiu. E</p>

a OCA sozinha também nunca conseguiu. Então eu acho que é uma percepção de que é possível fazer esses grandes eventos desde que eles sejam bem planejados (...) essa experiência de intercâmbio eu creio que é a mais bem sucedida de atividade coletiva no alto rio Doce

M., Técnico, M.

O comentário que pra mim foi mais marcante foi o do A., Ge., H. de Gesteira que chamou os Intercâmbio de “Ocatapia”. Porque na minha percepção ele relaciona a OCA a realização do intercâmbio e ao trabalho da equipe de ATER, o que é muito valioso porque alguns agricultores associam a assessoria técnica do Projeto Semeando a Fundação Renova unicamente

Outro ponto que me chama atenção nessa resposta ao Intercâmbio como “Ocatapia” é que isso demonstra que a metodologia utilizada para a realização foi eficaz ao promover um espaço confortável em que as pessoas possam falar sobre seus sentimentos e suas histórias sem serem julgadas.

A possibilidade de reunirmos para planejar e auxiliar em um trabalho específico, que envolveu a maior parte dos técnicos serviu para mudar o foco das disputas internas

Outro motivo pelo qual avalio positivamente o envolvimento da OCA nas atividades do Osum Nana (...) desdobrou na elaboração de outros dois projetos de mestrado que estão atualmente em andamento no PPG de Agroecologia da UFV.

(...) mudança mais perceptível foi para os agricultores e pra a OCA foi o engajamento comunitário. Todos os intercâmbios realizados tiveram uma boa recepção e avaliação deles.

Após a realização dos intercâmbios organizados como parte da pesquisa, a OCA considerou que os intercâmbios contribuíram para a criação de um novo paradigma, qual seja, a reparação a partir do olhar e do saber fazer dos sujeitos. A reparação realizada a partir do conhecimento e percepção das pessoas atingidas pode gerar um verdadeiro processo de transformação social, diferente desse baseado em peritos e que segundo as pessoas da comunidade não consegue reparar nada. Os intercâmbios estariam por tanto contribuindo para a transformação social. Como os intercâmbios estão articulados ao projeto de pesquisa em interface com extensão, pode se afirmar que os intercâmbios contribuem para o processo de pesquisa-ação.

A OCA salientou a criação de ambientes de “vivências, relações sociais de confiança, afeto e responsabilidade” como parte da eficiência dos intercâmbios na construção de estratégias para a mitigação dos impactos da mineração. Isto só foi possível porque reuniu-se

pesquisadores/as, atingidos/as, estudantes, técnicos/as do ATER e outros e gerou-se laços de confiança e responsabilidade. Segundo a própria OCA, o primeiro intercâmbio por ela realizado, antes de sua parceria com o projeto de pesquisa-ação, não produziu o resultado esperado. As relações de confiança estavam sendo apenas construídas e o intercâmbio não as fortaleceu, devido a falta de pontualidade para começar as atividades, o baixo número de técnicos envolvidos, a baixa mobilização das famílias atingidas e a falta de clareza nos objetivos e metodologia utilizada. Após vários meses de trabalho, as relações de confiança se fortaleceram e permitiram a mobilização das famílias para participar novamente dos intercâmbios.

Assim como o Projeto de pesquisa-extensão necessitou da OCA no esforço de mobilização das famílias, a OCA precisou da força do projeto para a organização dos intercâmbios que passaram a ter uma metodologia, uma pesquisa dando sustentação para as atividades de ATER e a força de muitas mãos no processo organizativo e na realização dos intercâmbios.

Os intercâmbios foram o ponto de confluência entre a pesquisa e a ação da ATER, momento e espaço no qual os resultados do trabalho das duas partes eram percebidos. Portanto, a pesquisa-ação começa antes do projeto e não termina com ele, pois o trabalho de ATER fortalece e é fortalecido pela pesquisa. Adicionalmente, um projeto de pesquisa se encerrou, mas outras duas pesquisas se iniciaram dando sequência aos ciclos de pesquisa-ação e articulando ensino, pesquisa e extensão, tornando difuso os limites entre aprendizados e comunicação, articulando teoria e prática (Freire, 1983).

4.4. Conclusões

Os intercâmbios agroecológicos contribuíram com um processo de pesquisa-ação na medida que permitiram a construção de conhecimento útil para as pessoas tomarem decisões sobre o manejo dos seus solos, sobre sua alimentação e sobre sua permanência no território. Novos conhecimentos foram possíveis a partir da complementariedade entre os conhecimentos acadêmicos e os conhecimentos sobre e do território por parte das pessoas das comunidades atingidas. As pessoas tomaram consciência deste conhecimento durante a pesquisa. Os intercâmbios também contribuíram para a pesquisa ao fornecer informações novas ou confirmar informações já fornecidas em momentos anteriores.

Universidades e comunidades foram conectadas por meio de um trabalho de ATER agroecológico que consolidou laços de afeto, confiança e responsabilidade e que por sua vez se viu fortalecido pela pesquisa realizada. A articulação entre pesquisa e extensão permitiu superar

as limitações dos tempos institucionais e possibilitou novos projetos de pesquisa, gerando um novo ciclo de ação reflexão.

Os intercâmbios contribuíram também para fortalecer a coesão social entre as famílias atingidas ao oferecerem um espaço onde as mulheres puderam ser escutadas, onde indignação e denúncias puderam ser expressas como também a alegria por meio da dança e do canto.

Com os diálogos promovidos entre os participantes e com a contribuição da ciência, os atingidos/as ficaram mais seguros em responder se podem ou não comer o alimento cultivado no rejeito, pois afinal a resposta final é deles e delas.

4.5.Referências

- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo. Edições 70. 2011. 288p.
- BARRERA-BASSOLS, N., ZINCK, J.A. Ethnopedology: a worldwide view on the soil knowledge of local people. **Geoderma** 111, 171–195. 2003.
- BARRIOS, E. A, DELVE, R.J., BEKUNDA M., MOWO, J., AGUNDA J., E., RAMISCH, J., TREJO, M. T., THOMAS, R.J. Indicators of soil quality: A South–South development of a methodological guide for linking local and technical knowledge. **Geoderma** 135, 248–259. 2006.
- BORDA, O. F. Investigating reality in order to transform it: The colombian experience. **Dialectical Anthropology**. vol 4, 33-55, 1979.
- BORDA, O. F. **El socialismo raizal y la Gran Colombia bolivariana: Investigación Acción Participativa**. Fundación Editorial el perro y la rana. Caracas, 2008. 116 p.
- BRANDÃO, C. R., BORGES, M. C. A pesquisa participante: um momento da educação popular. **Rev. Ed. Popular**, Uberlândia, v. 6, p.51-62. jan./dez. 2007.
- CALIXTO, J. S. **De palmo em palmo a terra muda de jeito: diálogos sobre qualidade do solo**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos e Nutrição de Plantas. 158 f. 2015.
- CARDOSO, I. M.; FERRARI, E. A. Construindo o conhecimento agroecológico: Trajetória de interação entre ONG, universidade e organizações de agricultores. **Agriculturas**. Vol 3, no. 4, f 28 - 33. 2006.
- CARDOSO, I. M.; MUGGLER, C.C.; MENDONÇA, M. A.; SILVA, L. H.; BOTELHO, M. I.; CRUZ, N. A.; ZANELLI, F. V.; RESENDE, E. M.; FERNANDES, G. B.; BARBOSA, W. Educação do campo e agroecologia ecoam na Zona da Mata Mineira. In: **Saber e fazer agroecológico**. HALISKI, A. M.; LOPES, K. C.; PADILHA, R. DE F. Orgs. Curitiba. CRV. 2021, 186 p.
- CASTILLO, L.; ROSTAGNO, C. M.; LADIO, A. Ethnoindicators of Environmental Change: Local Knowledge used for Rangeland Management Among Smallholders of Patagonia. **Rangeland Ecology & Management**, v. 73, n. 5, p. 594–606, set. 2020.
- DA SILVA, M. G. **Pedagogia do movimento agroecológico: Fundamentos teórico-metodológicos**. Tese (Doutorado). Universidade Federal Fluminense. Programa de Pós-Graduação em Educação. 197 f. Niteroi, 2020.
- DA SILVA, S. S.; ANTONIAZZI, E.; NOVAK, M. A. L. O PRONAF como instrumento de fixação do agricultor familiar no campo, evitando o êxodo rural. **Revista Desenvolvimento Socioeconômico em debate**. v.5 n.2 (2019).
- DE SOUZA, H. N. **Sistematização da experiência participativa com sistemas agroflorestais: Rumo à sustentabilidade da agricultura familiar na Zona da Mata Mineira**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. 127 f. Viçosa, 2006.

DIAS, P. P. **Saberes do rio Gualaxo do Norte: etnoindicadores e ecotoxicologia para monitoramento ambiental**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia. 96 f. 2022.

GARCIA Jr., A. **O sul: caminho do roçado - estratégias de reprodução camponesa e transformação social**. São Paulo/Brasília: Marco Zero/UnB/ CNPq, 1989.

DUQUE-BRASIL, R. **Etnobotânica: Reflexões sobre conceitos e métodos de pesquisa**. ETNOIKOS – Grupo de Estudos Transdisciplinares em Etnoecologia Universidade Federal de Viçosa. 2010. Texto não publicado.

FREIRE, P. **Extensão ou Comunicação?** 8. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1983. 127 p

LARANJEIRA, N. P. F.; CARCELLE, S. J. A.; DE MIRANDA, D.; DE ABREU SÁ, T. D. TRENTO, L. G.; DE SOUZA, T. S.; CARDOSO, I. M. Para uma ecologia de saberes: trajetória da construção do conhecimento agroecológico na ABA. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 14, n. 2, p. 15-15, 2019.

LIMA, A. T., BASTOS, F. A., TEUBNER JR., F. J., NETO, R. R., COOPER, A., BARROSO, G. F. Strengths and Weaknesses of a Hybrid Post-disaster Management Approach: the Doce River (Brazil) Mine-Tailing Dam Burst. **Environmental Management** 65:711–724, 2020. DOI 10.1007/s00267-020-01279-4

MAIA, K.S.; ZAMORA, M.H.N.; BAPTISTA, R.F. Reflexões sobre o racismo em Campos dos Goytacazes: um olhar existencialista sobre a descolonização. **Revista de psicologia**. Fortaleza, vol. 10, n 1, p. 105-112. 2019.

PENIDO, M.; COELHO, T.; MAGNO, L. **A produção do desastre da Samarco sob a perspectiva do risco**. No prelo.

REASON, P., BRADBURY, H. Eds. **The SAGE Handbook of Action Research Participative Inquiry and Practice**. SAGE Publications. Second edition, 2008.

REYES B., J. A. Como conocer la realidad para transformarla por la praxis: una aproximación a la construcción del conocimiento popular. **TraHs** Números especiales N°3, 86-99 p, 2018

TOLEDO, V.M., BARRERA-BASSOLS, N., 2010. **La Memoria Biocultural**. Cuadernos de Biodiversidad. Barcelona.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa, São Paulo**, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo. Cortez: Autores Associados. Segunda edição, 1986. 106 p.

TEXEIRA, E. F. B.; MULLER, M. C.; DA SILVA, J. D. T. **Espiritualidade e qualidade de vida** / Organizadores: Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004. 224 p.

ZANELLI, F. V. **Educação do campo e territorialização de saberes: Contribuições dos intercâmbios agroecológicos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Educação. 146 f. Viçosa, 2015.

ZANELLI, F. V; DA SILVA, L. H. Intercâmbios agroecológicos: processos e práticas de construção da agroecologia e da Educação do Campo na zona da mata mineira. **Perspectiva**. Florianópolis, v. 35, n. 2, p. 638-657, 2017. DOI: 10.5007/2175-795X.2017v35n2p638

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa foi motivada pela insegurança manifestada por pessoas atingidas sobre a inocuidade do consumo de alimentos produzidos em solos impactados pelo rompimento da barragem de Fundão. Objetivou-se avaliar coletivamente o risco ambiental nos agroecossistemas impactados para que pessoas das comunidades rurais atingidas pudessem tomar suas próprias decisões sobre o consumo de alimentos produzidos nos solos impactados. Para tanto, valeu-se da abordagem teórico metodológica da pesquisa-ação, que articula conhecimentos científicos e populares, e utilizou de metodologias das ciências ambientais e sociais.

Durante a pesquisa, trinta e dois etnoindicadores de qualidade ambiental foram identificados, associados aos elementos da natureza água, solo, plantas e animais. O solo, ou terra, teve a maior quantidade de etnoindicadores associados, evidenciando uma forte relação das pessoas com a terra. A produtividade, o desenvolvimento das plantas e a diversidade de peixes foram os indicadores mais sensíveis para descrever e explicar mudanças ambientais. Isto porque estes indicadores integram outros indicadores relacionados ao solo e à água e são associados diretamente à sobrevivência das pessoas em seus territórios. Além dos etnoindicadores, as entrevistas com as famílias revelaram que as práticas relacionadas com a produção, a alimentação, a saúde, o lazer e o valor simbólico relacionado a estas práticas foram negativamente afetados. O valor simbólico associado aos elementos da natureza também influenciou a compreensão de cada família sobre as possibilidades da recuperação da qualidade dos agroecossistemas. Esta compreensão também foi influenciada pelas experiências vivenciadas com as entidades e ações do processo de reparação.

Os etnoindicadores, elaborados a partir do conhecimento local foram sensíveis para avaliar as mudanças e devem ser considerados na tomada de decisão sobre o consumo de alimentos e as medidas mitigadoras do território atingido pelo rejeito de barragens ou outros desastres ambientais. O conhecimento dos agroecossistemas, aprimorado com o tempo, permitiu às famílias das comunidades atingidas pelo desastre de Fundão identificarem com precisão as mudanças ambientais ocorridas após a chegada do rejeito. Desconsiderar esse conhecimento e analisar a problemática ambiental unicamente a partir dos conhecimentos técnicos e acadêmicos leva à implementação de medidas de recuperação que pioram a qualidade dos solos impactados e que prejudicam novamente às vítimas.

Entretanto, é preciso que os conhecimentos acadêmicos sobre os danos causados pelo rompimento da barragem sejam realizados em cooperação e efetivamente comunicados às

peessoas mais afetadas pelo desastre, para que as pesquisas acadêmicas não se transformem em instrumentos de dominação do conhecimento técnico sobre o conhecimento dos (das) agricultores (as). Após a elaboração coletiva dos etnoindicadores, o conteúdo de elementos potencialmente tóxicos em solo e plantas foi avaliado de forma a articular o conhecimento dos/as atingidos/as com o conhecimento científico. As análises de laboratório permitiram comprovar a presença de As, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn, em solos e de Ba, Cu, Ni e Zn em raízes de mandioca, tanto nas áreas impactadas como nas áreas não impactadas pelo rejeito. Os teores destes elementos encontrados não superaram o valor limite a partir do qual existe risco à saúde humana segundo a legislação Brasileira. Entretanto, esses indicadores químicos e os valores de referência de qualidade da legislação brasileira sobre áreas contaminadas, que neles se baseiam, se mostram limitados para avaliar a qualidade dos solos impactados pelo rejeito.

Os resultados dos etnoindicadores e dos indicadores químicos foram compartilhados e colocados em diálogo em intercâmbios agroecológicos. O diálogo entre os conhecimentos científicos e populares representa um desafio de natureza metodológica que pode ser contornado com os intercâmbios agroecológicos, pois eles fornecem instrumentos que facilitam a comunicação e diálogos efetivos entre os conhecimentos populares e acadêmicos, entre as pessoas atingidas e os acadêmicos.

Cinco intercâmbios agroecológicos foram realizados em articulação com Assessoria técnica e extensão rural (ATER) agroecológica, promovida pela OCA. Avaliou-se que os intercâmbios contribuíram com um processo de pesquisa-ação na medida que permitiram a construção de conhecimento útil para as pessoas atingidas tomarem decisões sobre o manejo dos seus solos, sobre sua alimentação e sobre sua permanência no território. A articulação entre pesquisa e extensão permitiu superar as limitações dos tempos institucionais, possibilitou aprendizados múltiplos em processo de indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão e oportunizou a elaboração novos projetos de pesquisa, gerando um novo ciclo de ação reflexão, da pesquisa-ação.

Os intercâmbios possibilitaram também a expressão de sentimentos e reforçaram a importância criar ambientes pedagógicos para a manifestação do plano subjetivo, incluindo o valor simbólico da natureza para as pessoas atingidas que precisa ser considerado se se quer recuperar a qualidade ambiental. Os intercâmbios possibilitaram ainda a manifestação de denúncias a respeito do processo de reparação, como por exemplo o uso de mantas plásticas que poluíam ainda mais o ambiente ou a transposição de solo de má qualidade para unidades familiares impactadas. Com os diálogos promovidos durante os intercâmbios, as pessoas

atingidas ficaram mais à vontade para decidir se podem ou não se alimentar dos produtos cultivados nos solos impactados.

A perda de qualidade dos solos impactados foi evidenciada e deve ser monitorada continuamente, utilizando indicadores químicos, físicos, biológicos e etnoindicadores, realizado com a participação das pessoas atingidas. Para isto, processos de pesquisa-ação como o realizado, devem ser continuados.

A pesquisa-ação aponta caminhos para processos de recuperação ambiental realmente comprometidos com as pessoas atingidas, com a natureza e com uma ciência que avança na medida que integra diferentes formas de conhecimento. Precisa adicionalmente da integração de diferentes atores sociais, como universidades, organizações de assistência técnica, entidades governamentais, instituições de ensino, entre outros, para superar limitações de tempo e recursos econômicos e caminhar para uma transformação da problemática socioambiental.

APÊNDICES

Apêndice A. Caracterização química dos solos que não receberam rejeito oriundo do rompimento da barragem do Fundão em comunidades de Barra Longa e Mariana, Minas Gerais.

Unidade de Produção	pH H ₂ O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-rem
1 _{Gu}	5.02	0.53	38.00	0.26	0.14	0.93	3.57	0.50	1.43	4.07	11.87	65.60	1.14	21.47
2 _C	5.31	1.20	85.00	1.37	0.85	0.19	3.90	2.44	2.64	6.34	38.60	7.30	1.65	31.17
3 _C	5.91	6.03	42.67	3.84	1.46	0.00	3.00	5.41	5.41	8.41	64.57	0.00	2.15	39.37
4 _B	4.67	2.93	80.33	1.12	0.91	0.56	5.60	2.23	2.79	7.83	28.20	20.87	2.79	23.57
5 _B	4.51	1.07	39.67	0.19	0.13	1.23	6.93	0.43	1.66	7.36	5.77	74.30	3.14	14.87
6 _{Ge}	5.51	5.87	123.33	2.27	1.71	0.21	3.93	4.30	4.51	8.23	52.87	5.20	2.35	33.17
Min.	4.51	0.53	38.00	0.19	0.13	0.00	3.00	0.43	1.43	4.07	5.77	0.00	1.14	14.87
Med.	5.16	2.94	68.17	1.51	0.87	0.52	4.49	2.55	3.07	7.04	33.64	28.88	2.20	27.27
Máx	5.91	6.03	123.33	3.84	1.71	1.23	6.93	5.41	5.41	8.41	64.57	74.30	3.14	39.37
DP	0.53	2.47	34.20	1.37	0.65	0.48	1.48	2.00	1.58	1.63	22.94	32.67	0.73	8.92
C.V. %	10.21	83.99	50.17	91.12	75.33	92.09	32.94	78.49	51.48	23.20	68.18	113.13	33.23	32.70

Gu = Guerra; C = Campinas; B = Barreto; Ge = Gesteira

Apêndice B - Caracterização química dos solos que receberam rejeito oriundo do rompimento da barragem do Fundão em comunidades de Barra Longa e Mariana, Minas Gerais.

Unidade familiar	pH H ₂ O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-rem
1R _{Gu}	6.21	7.80	43.67	1.76	0.58	0.00	1.50	2.46	2.46	3.96	61.53	0.00	0.90	37.60
2R _C	6.03	4.20	59.33	1.39	0.33	0.06	1.43	1.87	1.93	3.30	58.27	4.50	0.69	31.30
3R _C	6.17	5.67	57.67	3.10	1.23	0.00	2.20	4.48	4.48	6.68	67.47	0.00	1.36	29.73
4R _B	6.19	6.13	74.33	1.61	0.77	0.00	1.67	2.58	2.58	4.25	59.70	0.00	1.12	31.47
5R _B	6.34	68.73	136.67	2.36	0.75	0.00	2.50	3.46	3.46	5.96	65.27	0.00	1.35	29.03
6R _{Ge}	6.95	49.33	349.00	4.26	2.37	0.00	1.40	7.52	7.52	8.92	83.37	0.00	2.25	32.30
Min.	6.03	4.20	43.67	1.39	0.33	0.00	1.40	1.87	1.93	3.30	58.27	0.00	0.69	29.03
Med.	6.32	23.64	120.11	2.42	1.00	0.01	1.78	3.73	3.74	5.51	65.93	0.75	1.28	31.91
Máx	6.95	68.73	349.00	4.26	2.37	0.06	2.50	7.52	7.52	8.92	83.37	4.50	2.25	37.60
DP	0.33	28.11	116.79	1.10	0.73	0.03	0.46	2.07	2.06	2.10	9.21	1.84	0.54	3.04
C.V. %	5.18	118.90	97.23	45.37	72.76	244.95	25.70	55.53	55.07	38.14	13.96	244.95	42.31	9.52

R = rejeito; Gu = Guerra; C = Campinas; B = Barreto; Ge = Gesteira

Apêndice - C. Granulometria dos solos sem rejeito e com rejeito

Unidade familiar	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
1Gu	0.25	0.22	0.13	0.40
2C	0.29	0.25	0.09	0.36
3C	0.30	0.24	0.11	0.35
4B	0.10	0.19	0.08	0.63
5B	0.15	0.17	0.10	0.58
6Ge	0.28	0.19	0.14	0.40
Min.	0.10	0.17	0.08	0.35
Med.	0.23	0.21	0.11	0.45
Máx	0.30	0.25	0.14	0.63
DP	0.08	0.03	0.02	0.12
C.V. %	36.22	15.41	22.37	26.88
1RGu	0.24	0.35	0.21	0.21
2RC	0.18	0.27	0.26	0.29
3RC	0.29	0.20	0.15	0.36
4RB	0.17	0.28	0.30	0.25
5RB	0.23	0.16	0.22	0.39
6RGe	0.21	0.22	0.16	0.41
Min.	0.17	0.16	0.15	0.21
Med.	0.22	0.25	0.22	0.32
Máx	0.29	0.35	0.30	0.41
DP	0.04	0.07	0.06	0.08
C.V. %	20.21	26.56	26.06	25.31